

28 3/4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



INTRODUCCION Y CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS (LINERS) EN POZOS PETROLEROS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A
ROBERTO FRANCO MENDEZ GARCIA



MEXICO, D. F.

1989

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



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 está 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.

INTRODUCCION Y CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS (LINERS)
EN POZOS PETROLEROS.

C O N T E N I D O .

INTRODUCCION.	. . . 1
I CONCEPTOS BASICOS.	. . . 3
II PARAMETROS QUE SE CONSIDERAN PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS.	. . . 20
III ACCESORIOS NECESARIOS PARA LA INTRODUCCION Y CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS.	. . . 44
IV SECUENCIA OPERATIVA PARA INTRODUCIR Y CEMENTAR UNA TUBERIA DE REVESTIMIENTO CORTA.	. . . 52
V ELEMPLIO DE APLICACION.	. . . 88
NOMENCLATURA.	. . . 97
BIBLIOGRAFIA.	. . . 99

INTRODUCCION

La fase primordial en la delicada tarea de perforar, terminar y reparar pozos, es la de programar en forma adecuada el conjunto de variables que puedan presentarse según sea el caso.

El diseño de materiales a utilizar es de suma importancia - ya que de éstos dependerá el éxito en el cumplimiento de los programas de perforación terminación o reparación de pozos.

Uno de los aspectos de primer orden dentro de las operaciones que se efectúan para perforar un pozo, es el que se refiere a la protección de las paredes del agujero para evitar derrumbes y aislar manifestaciones de agua o de gas.

Dicha protección se lleva a cabo mediante tuberías de ademe o revestimiento, las cuales se introducen en el pozo en forma telescopiada, es decir, que los diámetros de las tuberías utilizadas van del mayor al menor, por razones fundamentalmente técnicas y económicas.

La cementación de una tubería de revestimiento, sea superficial, intermedia o de explotación son operaciones de las más importantes, debido a que una operación deficiente puede ser muy costosa en la vida productiva de un pozo. Una cementación defectuosa en la tubería de revestimiento de explotación puede ocasió

sionar una fisura en el anillo de cemento durante un tratamiento de estimulación y dar por resultado un pozo no comercial o improductivo.

Es importante planear la cementación primaria con mucha anticipación a la introducción de la tubería, para evitar problemas posteriores. La programación y diseño de las cementaciones nunca ha sido tan relevante desde el punto de vista de la seguridad, como en la actualidad, al insistir sobre las protecciones ecológica y económica mediante la aplicación de la mayor tecnología posible.

La composición del cemento tiene que ser seleccionada a fin de que obtenga una adecuada y apropiada resistencia final para las operaciones, ya que una buena cementación es necesaria para prevenir roturas u otras fallas en las tuberías superficiales e intermedias, tales como: desprendimiento de la misma en los primeros tramos, originados por la rotación transmitida a la tubería, mientras que se rebaja el cemento, cople y la zapata.

Una tubería corta o liner, es una sección de tubería de revestimiento que se coloca generalmente en un agujero abierto -- abajo de la zapata del último ademe y que no es continúa hasta la superficie.

CAPITULO I

CONCEPTOS BASICOS

1.1 Objetivo de una cementación primaria convencional

Las principales funciones de una cementación primaria son:

- 1.- Fijar y soportar la tubería de revestimiento.
- 2.- Evitar o restringir el movimiento de fluidos entre formaciones.
- 3.- Ayudar a prevenir descontrolés.
- 4.- Proteger a la tubería de revestimiento de la corrosión
- 5.- Proteger la tubería de revestimiento de impactos debido a los viajes de herramientas cuando se profundiza - el pozo.
- 6.- Sellar zonas con pérdida de circulación o ladronas.

1.2 Consideraciones para diseñar una cementación primaria convencional

Se deben considerar los siguientes factores:

- 1.- Profundidad del pozo.
- 2.- Temperatura del fondo del pozo.
- 3.- Presión.
- 4.- Viscosidad de la lechada.
- 5.- Tiempo de espesamiento.

- 6.- Resistencia del cemento.
- 7.- Agua de campo para la mezcla.
- 8.- Fluido de perforación.
- 9.- Densidad de la lechada.
- 10.- Control de filtración.
- 11.- Resistencia al agua salada.
- 12.- Espacio anular entre T.R.programada y agujero.
- 13.- Tipo de formación.
- 14.- Desviación del agujero.

1.3 Clasificación y objetivos de las diversas tuberías de reves timiento que se utilizan en los pozos petroleros.

1.3.1. Tubería de revestimiento conductora.

El objeto de esta sarta es, tener un revestimiento de corta longitud para evitar la erosión o el deslave del pozo alrededor de la base de la torre, permite una línea de flujo que admite - el retorno del lodo o a través de la línea de flote. Además si g v e para proteger las subsecuentes sarts de revestimiento de la corrosión y, se pueden usar para soportar parte de la carga en la cabeza del pozo en las localidades en donde la resistencia - del terreno no es adecuada. La tubería de revestimiento conduc-tora es la de mayor diámetro y depende usualmente de la profun-didad total del pozo y del programa de tuberías de revestimien-to.

Los tamaños más comunes van desde 13 3/8 hasta 30 Pulg. de diámetro y son colocadas entre 90 y 150 pie de profundidad, aun que algunas veces se programa hasta 300 pie.

1.3.2. Tubería de revestimiento superficial.

Es de un diámetro menor que el de la tubería conductora y es llamada así porque, protege de las formaciones cercanas de la superficie durante la perforación y es aquí, donde se coloca el primer cabezal de control del pozo.

Las principales funciones de la tubería de revestimiento superficial son:

- 1.- Proteger las arenas someras de agua dulce durante la vida productora del pozo de los fluidos producidos, generalmente es cementada hasta la superficie.
- 2.- Proporciona un gradiente de fractura suficiente para poder perforar y meter la próxima tubería de revestimiento. Es el punto de partida para la cabeza del pozo, da soporte a los preventores y el pozo puede ser terminado aún en condiciones anormales en caso de arranques. Debe cementarse con una densidad del lodo entre 12 y 13 (lb/gal).

La tubería de revestimiento superficial debe diseñarse por colapso, tensión y compresión. Los factores de seguridad para diseños son:

Ft = 1.0 (tensión)
Fo = 1.125 (colapso)
Fi = 1.2 (presión interna)

- 3.- La tubería de revestimiento superficial soporta la carga máxima de todas las tuberías de revestimiento-cementadas en el pozo.

1.3.3. Tubería de revestimiento intermedia

El objetivo principal de ésta sarta es proporcionar la protección completa del agujero durante las operaciones de perforación subsecuentes.

Las funciones principales de la tubería de revestimiento intermedia son:

- 1.- Permite el control del pozo de presiones superficiales altas, con lodo de alta densidad para prevenir los descontroles, así también, cubre las zonas de gradiente bajo.
- 2.- Permite el control del pozo cuando este es vaciado por flujo de gas.
- 3.- Permite la perforación balanceada en formaciones profundas y aísla zonas que contengan presiones normales, flujos de agua salada por presiones anormales o formaciones que contaminen el lodo de perforación, derrumbes y pérdidas de circulación, su profundidad de colocación varía de 1500 a 4000 m. dependiendo de

la profundidad total del pozo. La tubería de revestimiento intermedia debe diseñarse por: Reventón, colapso y tensión.

Diversas condiciones deben esperarse para generar cargas entre las cuales incluyen un arrancón, derrumbes, alta densidad del lodo etc.

Los factores de seguridad aconsejables son:

$F_i = 1.125$ (reventón) para el caso de máxima presión superficial por flujo de gas.

$F_e = 1.125$ (colapso) para abajo de la cima de cemento.

$F_c = 1.0$ (colapso) para arriba de la cima de cemento.

$F_t = 1.0$ (tensión) las fuerzas de flotación disminuyen la carga por tensión.

1.3.4. Tubería de revestimiento de explotación.

El objetivo primordial de ésta sarta es, aislar el yacimiento de fluidos indeseables en la formación productora y de otras zonas del agujero. En el diseño de la tubería se deberá tener especial atención, considerando todos los elementos que intervienen en su programación, como para una presión máxima en el cabezal por gasificación o falla del empacador, así también, cuando es cambiada la sarta de producción ésta tubería de revestimiento debe soportar el llenado con fluido del pozo.

Sus funciones principales son:

- 1.- Anclaje de herramientas.
- 2.- Explotar el pozo.
- 3.- Tener el control del yacimiento por explotar.

1.3.5. Tubería de revestimiento corta o liner.

Existen diversas razones por las cuáles se usa una tubería de revestimiento corta o liner, siendo entre las más comunes:

- 1.- Control del pozo. El liner permite aislar zonas de alta o baja presión y continuar la perforación con fluidos de alta o baja densidad (Figura 1.1).
- 2.- Economía de tubería de revestimiento. Se pueden efectuar pruebas de producción de horizontes cercanos a la zapata de la última tubería de revestimiento, a un costo muy bajo, debido a la pequeña cantidad de tubería usada, no comparable con una tubería llevada hasta la superficie (Figura 1.2).
- 3.- Rápida instalación. Las tuberías de revestimiento cortas, pueden ser colocadas en el intervalo deseado, mucho más rápido que las normales, ya que una vez conectada la cantidad programada, ésta es introducida con la tubería de perforación (Figura 1.3).
- 4.- Ayuda a corregir el desgaste de la última tubería de revestimiento cementada. Al continuar la perforación existe la posibilidad de desgastar la tubería de revestimiento, lo cual se puede corregir mediante una extensión o complemento de una tubería corta (Figura 1.4).
- 5.- Evita volúmenes muy grandes de cemento. Debido a que

las tuberías cortas no son cementadas hasta la superficie, el volumen de cemento requerido sera mucho menor en cada operación (Figura 1.5).

6.- Permite utilizar empacadores y tuberías de producción de mayor diámetro. Al no tener un diámetro restringido en la tubería de explotación podemos utilizar empacadores y tuberías de producción con un área mayor de flujo, las cuales quedaran arriba de la boca de la tubería corta (Figura 1.6).

7.- Auxilia en la hidráulica durante la perforación al permitir utilizar sartas de perforación combinadas, mejora las pérdidas de presión por fricción en la tubería de perforación, durante la profundización del pozo, permitiendo alcanzar mayores profundidades.

1.4 Clasificación de los cementos A.P.I.

Cementos A.P.I. : Los cementos A.P.I son cementos para pozos petroleros manufacturados esencialmente de la misma manera que los cementos portland, con los mismos ingredientes, pero en diferentes proporciones. Estos cementos son molidos a una diferente fineza, lo cual varia la relación agua/cemento requerida. Los cementos A.P.I. son diseñados para alcanzar un amplio rango de condiciones encontradas en los pozos petroleros. Por consiguiente, las especificaciones respecto a la composición química y la fineza son establecidas por el Instituto Americano del Petroleo (A.P.I.).

Clase A: Mezclado con agua hasta una densidad de 1.87 g/cc, el cemento clase A es usado en cementaciones de tuberia de revestimiento, forzadas y tapones. Este cemento puede ser modificado a través del uso de extendedores, retardadores, aditivos para la pérdida de fluido, aceleradores, etc., para alcanzar cualquier necesidad. Es fácilmente disponible moderadamente resistente a los sulfatos, y puede ser modificado para usarse a otras profundidades.

Clase B: Destinado para ser usado de 0 a 1830 m de profundidad, cuando las condiciones requieran una resistencia a los sulfatos moderada o alta. La densidad de la lechada de cemento clase B es de 1.87 g/cc (56 % de agua).

Clase C: El cemento A.P.I clase C es usado hasta 1830 m y puede ser modificado para profundidades mayores. Donde se requieran, simultáneamente, resistencia a los sulfatos y alta resistencia inicial a la compresión, el cemento clase C es el mas adecuado. El cemento clase C es usado en todos los tipos de aplicaciones hasta una profundidad de 3050 m. La densidad de la lechada normal del cemento clase C es de 1.77 g/cc (56 % de agua). Sin embargo, 70% de agua a una densidad de 1.67 g/cc tambien puede -- ser usada. El cemento clase C ofrece las ventajas de una alta -- resistencia a los sulfatos y una alta resistencia a la compre-- sión inicial; sin embargo, presenta tiempos de espesamiento -- erráticos a profundidades abajo de 3050 m, y requiere mas retar-- dador que las clases A, G o H.

Clase D: El cemento A.P.I clase D es fabricado para ser usado hasta 3050 m sin aditivos. Los cementos clase D y E han sido -- substituidos por los cementos clase G y H. Aunque diseñado para ser usado sin aditivos extras, el cemento clase D puede ser modificado. El contenido de agua recomendado por el A.P.I. es de 38 % el cual produce una densidad de la lechada de 1.87 g/cc. - Esta pre-retardado para su uso hasta 3050 m y puede ser modificado con aditivos para casicualquiera aplicación. Puede ser pre-- parado en un rango de densidades de lechada de 1.87 a 2.52 g/cc para pozos que requieran cementos de alta densidad. A profundidades someras se requiere acelerarlo. El cemento clase D es usa-- do con alta densidad de lechada debido al ataque de los sulfat-- os. Su disponibilidad es limitada y su costo es algo mayor que el del cemento clase C.

Clase E: Esta destinado a usarse de 3050 a 4270 m de profundidad bajo condiciones de altas temperaturas y altas presiones. Está disponible en ambos tipos: de resistencia a los sulfatos moderada o alta. La densidad de la lechada para el cemento clase E es de 1.87 g/cc (38 % de agua).

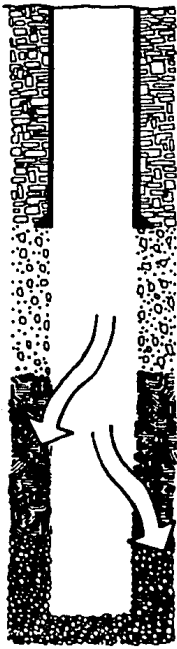
Clase F: Destinado a usarse de 3050 a 5490 m de profundidad, bajo condiciones extremadas altas de temperatura y presión. Esta disponible en ambos tipos: de resistencia a los sulfatos moderada o alta. La densidad de la lechada del cemento clase F es de 1.87 g/cc (38 % de agua).

Clase G: El cemento clase G es un cemento especial para todo uso diseñado para usarse hasta 2440 m de profundidad sin necesidad de aditivos. El cemento clase G es un cemento de moderada o alta resistencia a los sulfatos, el cual puede ser modificado para cubrir un amplio rango de profundidades de pozos y temperaturas. - Mezclado en una relación de agua de 44 %, el cemento clase G es un cemento utilizable en cualquier aplicación. El cemento clase G puede ser modificado para aplicaciones someras o extremadamente profundas.

Clase H: El cemento A.P.I clase H es un cemento para pozo petrolero, para todo uso. Esta molido gruesamente y está diseñado para usarse hasta 2440 m sin modificación. El cemento clase H es un cemento moderadamente resistente a los sulfatos el cual puede ser modificado para cubrir un amplio rango de densidades, con los adi-

tivos apropiados. la densidad de la lechada recomendada para el cemento neto es de 1.98 g/cc, pero 1.87 es común. Este centro -- fue desarrollado para un comportamiento uniforme a altas temperaturas y grandes profundidades. La resistencia a la compresión no son tan altas como las de los cementos de molienda mas fina, a - bajas temperaturas.

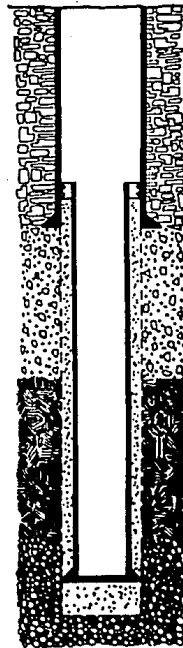
Clase J: El cemento clase J es un cemento especialmente desa-- rrollado destinado para el uso, tal como se fabrica, en un rango de 3660 a 4480 m de profundidad. Con aditivos, este cemento de - alta resistencia a los sulfatos. El cemento clase J no es reco- mendado para ser usado en pozos con temperaturas menores a 110 - C. El cemento clase J es un sistema de cemento-silice-caliza - sin especificaciones químicas del A.P.I. A diferencia de otros cementos A.P.I., el cemento clase J no requiere sílice para pre- venir la regresión de la resistencia a la compresión a tempera- turas estáticas de fondo mayores de 110 °C. El cemento clase J no necesita retardadores hasta los 4480 m, pero no fraguará a - temperaturas menores que 110 °C. El cemento clase J requiere una relación de agua de 43%, y preferiblemente mas baja, para sus- pender los sólidos. Las resistencias a la compresión iniciales son mas bajas que las del cemento portland, pero gradualmente - suben hasta superarlas, despues de una semana aproximadamente.



Zona de alta permeabilidad

Zona de baja permeabilidad

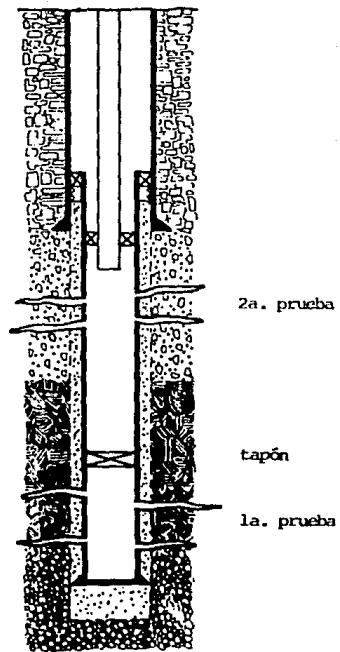
Pérdida de circulación



Zona aislada

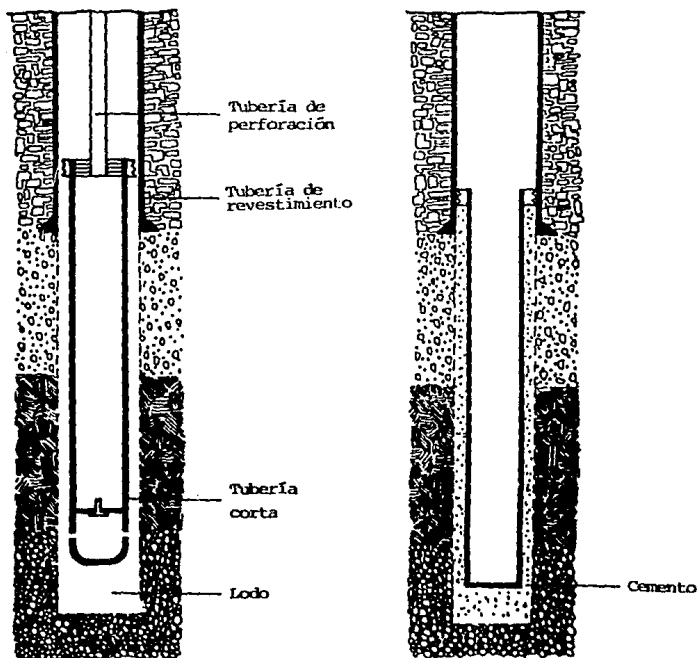
Pozo cementado y controlado

Figura 1.1 Control del pozo



Pruebas de producción

Figura 1.2 Economía de tubería de revestimiento



Corriendo la tubería
corta

Tubería corta instalada
y cementada

Figura 1.3 Rápida instalación

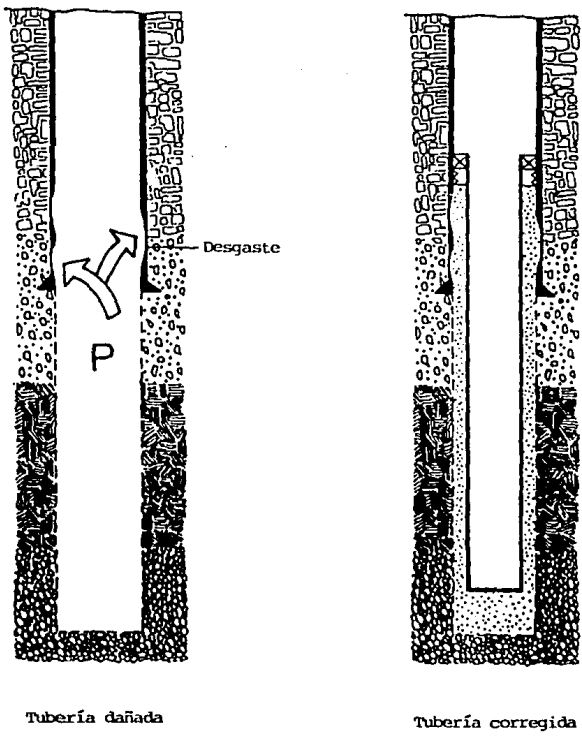
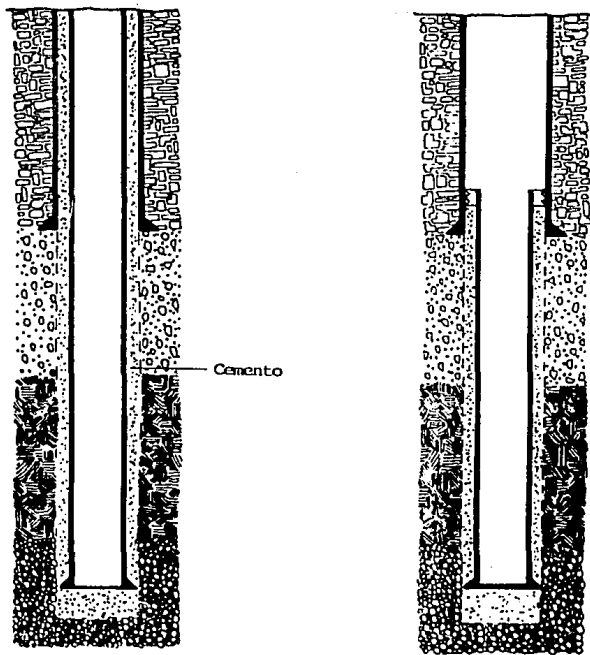


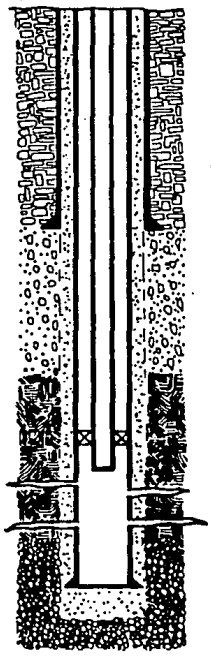
Figura 1.4 Corregir desgaste en tubería de revestimiento.



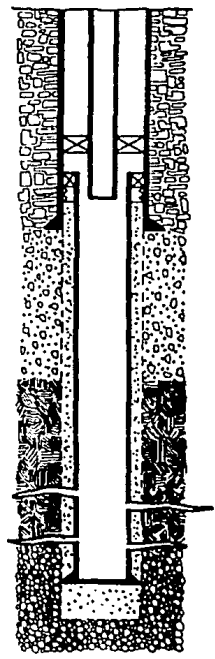
Tubería cementada hasta la superficie

Tubería corta cementada

Figura 1.5 evita volúmenes muy grandes de cemento



Tubería de producción restringida



Terminación de un pozo utilizando una tubería corta

Figura 1.6 permite utilizar empacadores y tuberías de producción de mayor diámetro

CAPITULO II

PARAMETROS QUE SE CONSIDERAN PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS.

2.1 Factores que influyen en el diseño de una lechada de cemento.

2.1.1. Influencia de la presión y la temperatura en la bombeabilidad de la lechada de cemento.

La presión y la temperatura son dos parametros básicos - que influyen en el comportamiento de las lechadas de cemento de los pozos. Cada uno de estos tienen efectos en los requerimientos de bombeabilidad para el empleo y desarrollo de esfuerzos - necesarios para el soporte de la tubería. La temperatura tiene una influencia más marcada sobre el funcionamiento de la lechada de cemento.

La presión impuesta sobre una lechada de cemento por la carga hidrostática de los fluidos del pozo, reducirá la bombeabilidad del cemento durante la colocación, y acelera la hidratación de la formación, lo cual ayuda al desarrollo de los esfuerzos.

En cualquier pozo profundo es necesario el conocimiento exacto de la temperatura en el fondo, ya sea estática o dinámica, a fin de seleccionar la composición del cemento.

Esta información puede ser obtenida de pruebas de formación o de registros de temperatura que han sido corridos desde el fondo con el agujero lleno de lodo antes de la introducción de la tubería. La relación de temperatura de fondo estática contra temperatura de fondo de circulación, se usa para determinar la bombeabilidad de una lechada de cemento para pozos profundos, lo cual es importante en el diseño de lechadas (figura 2.1, 2.2).

Como resultado, una composición de cemento será de bombeabilidad corta para condiciones de cementaciones forzadas, que para condiciones de cementación de tuberías de revestimiento, a la misma profundidad.

Cuando se diseñan lechadas de cemento para condiciones específicas del pozo, datos confiables son programados dentro de equipos de prueba basados en el gasto de lechada dado por cada 1000 pie de profundidad. Esta información combinada con la potencia requerida, gasto de desplazamiento, volúmenes de lechada y relación de tubería de revestimiento y agujero, son trasladados a un laboratorio de instrumentación, el cual da el tiempo de fluido esperado de una composición de cementación dada (figura 2.4).

2.1.2. Estabilidad en la resistencia del cemento.

Todas las clases de cemento API pierden resistencia y ganan permeabilidad cuando son expuestos a alta temperatura. Se alcanza resistencia máxima entre 230 °F y 260 °F. A partir de

ese momento, la resistencia disminuye conforme la temperatura aumenta. Para impedir esa disminución de la resistencia, donde las temperaturas de formación son superiores a 230 °F., el cemento deberá contener siempre de 30 a 40 % de polvo de sílice por peso de cemento. El polvo de sílice reacciona con el cemento a temperaturas mayores de 230 °F. Para formar un silicato---complejo de calcio llamado tobermorita. Este material esta influido por el tamaño de partícula, la fineza del grano impartirá mayor resistencia y menor permeabilidad al cemento expuesto a altas temperaturas. Para lechadas demasiado densas, el sílice de malla 60 a 140 se sustituye por uno de mayor fineza para reducir el agua adicional necesaria.

2.1.3. Viscosidad y contenido de agua.

En una cementación primaria, la viscosidad o consistencia de una lechada de cemento, se diseñara para dar el más eficiente desplazamiento al lodo en proporción con una buena adherencia entre la formación y la tubería. Para proporcionar estas funciones, la mayor parte de las lechadas se mezclan con cierta cantidad de agua lo cual resulta a un volumen igual al de la lechada sin separación de agua libre.

El tamaño de partícula, área superficial y aditivos influyen en la cantidad de agua de mezclado y viscosidad de una determinada lechada de cemento (figura 2.5).

Mientras la API define rangos en viscosidad para una determinada lechada de cemento API, existen también rangos en vis

cosidad que gobiernan lo espeso de una lechada de tal manera -
que la mezcla pueda bombearse bajo un conjunto dado de condiciones
del pozo.

La API ha establecido tres pruebas para determinar el -
contenido de agua.

- 1.- Un vaso cilindrico graduado de 150 cc. es llenado -
con lechada y sellado. Después de dos horas la cantidad
de agua libre se mide. El volumen máximo permitido
de agua libre es de 1.5 % .
- 2.- Un volumen de lechada es vertido dentro de un consisto
metro y agitado a 80 °F durante 20 minutos. Las lech
adas tienen una consistencia óptima de 11 Uc. El -
agua requerida para mezclar esta lechada se denomina
contenido normal de agua.
- 3.- Siguiendo el mismo procedimiento como el punto (2) -
de arriba, el contenido de agua de una lechada rindi
endo 30 Uc. es designado contenido mínimo de agua.
La temperatura de agua de mezclado tiene una influencia
definitiva sobre la viscosidad de la lechada. -
Las temperaturas deseables de lechada estarán dentro
de un rango de 60 a 90 °F (figura 2.6).

2.1.4. Densidad.

La lechada de cemento siempre será igual o ligeramente -
mas densa que el lodo excepto para cuando se realizan cent

mentaciones forzadas, pero los mecanismos para conseguir lechadas ligeras o de alto peso son completamente variables.

En operaciones de campo, el control de la lechada se lleva a cabo midiendo la densidad con la balanza de lodo estandar. Por precisión, las muestras seran seleccionadas de el cubo y se agitará para remover las pequeñas cantidades de aire entrampado de el mezclador a chorro o medidas sobre una balanza presurizada.

Los instrumentos de pesado automático que se colocan en la línea de descarga entre la unidad mezcladora y la cabeza del pozo, dan un registro de peso más uniforme sobre una tira de papel y son ampliamente utilizados.

La balanza presurizada mide la densidad de la lechada de cemento bajo suficiente presión para comprimir el aire que existe. Esta compresión de la lechada bajo aproximadamente 30 lb/ - pg², permite una medida más exacta de la densidad de el cemento que cuando se muestrea directamente en el cubo durante el proceso de mezclado.

Cada uno de los procedimientos para medir la densidad de la lechada puede dar resultados ligeramente diferentes.

2.1.5. Calor de hidratación.

Cuando el cemento se mezcla con el agua ocurre una reacción exotérmica la cuál libera una cantidad considerable de calor. Entre mayor sea la masa de cemento, mayor la producción de calor.

El calor de reacción está influenciado por los finos de cemento, composición química, aditivos del cemento y condiciones del agujero. Cuanto más alta la temperatura de formación, la reacción es más rápida al igual que la producción de calor.

En una relación de tamaños tubería-agujero, se tiene un promedio anular de 1/2 a 2 pulgadas, excepto en zonas de deslave. En una tubería superficial, el calor de reacción produce un aumento máximo de temperatura aproximadamente 35-45 °F.

2.1.6. Control de filtrado.

El control de filtración en la lechada de cemento es muy importante en la cementación de tuberías cortas profundas y cementaciones forzadas. La pérdida de filtrado a través de un medio permeable causa un aumento en la viscosidad de la lechada y una rápida depositación de enjarre resultando en una restricción de flujo.

Los factores que influyen en el gasto de filtración de las lechadas de cemento son el tiempo, presión, temperatura y permeabilidad. Para una medida de control de filtrado de las lechadas de cemento bajo temperaturas y presiones, la API define una prueba de 30 minutos a 100 o 1000 lb/pg² de presión (figura 2.7).

Para simular las condiciones del agujero, las lechadas serán bombeadas a un probador de tiempo de espesamiento presurizado por un período de tiempo dado, antes de que éstas sean re-

movidas y vertidas dentro de el prensa-filtro.

Para aplicaciones de campo, los valores de pérdida de fluido en el laboratorio van de 50 a 150 ml. en 30 minutos para cementaciones forzadas. Cuando se cementan tuberías cortas profundas, los valores de filtración tienen rangos tan altos como 250 ml. a 1000 lb/pg2, para condiciones de prueba API.

2.1.7. Resistencia al ataque químico.

Las salmueras que contienen sulfato de sodio, sulfato de magnesio y cloruro de magnesio están consideradas entre los agentes más destructivos para cementar bajo ambientes profundos.

Los sulfatos son considerados generalmente como los químicos más corrosivos. Estos reaccionan con los cristales de limo y de aluminato tricálcico. Estos cristales requieren un volumen mayor que el proporcionado por el espacio poroso al cementarse, resultando una expansión excesiva y deterioro de el cemento.

2.1.8. Mezclado del cemento en el campo.

El volumen de cemento usado en la mayoría de las tuberías cortas es mínimo. Ya que el diseño de la lechada es crítico, previamente se deben mezclar los aditivos y el cemento bajo severa dosificación de manera tal que exista una homogeneidad adecuada. Ya que el tiempo de mezclado en la superficie no influye en forma significativa en el tiempo total de espesamiento

del cemento, la lechada debe ser probada y sus propiedades ajustadas en el laboratorio.

2.1.9. Tiempo de espesamiento.

El tiempo de espesamiento es el tiempo que el cemento -- permanece bombeable en el pozo. Esta es la propiedad más crítica de un cemento para pozo petrolero. El tiempo de espesamiento tiene que ser tan largo como para permitir colocar el cemento - en su lugar y tan corto como para permitir la reanudación de -- las operaciones rápidamente.

El tiempo de espesamiento no debe ser confundido con el tiempo de fraguado. El tiempo de fraguado es el tiempo necesario para que el cemento alcance el estado sólido, es decir, que presente resistencia a la compresión. Es obvio que el tiempo de fraguado siempre es mayor que el tiempo de espesamiento.

Generalmente, 3 horas de tiempo de espesamiento proveen el tiempo de colocación necesario más un factor de seguridad. Sin embargo, el tiempo de cada trabajo debe ser calculado y un factor de seguridad debe ser agregado. Para trabajos críticos, antes de la operación las muestras del cemento y del agua de la localización deben ser probadas en el laboratorio bajo condiciones de trabajo del pozo.

2.1.10 Permeabilidad.

La permeabilidad es la medida de la facilidad con que un

fluido fluye a través de los poros conectados de la roca o cemento y es medida en milidarcies. Por supuesto, mientras más baja es la permeabilidad del cemento fraguado, más protegida está la tubería. Conforme la resistencia a la compresión se incrementa, la permeabilidad disminuye. Del mismo modo, la regresión de la resistencia incrementa la permeabilidad.

2.2 Combinaciones prácticas de tuberías de revestimiento cortas.

Las combinaciones típicas son :

Diámetro de T.R. (pulgadas)	Diámetro de agujero (pulgadas)	Diámetro de T.R. corta (pulgadas)	Area anular (pulg. ²)	Espesor de cemento (pulgadas)
13 3/8	12	9 5/8	40.38	1 3/16
9 5/8	8 5/8	7	19.94	13/16
7 5/8	6 5/8	5 1/2	10.71	9/16
7 5/8	6 5/8	5	14.84	13/16
7	6 1/8	5	9.83	9/16
7	6 1/8	4 1/2	13.56	13/16
6 5/8	5 5/8	4 1/2	8.94	11/16
5 1/2	4 3/4	3 1/2	8.10	5/8

2.3 Uso y características de varios tipos de tuberías de revestimiento cortas.

2.3.1. Tubería corta de explotación.

Proposito.- Servir como tubería de terminación.

Ventajas.- Se requiere menos tubería de revestimiento.

Permite diámetros más grandes para una mayor capacidad de flujo.

Características.- Puede cubrir mayor área.

Reduce espacios anulares.

No se mueve durante la cementación.

Limita los gastos de bombeo.

Requiere un control cuidadoso de el -- tiempo de espesamiento del cemento, aún cuando este quede arriba de la boca de la tubería corta.

2.3.2. Tubería corta intermedia.

Proposito.- Extender tubería intermedia.

Ventajas.- Proporciona para algunos casos del pozo, cambios en la densidad del lodo.

Características.- Cubre areas mayores del pozo.

Se corre para controlar zonas de gas.

Usualmente requiere lodos y cementos pesados (de 12 a 14 lb/gal).

2.3.3. Tubería corta de recubrimiento (scab).

Proposito.- Reparar averias de tuberías dañadas.

Ventajas.- Solo es necesaria una sección corta.

Características.- Generalmente cubre secciones cortas.

Se cuelga antes de ser cementada.

No se instala necesariamente en receptáculos pulidos.

2.3.4. Tubería corta de enlace posterior (tie back o stub liner)

Proposito.- Extender la tubería corta inferior dentro de la tubería intermedia.

Ventajas.- Cubre tuberías dañadas.

Características.- El colgador no puede ser anclado antes de la cementación.

Generalmente la longitud de tubería - corta es pequeña.

2.4 Tipo de cemento usado.

2.4.1. Tubería corta de explotación.

El tipo de cemento depende de las condiciones del pozo y de las condiciones del pozo y de las densidades del lodo; puede ser una lechada combinada. Un cemento ligero para control de densidad y alto rendimiento. Control de filtrado deseable empleando aditivos en terminaciones de --

gas. Emplear cementos API clase G o H densificados para mayor resistencia.

2.4.2. Tubería corta intermedia.

El tipo de cemento debe ser de alta densidad y baja relación de agua, dependiendo de el lodo. Emplear cemento -- API clase G o H con dispersante, de alta densidad y baja relación de agua, dependiendo del lodo, (ver tubería corta de explotación).

2.4.3. Tubería corta de recubrimiento (Scab).

Emplear cemento API clase G o H, alta densidad y la lechada de baja relación de agua para mayor resistencia.

2.4.4. Tubería corta de enlace posterior (tie back o stub liner).

Emplear cemento API clase G o H con dispersante de alta densidad y la lechada de baja relación de agua para mayor resistencia.

2.5 Procedimiento de cementación.

2.5.1. Tubería corta de explotación.

El colgador se ancla antes de la cementación. Debe existir exceso de cemento para que salga por la boca de la tubería corta. El cemento debe circularse hasta que salga por la boca de la tubería corta. La herramienta soltadora se recupera. El exceso de cemento se circula en inversa o se deja fraguar para más adelante eliminarse.

2.5.2. Tubería corta intermedia.

El procedimiento es el mismo, como para la tubería corta de explotación.

2.5.3. Tubería corta de recubrimiento (Scab).

El procedimiento es el mismo, como para la tubería corta de explotación.

2.5.4. Tubería corta de enlace posterior (tie back o stub liner)

El procedimiento es el mismo como para la tubería corta de explotación solo que el colgador no se ancla antes de cementar.

2.6 Aditivos para cementos.

Para cubrir el amplisimo rango de condiciones de trabajo

que la industria petrolera presenta en sus operaciones de cementación, se han desarrollado una gran cantidad de productos llamados aditivos para cementos, los que modifican las propiedades originales de las lechadas de cemento neto, permitiendo la creación de lechadas especiales para cada trabajo. Esto ha sido posible grandemente a raíz del desarrollo de los cementos llamados básicos (Clase G y H), que por sus características permiten ser modificados ampliamente.

2.6.1. Aceleradores.

Se utilizan en operaciones a temperaturas menores de -- 38 °C para lograr desarrollar resistencias a la compresión aceptables en corto tiempo (35 kg/cm² a las 8 hrs.).

2.6.2. Extendedores.

Estos aditivos se usan para reducir la densidad de la lechada en los casos en que la formación no puede soportar la densidad de la lechada normal. También se utilizan para hacer mas-económica la lechada, incrementando el rendimiento y/o utilizando materiales mas baratos.

2.6.3. Densificadores.

Los densificadores tienen la función inversa a los exten

dedores: Incrementan la densidad de la lechada. Al integrar material de alta densidad a la lechada, sin que requiera más agua de mezclado, se logra una lechada que puede controlar altas presiones en el pozo.

2.6.4. Retardadores.

Los retardadores se agregan a las lechadas de cemento neto para evitar un fraguado demasiado rápido. El tipo y la concentración del retardador dependen mayormente de la temperatura que de la profundidad (presión) del pozo. La fineza del cemento también incide fuertemente en los retardadores, ya que la velocidad de hidratación es función de la superficie específica de los granos de cemento. El uso de retardador en concentración excesiva puede causar el sobreretardamiento de la lechada que origina problemas de canalizaciones o flujos durante la cementación, pues extiende sin necesidad el periodo de tiempo entre el tiempo de espesamiento y el tiempo de fraguado.

2.6.5. Controladores de pérdida de circulación.

Estos aditivos son de dos tipos: Materiales obturantes, usados en casos de pérdidas parciales; y bloqueadores, para controlar pérdidas totales y severas. Los obturantes se utilizan, por lo general, antes de la cementación y no constituyen propiamente un aditivo del cemento.

Los bloqueadores a base de cemento son sistemas complejos con propiedades tixotrópicas, comúnmente.

2.6.6. Reductores de filtrado.

Los reductores de filtrado en el cemento se usan para -- prevenir la deshidratación prematura de la lechada frente a for maciones permeables, para proteger del daño a las formaciones - sensibles y para ayudar en la formación de lodos en las menta ciones forzadas. Los reductores de filtrado, generalmente, in - crementan la viscosidad de la lechada y ayudan en el retarda -- miento del fraguado.

2.6.7. Dispersantes.

Los dispersantes se utilizan para disminuir la viscosi - dad de la lechada y mejorar las condiciones de flujo dentro del pozo, logrando flujos turbulentos con menores gastos. Los dis - persantes, por lo general, aumentan el tiempo de espesamiento - de la lechada, por lo que debe ser probada su compatibilidad -- con el retardador usado. Además, mejoran las propiedades de con trol de filtrado de la lechada, cooperando con los reductores - de filtrado.

2.6.8. Sistemas especiales.

Dentro de esta clasificación se encuentra una gran cantii

dad de sistemas a base de cemento destinados a usos específicos cements con latex, cements con fibras, cements expansivos, - cements para controlar gas, etc., son formulaciones especiales para controlar o alcanzar determinadas condiciones.

2.7 Cementación en zonas fracturadas.

Es frecuente el instalar y cementar tuberías de revestimiento cortas 1800 y 2400 m. de longitud en la mayoría de los pozos profundos. Cualquier composición de cemento que cubra esta longitud debe ser retardada en forma adecuada para que trabaje a la temperatura más alta del fondo del pozo, además de desarrollar un fraguado razonable a las temperaturas más bajas de la parte superior de la T.R. No es raro que esta diferencia de temperatura exceda los 100 °F. El sobreretardamiento de la lechada de cemento para lograr tiempos de espesamiento excesivos, aumenta la posibilidad del gas en la boca de la T.R. y la cementación que podría haberse llevado a cabo con éxito, ofrece un nuevo problema.

Estudios de desplazamiento han mostrado que las lechadas de cemento deben tener control de pérdida de agua cuando los espacios anulares son mínimos, de otra manera, el enjarre depositado sobre las zonas permeables pueden crear una alta presión por fricción, con las fracturas consecuentes. Para reducir dicha presión en las zonas débiles, las propiedades y la colocación de la lechada deben ser controladas cuidadosamente. El equipo de cementación de etapas múltiple puede ser usada a través de -

formaciones fracturadas para ayudar a prevenir que el cemento -- ejerza una presión excesiva. Si la presión de fracturación de la formación se excede antes de que el cemento se coloque, se puede perder parte o todo el cemento.

Limitaciones en la cementación de T.R. cortas son determinadas - por el uso del gradiente de fractura de la formación. Presiones- de fractura (expresadas como gradientes de presión) pueden ser - determinadas con bastante precisión cuando se conocen las densi- dades de fluidos y profundidades de fracturas.

Como se menciona con anterioridad si la presión de fractura o - el gradiente de cada formación de un pozo es conocido antes de - la cementación, el diseño de colocación se convierte en un pro - blema de hidráulica. La combinación de lodo, cemento y presiones por fricción puede ser regulada para evitar exceder la presión - de fractura de cualquier formación en el pozo. En cementación de etapas múltiples, la presión hidrostática del cemento más la pre - sión por fricción no puede exceder el gradiente mínimo de fractu - ra.

2.8 Cementación en zonas de presión anormal.

Algunos de los problemas más difíciles de cementación se - encuentran en formaciones de presiones anormales, donde en oca - siones se necesitan dos T.R. para controlar el fluido de alta -- presión, que se encuentra a profundidades de 3000 a 6000 m. Es - las altas presiones de formación imponen el uso de sistemas de - lodo muy denso para controlar el fluido hasta que los pozos - -

35

puedan ser ademados y cementados. En ocasiones las secciones inferiores del pozo tienen menor presión de formación y pueden ser controladas con lodo de densidades menores.

Estas formaciones de alta presión, generalmente tienen baja permeabilidad y soportan densidades altas (18 lb/gal). Son zonas -- densas, duras, que pueden producir un volumen de gas muy bajo. - Se usan frecuentemente lodos de menor densidad con respecto a la presión de formación para aumentar el ritmo de penetración.

Los métodos para cementación en formaciones de alta presión, incluyen (1) colocación de cemento alrededor y sobre la parte superior de la T.R. en una etapa simple convencional y (2) colocación de cemento sobre la mitad inferior o dos terceras partes de la - T.R. en una etapa simple, después extraer la T.P. y el soldador, para bajar con un cementador recuperable, y cementar a presión - la parte superior. Esta última técnica es preferible, pero tiene la desventaja de dejar un espacio considerable entre los dos intervalos cementados. El fluido de alta presión atrapado detrás - del revestimiento somete la sección sin soporte a presión, corrosión de medio ambiente y fluctuación de temperatura.

Cemento API, clase H, con retardador.

Profundidad (pie)	Temperatura (°F)		Presión (lb/pg2)	Tiempo de espesamiento, (horas:minutos)
	Estática.	Circulación.		
10 000	230	144	5 000	2:10
			10 000	1:34
			15 000	1:18
14 000	290	206	10 000	8:35
			15 000	5:19
			20 000	1:14
16 000	320	248	10 000	4:11
			15 000	3:39
			20 000	2:30
			25 000	2:08

Figura 2.1 Efecto de la variación de la presión sobre el tiempo de espesamiento.

Profundidad del pozo, (pie)	Temperatura estática de fondo, (°F)	Temperatura de circulación de fondo, (°F)		
		T.R.	Forzada.	T.R. corta.
2 000	110	91(9)	98(4)	91(4)
6 000	170	113(20)	136(10)	113(10)
8 000	200	125(28)	159(15)	125(15)
12 000	260	172(44)	213(24)	172(24)
16 000	320	248(60)	271(34)	248(34)
20 000	380	340(75)	————	————

Figura 2.2 Programa base para pruebas API de simulación de pozos.

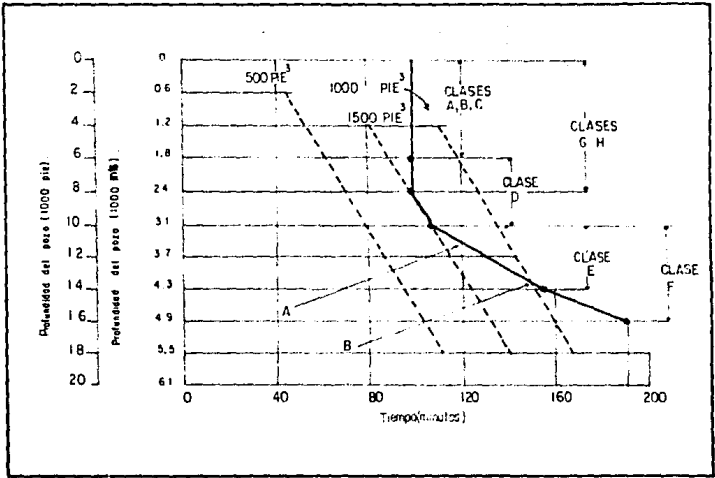


Figura 24 Profundidad del pozo y relación del tiempo de cementación para cementos API.

Relacion agua-cemento (% en peso).	Volumen de lechada (pie ³ /saco).	Agua libre cuando se coloca el ce- mento (%).	Volumen de ce- mento preparado (pie ³ /saco).
superficie específica = 1 890 cm ² /gr. similar al cemento API clase C.			
40	1.069	0.00	1.069
50	1.220	0.74	1.211
60	1.370	2.34	1.338
70	1.521	4.75	1.449
superficie específica = 1 630 cm ² /gr. similar al cemento API clase A, B o G			
35	0.994	0.88	0.985
40	1.069	1.33	1.055
50	1.220	7.66	1.114
60	1.370	16.01	1.151
superficie específica = 1 206 cm ² /gr. similar al cemento API clase D o E.			
35	0.994	3.15	0.963
40	1.069	8.38	0.979
50	1.220	16.20	1.022
60	1.370	22.35	1.064

Figura 2.5 Influencia de la variación del área superficial y relación de agua sobre el volumen de cemento preparado.

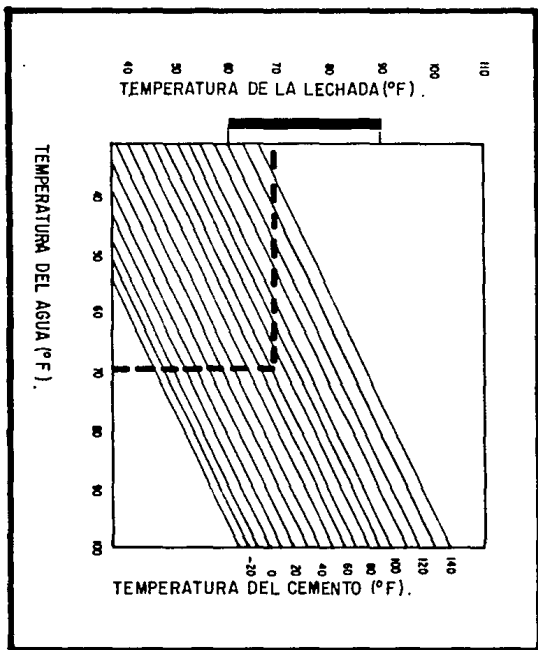


Figura. 2.6. Rango de temperatura deseable de la lechada.

Pérdida de fluido API a 1 000 lb/pg2. (cc/30 min.)	Permeabilidad de el filtro del enjarre a 1 000 lb/pg2. (md)	Tiempo para formar dos pulgadas de enjarre. (minutos)
1 200	5.00	0.2
300	0.54	3.4
100	0.09	30.0
50	0.009	100.0

Figura 2.7 Pérdida de fluido vs. filtro de enjarre.

CAPITULO III

ACCESORIOS NECESARIOS PARA LA INTRODUCCION Y CEMENTACION DE LAS TUBERIAS DE REVESTIMIENTO CORTAS.

3.1 Descripción y distribución de accesorios que constituyen un aparejo convencional.

Zapata flotadora tipo "V".

Esta diseñada para ayudar a flotar la tubería, evitar el regreso del cemento y permitir la circulación por los orificios laterales, cuando por asentamiento de formación en el fondo del pozo está se obture. Su fabricación se realiza con material fá-cil de moler (figura 3.1).

Cople flotador.

Consiste en un disco metálico perforable acoplado a un elemento de hule, cuando se está bajando la tubería, el orificio permite que se cierre completamente el hule, reduciendo únicamente la entrada del fluido a la tubería.

Cuando se efectúa la cementación el volumen de fluido -- que pasa por el orificio, expande el hule, ocasionando que el disco caiga al fondo, dejando una gran área de bombeo durante la cementación (figura 3.2).

Cople receptor.

Sirve para detener la canica de bronce y su asiento para que no se obstruya la circulación de fluidos durante la cementación, en donde se utiliza un colgador hidráulico. Por lo general se instalan dos tramos abajo del cople de retención (figura 3.3).

Cople de retención tipo I.

En cementaciones donde se utiliza un colgador de tipo mecánico, este cople se coloca de uno a dos tramos arriba de la zapata flotadora o unido al cople flotador.

En su diseño tiene un asiento con candado que asegura el tatapón limpiador, lo cual es una protección adicional para evitar el regreso del cemento de la tubería de revestimiento corta (figura 3.4).

Cople de retención tipo II.

Se instalan dos tubos arriba del cople receptor en cementaciones donde se utiliza un colgador tipo hidráulico (figura -- 3.5).

Tiene un asiento de esfera para que una vez que esuelta esta, desde la superficie, obture la circulación; al inbombear se incrementa la presión, lo que hace que se rompan los pernos de corte del colgador hidráulico, al mismo tiempo que actúa su mecanis

mo y se anclan las cuñas. Una presión adicional rompe los pernos de corte del asiento de esfera, con lo cual se descarga automáticamente la presión, cayendo el asiento y la canica en el cople receptor, para así convertirse en cople de retención tipo 1, a fin de recibir el tapón limpiador.

Unión giratoria tipo "C".

Se coloca inmediatamente abajo del colgador ya sea mecánico o hidráulico. Consta de tres cuerpos ensamblados que permiten movimiento rotatorio entre sí, ya que se separan del embrague -- por el peso propio de la tubería corta, lo que hace posible el giro de la misma mediante un asiento de bronce y un juego de sellos de anillos.

Su diseño incluye un embrague mecánico que permite desenroscar a la herramienta soltadora; en caso de no poder anclar el colgador cargando peso, el embrague mantendrá al colgador y cople soltador fijos mientras se desenrosca la herramienta (figura 3.6).

Unión giratoria tipo C-J con porta tapón.

Se utiliza en cementaciones que incluyen una válvula de charnela. Además de las características de la unión giratoria tipo "C" su diseño cuenta con un asiento en la parte superior que asegura el tapón limpiador tipo II durante la corrida de la tubería de revestimiento. Con esta herramienta se elimina la necesi-

dad del cople porta tapón en el diseño de la tubería de revestimiento corta (figura 3.7).

Cople porta tapón.

Se instala inmediatamente debajo del colgador mecánico o hidráulico, en cementaciones donde se utiliza una válvula de -- charnela. Su diseño incluye un asiento que retiene el tapón limpiador tipo II durante la intervención de la tubería de revestimiento corta (figura 3.8).

3.2 Colgadores.

Definición: Un colgador de tubería de revestimiento corta es una herramienta que nos permite anclar o colgar a la tubería-corta o liner en la tubería de revestimiento (figura 3.9).

Razones para utilizar colgadores de tuberías de revestimiento corta:

Es recomendable, en el caso de tuberías cortas, utilizar un colgador cuando se trate de tuberías con longitudes mayores a 100 metros; ya que si la tubería se apoya en el fondo puede deformarse debido a su propio peso, en forma helicoidal (figura -- 3.10), dependiendo el grado de esta deformación, del diámetro y peso de la tubería, del agujero en el cual se mete, tomando en caso extremo, la forma aproximada de un "tirabuzón", lo que dificultaría la introducción de herramientas como empacadores, regis

tros, tuberías, etc. de menor longitud, pueden apoyarse en el fondo del pozo, sin riesgo de que ocasionen problemas futuros, en todos los casos, será recomendable usar centradores metálicos.

3.2.1. Colgadores convencionales.

Colgador mecánico "CMC":

El colgador mecánico multicono está constituido por un sistema de conos, cuñas y flejes; un mecanismo de ranura en "J" mantiene las cuñas en su posición, lo que permite introducir la tubería de revestimiento. Tiene un área grande de flujo entre el cuerpo de las cuñas una vez ancladas y el interior de la tubería de revestimiento lo cual ayuda a obtener una circulación sin estrangulamiento. Además, debido a la distribución de sus cuñas es posible tener un área de sustentación bastante grande, lo cual permite suspender longitudes considerables en tubería de revestimiento (figura 3.11).

Colgador hidráulico "MC".

El colgador "MC" multicono está constituido por un sistema hidráulico de conos, cuñas y flejes. Mientras no se aplique una presión diferencial de 1200 lb/pg², su funcionamiento hidráulico no actuara, lo que permite mantener las cuñas en posición de poder introducir la tubería de revestimiento hasta la profundidad programada (figura 3.12).

3.2.2. Colgadores flex lock.

Características.- Los colgadores de tubería corta flex -- lock son montados en un tramo de tubería de revestimiento. Los ahorros en costo son de gran cantidad cuando se usan tubería de revestimiento de aceros con composiciones químicas especiales, - aleaciones resistentes a la corrosión o de paredes gruesas.

El diseño de cuñas y asiento de las cuñas del flex lock - permite colgar tuberías cortas, cuando soportan cargas pesadas, - deforman su contorno exterior hacia una forma triangular, o al - menos hinchan esta tubería, debido a los esfuerzos ejercidos sobre la tubería de revestimiento exterior cuando se anclan las cuñas. Alguna deflexión permanente hacia adentro de los cuerpos de los colgadores de tubería corta ocurre debajo de los conos cuando se le aplican cargas pesadas. El diseño de las cuñas y del -- asiento de las cuñas (radial de cargas balanceadas) del colgador flex lock; no permite los esfuerzos hacia adentro de la tubería de revestimiento corta; por consiguiente no se provocará ninguna deflexión en el cuerpo del colgador flex lock ni cizallamiento - de la superficie de la tubería de revestimiento debajo del anillo ancla.

Las cuñas del colgador flex lock, encerradas dentro de su asiento, están protegidas de un posible daño durante la introducción en el pozo.

El máximo viaje vertical de las cuñas es menos de 5 cm. - Las cuñas mantienen la superficie en contacto con la tubería de revestimiento exterior cuando se encuentran en su posición de --

anclaje, eliminando los puntos centralizados de esfuerzos en - las cuñas o en la tubería de revestimiento.

El área de circulación alrededor del flex lock es la misma antes o después de anclarse, y es normalmente mayor que el - área de circulación alrededor del cople soltador con extensión - que va arriba del colgador. El área de circulación se alcanza a través de grandes áreas totalmente rectas entre las cuñas y debajo de éstas cuando se ancla el colgador.

El colgador flex lock de anclaje mecánico se opera con un cuarto de vuelta y vuelve a entrar en su posición dentro de la - jota, levantando ligeramente la tubería (figura 3.1 1 B).

El colgador flex lock de anclaje hidráulico se opera aplicando presión interna debajo del colgador. Debido al corto viaje requerido por el diseño único de cuñas y asiento de cuñas, el cilindro hidráulico es mucho más corto que el cilindro de los - - otros colgadores hidráulicos y también tiene un espesor de pared. El cilindro del colgador flex lock tiene una resistencia a la -- presión interna y al colapso igual o mayor a la mayoría de los - colgadores hidráulicos (figura 3. 12 B).

La fuerza requerida para desanclar las cuñas del colgador - flex lock es aproximadamente un 4 %, del peso aplicado a las cuñas. La fuerza requerida para desanclar los otros tipos de colgadores es de un 25 a un 100 %, más del peso aplicado a las cuñas, dependiendo del diseño particular de las cuñas y conos.

3.3 Cálculos para determinar la capacidad de carga de un colgador convencional.

No existe un método exacto para predecir el peso de tubería corta que puede soportar un colgador, ya que existen demasiadas variables, tanto mecánicas, como en el fondo del pozo, que no permiten predecir el comportamiento exacto de las mismas.

Sin embargo, considerando el concepto de plano inclinado, factores prácticos de fricción y algunos factores de corrección, podemos encontrar algunas fórmulas que nos permiten comparar la capacidad de carga del colgador contra el peso esperado de la tubería de revestimiento corta.

Concepto de plano inclinado: El mecanismo de anclaje de un colgador, es el simple concepto de la cuña o plano inclinado. Por medio de este, se puede confiar que mientras más grande sea el peso de la tubería corta (P), mayor será la fuerza de anclaje (F) de una cuña accionada por el cono (figura 3.13). Para demostrar lo anterior, podemos estudiar el siguiente análisis de fuerzas (figuras 3.14 y 3.15).

Fuerzas que actúan en el cono:

$$F_x = FR_1 \sin \alpha - N \cos \alpha = 0 \quad \dots(1)$$

$$F_y = FR_1 \cos \alpha + N \sin \alpha - P = 0 \quad \dots(2)$$

$$FR_1 = \mu N$$

$$\mu N \cos \alpha + N \sin \alpha = P$$

$$N(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = P$$

$$N = \frac{P}{\mu \cos \alpha + \operatorname{sen} \alpha} \quad \dots(3)$$

donde:

α = ángulo de inclinación del cono.

μ = factor de rozamiento (0.3).

Fuerzas que actúan en la cuña:

$$F_x = F - N \cos \alpha + FR_1 \operatorname{sen} \alpha = 0 \quad \dots(4)$$

$$F_y = FR_2 - N \operatorname{sen} \alpha - FR_1 \cos \alpha = 0 \quad \dots(5)$$

de la ecuación (4);

$$F = N \cos \alpha - FR_1 \operatorname{sen} \alpha$$

$$F = N \cos \alpha - \mu N \operatorname{sen} \alpha$$

$$F = N(\cos \alpha - \mu \operatorname{sen} \alpha)$$

$$N = \frac{F}{\cos \alpha - \mu \operatorname{sen} \alpha} \quad \dots(6)$$

de la ecuación (3) y (6);

$$\frac{F}{\cos \alpha - \mu \operatorname{sen} \alpha} = \frac{P}{\mu \cos \alpha + \operatorname{sen} \alpha}$$

$$F = \frac{P(\cos \alpha - \mu \operatorname{sen} \alpha)}{\mu \cos \alpha + \operatorname{sen} \alpha}$$

si suponemos que $\alpha = 5$, y $\mu = 0.3$

$$F = P(2.5)$$

De esto podemos concluir que por cada kilo de peso que se cargue en el colgador y dependiendo de las condiciones de operación, obtendremos una fuerza de anclaje 2.5 veces mayor.

I) Para determinar la carga máxima que soportara la T.R. en que se anicara el colgador se hacen las siguientes consideraciones:

- a) La T.R. no estara soportada por el cemento a la formacion.
- b) La T.R. es tubería nueva y no estará debilitada por el desgaste de la T.P.
- c) El factor de fricción 0.3 es adecuado para las superficies metalicas en contacto. Con lo cual se tiene la siguiente expresion:

1) Carga máxima = (cpi)(área de cuñas)(factor)

donde:

$$\text{Factor} = \frac{\text{tg } \alpha + \mu}{1 - \mu \text{tg } \alpha}$$

cpi = capacidad a presión interna de la T.R.

$$\text{Area de cuñas} = \left(\frac{L \pi \text{ D.E. cuñas}}{\text{num. segmentos cortados de cuñas.}} \right) (\text{num. de cuñas})$$

L = longitud de la cuña.

Este cálculo nos determina el área de contacto de las cuñas con la pared de la T.R.

II) Ahora para determinar la carga máxima que se soportará en el cuerpo del colgador, antes de fallar al colapso se asumen -- las siguientes consideraciones:

- a) La presión interna es cero.
 - b) El factor de fricción 0.3 es adecuado.
- 2) carga máxima = (Cc)(Area de conos)(factor)

donde:

factor = descrito anteriormente.

Cc = capacidad al colapso del cuerpo del colgador.

$$\text{Area de conos} = \left(\frac{L \uparrow \text{ D.E.cuerpo}}{\text{num.de segmentos cortados de conos}} \right) (\text{num.de conos})$$

Este cálculo nos determina el área de contacto de los conos que actúan sobre el cuerpo del cogador.

Después el resultado de menor valor obtenido de 1 y 2, se comparará con el peso total de la tubería de revestimiento corta. Estos cálculos obtenidos mediante este método, son valores conservadores y respaldados por muchos años de experiencias en el campo.

Factores de capacidad de carga:

(colgador de seis conos).

<u>TAMAÑO (pg)</u>	<u>PESO (lb/pie)</u>	<u>COLAPSO</u>	<u>P.INTERNA</u>
4 1/2 x 7	26 - 32	42.19	10.48
4 1/2 x 7	35	40.66	7.33
5 x 7	26 - 32	40.62	11.94
5 x 7	35	29.67	13.51
5 x 7 5/8	33.7 - 39	49.75	16.12
7 x 9 5/8	47 - 53.5	56.88	26.37
7 5/8 x 9 5/8	47 - 53.5	48.57	18.30
7 5/8 x 10 3/4	51 - 55.5	82.67	29.36
7 5/8 x 10 3/4	60.7 - 71.1	82.67	29.36
9 5/8 x 13 3/8	48 - 54.5	91.72	49.23
9 5/8 x 13 3/8	61 - 85	91.72	49.23

La capacidad de carga para un colgador de nueve conos, -- será el valor mostrado para el de seis conos, multiplicado por-

1.5 veces. Para el colgador de tres conos el mismo factor de seis conos dividido entre dos. Los factores de diseño recomendados son:

Presión de colapso = 1.125

Presión interna = 1.1

3.4 Accesorios complementarios y diversos.

Válvula de charnela.

Es una herramienta colocada inmediatamente arriba del colgador, que proporciona un sello positivo en dos direcciones durante las operaciones de cementación (figura 3.16).

Puede utilizarse con o sin charnela, la cual funciona como válvula de contrapresión adicional, para evitar el regreso del cemento una vez que se levanta el agujón.

La válvula de charnela se utiliza con una herramienta soltadora equipada con un tubo cuya superficie exterior se ha pulido, denominado agujón.

El tapón limpiador del liner, se encuentra alojado en el cople porta-tapón y sostenido por unas cejas integradas al cuerpo de aluminio del tapón, este cople se conecta inmediatamente abajo del colgador, por cuyo interior pasa el agujón, hasta quedar a cuatro pulgadas o menos del tapón limpiador tipo II.

El sistema de válvula de charnela reduce el efecto de pistón (La presión actúa solamente contra la sección transversal del agujón, y no contra el área de sellado, que es mayor).

El inserto es fácilmente perforable o molible, una vez finalizadas las operaciones de cementación.

Al substituir al PBR en las operaciones de cementación, se obtiene más economía y facilidad de ensamble.

Los sellos de vitón, soportan temperaturas hasta de 490 °F, y presiones de más de 5000 lb/pulg.2.

El sistema de válvula de charnela, permite verificar el anclaje del colgador, sin riesgo de soltar el tapón limpiador.

El agujón puede utilizarse indefinidamente, dándole la protección adecuada durante su almacenaje y transportación.

Cople soldador tipo "C".

Es la última herramienta que se coloca en la sarta de la tubería corta (figura 3.18), inmediatamente arriba de la válvula de charnela y se utiliza en el caso de que no se requiera una extensión de la tubería corta (tie-back) a futuro. Tiene en su parte interior, maquinada, una rosca izquierda tipo liston, la cual es usada para conectar la tubería corta a la herramienta soldadora y bajarla a la profundidad deseada. El ensamble del cople soldador, con la herramienta soldadora, se realiza en el taller o en el piso del equipo de perforación se le da el apriete correcto para evitar que se afloje y llegue a soltarse, para que esto suceda se necesita que gire cinco vueltas a la derecha efectivas de la herramienta en el fondo, comprobándose esto, levantando la tubería no más de 0.75 m. teniendo cuidado que el mandril de sellos no se salga del PBR, o el agujón de la

válvula de charnela.

La disminución de peso en el indicador, nos dira si la tubería se encuentra suelta.

Cople soltador con extensión tipo C2:

Está herramienta es la última que se coloca en la sarta de tubería corta (figura 3.19), inmediatamente arriba del receptáculo púlido o válvula de charnela, y se utiliza en todas las cementaciones de tubería corta que previenen una extensión de la misma (tie-back) a futuro.

La extensión del cople consiste en un cuerpo de acero con un diámetro interior maquinado de 6 pies de longitud estándar, el cual se utiliza para prolongar la tubería corta hacia arriba, por medio de una herramienta denominada tie-back, dependiendo del diámetro interior de la tubería de revestimiento, la extensión contara con un anillo centrador que limita la posición de la boca del liner.

Receptáculo púlido interior (PBR).

Es una herramienta que se puede colocar inmediatamente arriba del colgador, lo cual proporciona un sello positivo durante las operaciones de cementación (figura 3.17).

Se utiliza en terminaciones de pozos donde existen altas presiones y temperaturas o como complemento profundo para-

grandes volúmenes de producción.

Con esta herramienta se tiene un amplio diámetro interior del aparato de producción desde la superficie hasta el fondo del liner. El diámetro interior del mandril de sellos es compatible con el diámetro interior del liner.

El ensamble del mandril de sellos con el PBR, no permite fugas de fluidos. Elimina los empacadores de producción. Las operaciones de reparación de pozos son más seguras y económicas al no tener que moler empacadores permanentes. Está provisto de una larga carrera, para contracciones durante las operaciones de tratamiento. Los sellos pueden no tener movimiento durante la etapa normal de producción.

La superficie de sellos del PBR es púrida con un acabado de 10 a 20 micras. El material del receptáculo es opcional, de acuerdo a lo que se solicita para evitar la corrosión.

Los elementos de sellos que lleva el mandril, son de teflón inerte, de un púrido de vidrio convenientemente resistente para altas presiones y temperaturas en el fondo del pozo y H₂S.

Las contracciones de la tubería de producción pueden calcularse por anticipado, de acuerdo a las variaciones de presión y temperatura, durante las operaciones de tratamiento. Normalmente la longitud del receptáculo púrido es el doble de la contracción calculada y el mandril de sellos es la mitad de la longitud del receptáculo.

Herramienta soltadora tipo "C".

Esta diseñada para bajar y anclar un liner, la parte inferior de la herramienta tiene una conexión especial, con una unión giratoria integrada, a la cual se fija el aditamento o -- conversión de sellos para realizar la cementación según sea el caso, se puede contar con una conversión a sellos de copas invertidas, sellos mollyglass (en el caso de utilizar un receptor pulido), o agujón (si se utiliza válvula de charnela).

La herramienta soltadora, consta de los siguientes elementos:

- a) Conexión superior.- Se conecta a la tubería de perforación con la cual se baja el liner, cuenta con un -- hombro de 18 pg. en su parte inferior, estandar API.
- b) Vástago.- Proporciona la longitud requerida de la -- herramienta para librar a la extensión de la camisa -- soltadora.
- c) Anillo chatarrero o casquillo.- Se ajusta a la parte superior de la camisa, para evitar que material extraño penetre al soltador y la extensión del cople soltador.
- d) Soporte de cuñas.- Aditamento y soporte de los pernos de carga o cuñas, en una herramienta tipo C2.
- e) Balero.- Se apoya en la parte inferior e interior del cople soltador, soporta el peso de la T.P. para facilitar la rotación a la derecha de la misma y soltar a la tuerca flotadora del cople soltador.
- f) Cuerpo.- Permite que la tuerca flotadora se deslice --

hacia arriba al momento de soltarse. De esta manera, se evitan desplazamientos de la tubería de perforación por el desenrosque.

- g) Tuerca flotadora.- Es una tuerca con rosca izquierda, que se rosca al cople soltador, y asegura la introducción del liner con los accesorios de anclaje.
- h) Adaptador.- Conéctor de la conversión de sellos requerida.

(Ver las partes de la herramienta mencionados en los incisos en la figura 3.20).

Esta herramienta puede utilizarse en conjunto con cualquier tipo de colgador o sin este cuando se pretende sentar el liner en el fondo. Va conectada a la camisa soltadora, en la parte superior del liner con rotación izquierda. Esta rotación enrosca a la tuerca flotadora con la camisa soltadora, y se aprieta lo suficiente para asegurar que la herramienta no se desenrosca durante la corrida. Debe tenerse precaución, de que no se aplique rotación derecha a la T.P. mientras se está bajando en el agujero; cuando se ha alcanzado la profundidad deseada, y anclado el colgador, se aplica rotación derecha a la T.P. para soltar a la herramienta. Normalmente de 10 a 15 vueltas es suficiente pero no afecta a esta operación un número mayor de vueltas.

Para verificar que la herramienta se ha soltado, debe levantarse la T.P. una pequeña longitud (para cuidar que el agujón no se salga de la válvula de charnela o los sellos molly --

glass o de copas invertidas de el receptáculo púldo) y observar en el indicador la pérdida de peso del liner.

Tapón de desplazamiento.

Se utiliza para desplazar el cemento del interior de la tubería de perforación, con lo que se corre la tubería corta y se para al cemento del fluido de desplazamiento (figura 3.21).

Consta de dos copas de hule y vulcanizadas a un cuerpo fabricado en aluminio, y un candado en la parte de la nariz, el cual se acopla dentro del asiento del tapón limpiador, formando un tapón sólido para limpiar el interior del liner.

Existen dos tamaños exclusivamente, para tuberías 2-7/8" y 3-1/2" y para tuberías de 4-1/2" y 5".

Estos tapones no operan en tuberías combinadas.

Tapón limpiador tipo I.

Está constituido por una copa de hule vulcanizado al cuerpo del tapón, y un candado de acoplamiento para el cople de retención. Se ensambla a la parte baja de la herramienta soltadora por medio de pernos de corte que operan hidráulicamente y sirve para desplazar al cemento del interior del liner al espacio anular (figura 3.22). La temperatura máxima de operación es de - 120 °C (250 °F) estándar, aunque se pueden obtener tapones especiales para mayores temperaturas (VITON 200 °C/400 °F). El diámetro interior o peso de la tubería corta, nos determina el tamaño

o rango del tapón a utilizar.

En la operación cuando el tapón de desplazamiento se acopla y sella en el tapón limpiador, el incremento de presión corta los pernos y el ensamble completo se mueve hacia abajo, desplazando el cemento. El tapón limpiador se ensambla positivamente en el asiento del cople de retención, lo cual es una protección adicional para evitar el regreso del cemento.

Tapón limpiador tipo II.

Tiene las mismas características que el tipo I sólo que este se ensambla al cople porta tapón o unión giratoria con porta tapón, o según sea el caso (figura 3.23).

Canica de bronce.

Se utiliza en todas las operaciones de anclaje de un colgador hidráulico. Esta hecha de un material de bronce, el cual es fácilmente molible una vez terminada la operación. Existen dos tamaños de canicas exclusivamente; de 1-1/2" de diámetro para colgadores de 4-1/2" y 5", y de 1-3/4" de diámetro para 7", 7-5/8" y 9-5/8".

En su operación se lanza la canica en la superficie y -- cuando está llegá y se asienta en el cople de retención tipo II, el incremento en la presión romperá los pernos de corte del sistema hidráulico del colgador, permitiendo el anclaje de este un incremento adicional en la presión, romperá los pernos de corte

del asiento, depositandose este y la canica en el cople receptor.

Centradores.

Es conveniente que la tubería de revestimiento este centrada con respecto a las paredes del pozo, de modo que la lechada de cemento sea de un espesor uniforme en el espacio anular. Para obtener esto se utilizan los centradores, estos accesorios consisten de una serie de muelles o flejes metálicos, que se apoyan contra la pared del pozo y van unidos al cuerpo del tubo, -- actuando como patines y facilitando el descenso de la T.R., en el pozo: (figura 3.24).

Los muelles con que se fabrican estas piezas, son de acero de una aleación que recibe un tratamiento térmico que mejora sus características físicas. La forma helicoidal que tienen los muelles se logra el doble proposito de :

- a) Al estar en contacto con las paredes del pozo alejar la T.R. para uniformizar la lechada de cemento a su alrededor.
- b) Provocar un flujo en espiral en la corriente de la lechada de cemento con lo que se logra un llenado completo en el espacio anular evitando así la posibilidad de canalizaciones.

Existen diferentes diseños de centradores que se clasifican en dos grupos:

Rectos.- Se denominan así porque sus flejes siguen una dirección paralela al eje de la tubería, dentro de éste tipo existen dos clases, atendiendo a la forma de los anillos que limitan su movimiento: De bisagra y solidos.

Los primeros permiten su colocación en los puntos deseados en el momento que se introducen los tramos de tubería correspondiente. 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 de agujero, ejecutan una rotación provocada por el espiral, salvando de esta forma el obstáculo. Regularmente van en el extremo inferior de la tubería de revestimiento, controlandose la flexión de los muelles, por medio de pequeños candados en forma de herradura, que soldados a la tubería de revestimiento forman un tope.

Raspadores.

Están diseñados con la finalidad de eliminar el enjarrede lodo de la pared del pozo, cuando este es grueso y compacto. La doble hilera de escobillas fabricadas de acero de alto carbón, templados en aceite, tienen la forma y flexibilidad necesaria para lograr una perfecta adherencia del cemento. (figura 3.25).

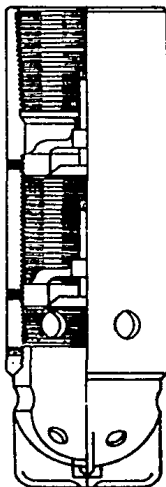


Figura 3.1 Zapata flotadora tipo V.



Figura 3.2 Cople flotador.

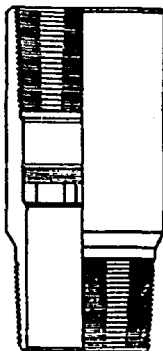


Figura 3.3 Cople receptor.

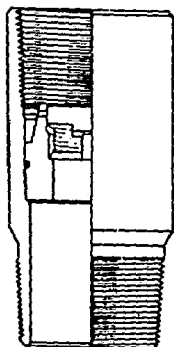


Figura 3.4 Cople de retención tipo I.

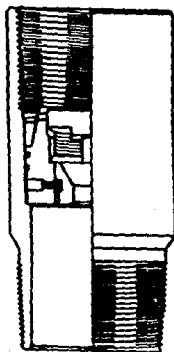


Figura 3.5 Cople de retención tipo II.

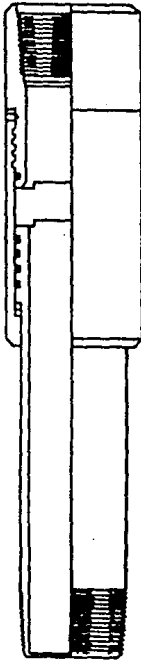


Figura 3.6 Unión giratoria tipo C.

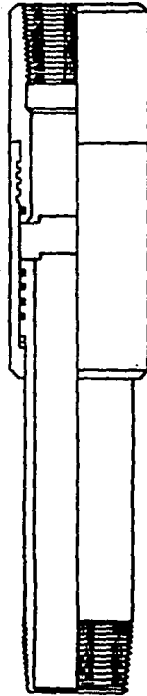


Figura 3.7 Unión giratoria tipo C-J con porta tapón.

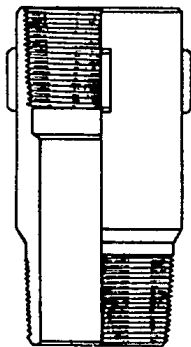


Figura 3.8 Cople porta tapón.

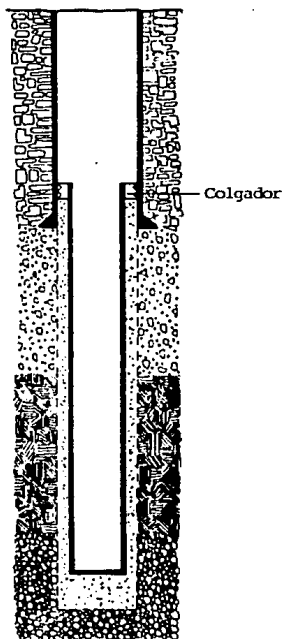


Figura 3.9 Colgador para tubería de revestimiento corta.

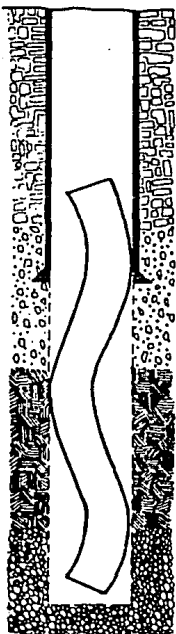


Figura 3.10 Tubería corta deformada debido a su propio peso, al ser asentada en el fondo del pozo sin utilizar colgador.

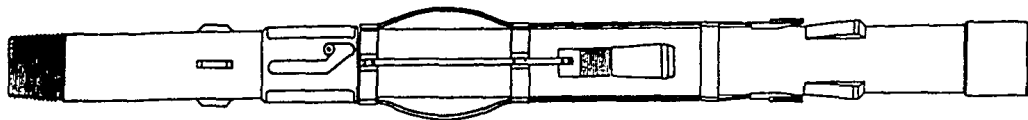


Figura 3.11 Colgador mecánico MC.

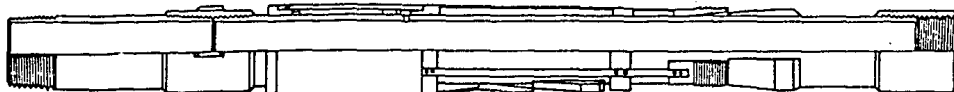


Figura 3.12 Colgador hidráulico MC.

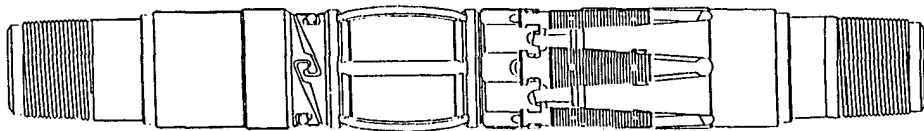


Figura 3.11B Colgador mecánico Flex Lock.

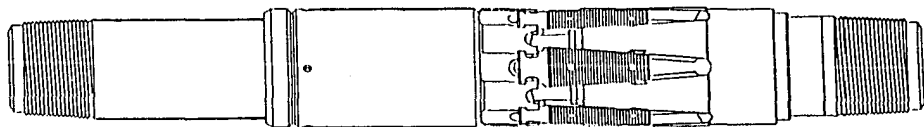


Figura 3.12B Colgador hidráulico Flex Lock.

Figura 3.13 Concepto de plano inclinado.

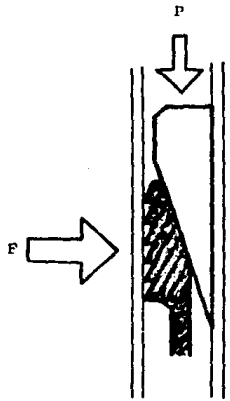


Figura 3.14 Fuerzas que actuan en el cono.

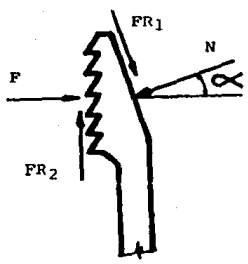
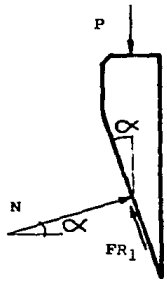


Figura 3.15 Fuerzas que actuan en la cuña.

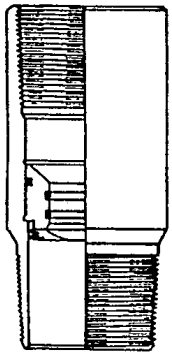


Figura 3.16 Válvula de chameia.



Figura 3.17 Receptáculo pulido (PBR).

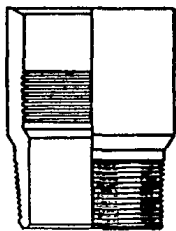


Figura 3.18 Cople soldador
tipo C.

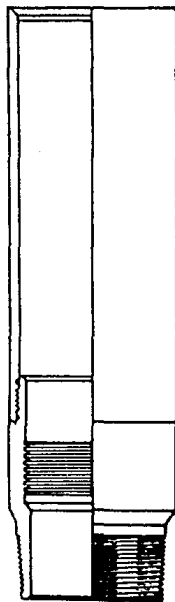


Figura 3.19 Cople soldador con extensión
tipo C2.

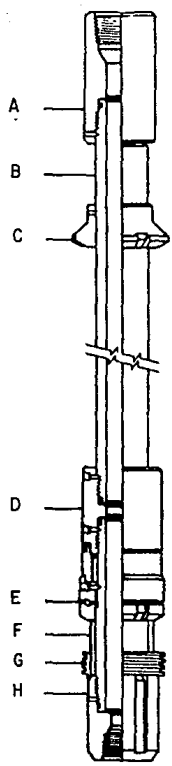


Figura 3.20 Herramienta soldadora tipo C.

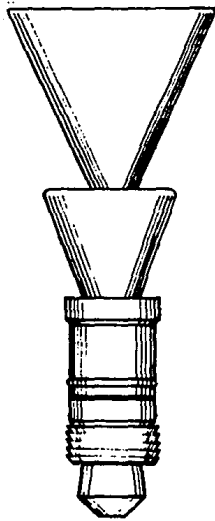


Figura 3.21 Tapón de desplazamiento.

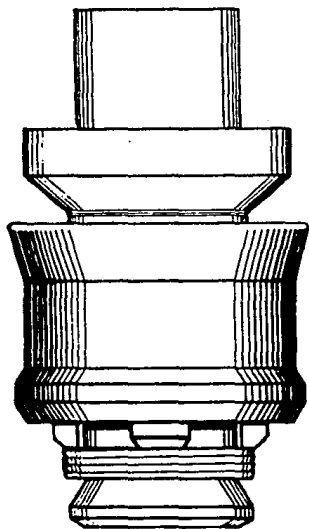


Figura 3.22 Tapón limpiador tipo I.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

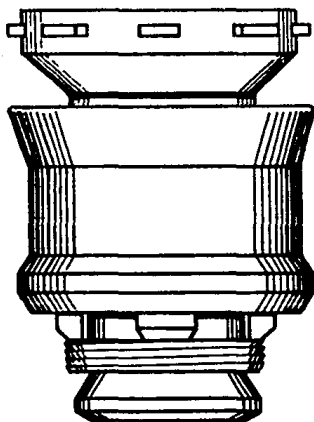


Figura 3.23 Tapón limpiador tipo II.

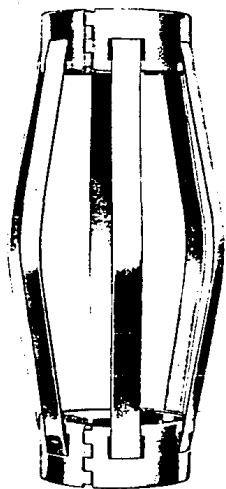


Figura 3.24 Centrador.

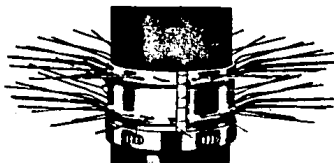


Figura 3.25 Raspador.

CAPITULO IVSECUENCIA OPERATIVA PARA INTRODUCIR Y CEMENTAR UNA TUBERIA DE REVESTIMIENTO CORTA.

4.1. En agujero descubierto.

- a) Conectar la zapata flotadora al primer tramo de T.R.- aplicando pegamento especial para acero, el cople flotador un tramo arriba de la zapata; si el programa - consta de colgador mecánico se instala enseguida un - cople de retención tipo I, pero si el colgador programa es hidráulico se instala un cople receptor un -- tramo de T.R. arriba del cople flotador y dos tramos-- más arriba se coloca un cople de retención tipo II.
- b) Verificar el funcionamiento del equipo de flotación.
- c) Introducir tubería de revestimiento llenandola cada - cinco tramos y verificando la velocidad de introducción.
- d) De acuerdo a programa; instalar conjunto colgador con sistente en :
Unión giratoria (con colgador hidráulico no es necesario).
Cople portatapón.
Colgador mecánico o hidráulico.
Válvula de charnela.
Camisa soltadora con o sin extensión de acuerdo a programa

- 4.3
- grama, con soldador conectado.
- e) Anotar el peso de la tubería de revestimiento corta, -
llena con lodo.
 - f) Seguir introduciendo la tubería de revestimiento cor-
ta ahora con tubería de perforación é ir llenandola -
con lodo cada tres lingadas, hasta llegar a la profun-
didad programada.
 - g) Instalar la cabeza de cementación.
 - h) Acondicionar el lodo de perforación.
 - i) Anotar el peso de la tubería de revestimiento corta -
más la tubería de perforación llenas con lodo.

4.2 Colgando la tubería de revestimiento corta.

Colgador mecánico:

- a) Levantar aproximadamente un metro.
- b) Girar la sarta a la izquierda una vuelta por cada mil
metros (un cuarto de vuelta efectiva).
- c) Bajar lentamente y anclar las cuñas.
- d) Recargar peso igual al de la tubería de revestimiento
corta.

Colgador hidráulico.

- a) Soltar la canica de bronce.
- b) Represionar la sarta de 84-100 (kg/cm²).
- c) Romper los pernos de corte y anclar las cuñas.

- d) Recargar peso igual al de la tubería de revestimiento corta.
- e) Incrementar la presión para romper los pernos del -- asiento de la canica de 140-175 (kg/cm²).
Una vez anclado el colgador, establecer circulación - sin desconectar la herramienta soltadora.

4.3. Desconectando la tubería de revestimiento corta.

- a) Se desconectara el peso de la tubería de revestimiento, dejando en el indicador de peso solo el de la tubería de perforación.
- b) Girar la sarta a la derecha para desenroscar la tuerca flotadora (con rosca izquierda) de cuatro a cinco vueltas, observando que no tome torsión hasta aplicar de 10 a 15 vueltas efectivas en la herramienta.
- c) Levantar la sarta lentamente y observar en el indicador de peso solo el de la tubería de perforación.

4.4. Aplicando peso sobre la tubería de revestimiento corta.

Con el fin de prevenir que las copas, sellos o aquijón - sean expulsados de su alojamiento durante el bombeo del - cemento (por efecto de piston), debe calcularse:

- a) El efecto de piston en toneladas y sumarle nueve tone

- ladas para colocar este peso sobre el colgador.
- b) Vigilar que el peso aplicado permanezca durante la --
etapa de cementación.

4.5 Cementación de la tubería de revestimiento corta.

El sistema de sello entre la herramienta soldadora y la-
tubería de revestimiento se obtiene por :

- a) Copas invertidas.
- b) Sellos mollyglass/PBR.
- c) Aguijon/válvula de charnela.

Características del sistema de sello.

Copas invertidas:

- a) Abertura completa.
- b) Evita el transito de fluidos hacia arriba.
- c) Temperatura máxima de operación 180 °F (80 °C),
- d) En dado caso proporciona circulación a la profundidad
de la herramienta.
- e) No requiere superficies pulidas para sellar.

Sellos mollyglass/PBR.

- a) Abertura completa.
- b) Sostiene presión en ambas direcciones.

- 25
- c) Temperatura máxima de operación 450 °F (200 °C).
 - d) Soporta grandes cargas de peso y presencia de H₂S.

Agujon/válvula de charnela:

- a) No es abertura completa y se requiere molerlo posteriormente.
- b) Sostiene presión en ambas direcciones.
- c) Temperatura máxima de operación 450 °F (200 °C)
- d) Aplicación para servicio pesado.
- e) El agujon puede emplearse repetidas veces.
- f) Su utilización es mas economica que el PBR.

Secuencia de cementación.

- a) Circular para limpiar el agujero.
- b) Probar líneas y conexiones superficiales de conducción del cemento.
- c) Bombear baches lavador y espaciador.
- d) Bombear cemento.
- e) Soltar tapón de desplazamiento.
- f) Bombear fluido y tapón de desplazamiento a través de la tubería de perforación al tapón limpiador de tubería de revestimiento.

- g) Romper pernos de corte del tapón limpiador.
- h) Desplazar tapón al cople de retención.
- i) De alcanzar presión, dejar con 70 kg/cm² para observar.

Al sacar la herramienta soltadora.

Una vez terminada la operación, levantar la herramienta soltadora unos cien metros arriba de la posible cima de cemento, si se observa la tubería de perforación tapada, circular directo para destaparla y sacar a la superficie.

Después de haber circulado el exceso de cemento, sacar la herramienta sin dar rotación para evitar una posible desconexión.

Recomendación.

Una vez circulado el exceso de cemento a la superficie, por ningún motivo deberá bajarse la herramienta de la posición original, ya que se corre el riesgo de que se atrape con el cemento que previamente se dejó arriba de la boca de la tubería.

CAPITULO V.

EJEMPLO DE APLICACION.

Pozo palotada 1.

En la zona sur, dentro del distrito de Agua Dulce, Ver. se encuentra el pozo Palotada 1, del cual se tomaron los siguientes datos:

Profundidad total = 5425.0 m.

Diámetro del agujero = 12 pg.

Ultima T.R. de 13 3/8 pg. TAC-140 de 77 lb/pgl. con diámetro interior = 12.275 pg. cementada a 2648.35 m.

Densidad del lodo = 1.60 gr/cc.

(Figura 5.1)

Dentro del programa se tiene, introducir y cementar una tubería de revestimiento corta de 9 5/8 pg. con una longitud total de 2976.48 m. que va de 5425.0 a 2448.62 m. de profundidad con la siguiente distribución (Figura 5.2):

GRADO	PESO (lb/pg2)	ROSCA	DE (m)	A (m)	LONGITUD (m)
TAC 140	53.5	B.C.N.	4285.95	5425.00	1139.05
TAC-140	47.0	B.C.N.	3639.30	4285.95	646.65
TAC-110	47.0	B.C.N.	2457.84	3639.30	1181.46
TAC-110	47.0	Varias	2448.62	2457.84	9.22

Los accesorios de la T.R. corta constan de:

- 1.- Zapata Flotadora.
- 2.- Cople Flotador.
- 3.- Cople Receptor.
- 4.- Cople de Retención Tipo II.
- 5.- Cople Portatapón.
- 6.- Unión Giratoria.
- 7.- Colgador Hidráulico.
- 8.- Válvula de Charnela.
- 9.- Cople Soltador con Extensión.
- 10.- Combinaciones.

Diseño del colgador del pozo Palotada 1.

La determinación del colgador necesario para suspender la tubería de revestimiento corta ya mencionada anteriormente esta en función de:

- a) Diámetro, grado y peso de que esta fabricado el colgador, -- con objeto de poder calcular su resistencia al copapso, por el peso del liner que se va a colgar.
- b) La presión interna de la T.R. donde se va a anclar el colgador, para determinar el número de conos necesarios para evitar el desgaste de la T.R. por el peso del liner que va a soportar.

Procedimiento del calculo:

$$\text{Peso total del liner} = [(53.5)(1139.05) + (47)(646.65 + 1151.46 + 9.22)] \times 3.28 = 453\ 123.30 \text{ lb.}$$

Resistencia al colapso del cuerpo del colgador = 7750.0 lb/pg².

Considerando un colgador de 6 conos.

Factor de capacidad al colapso = 91.72

(factor tomado de la tabla de la pagina)

Carga máxima al colapso del colgador (Cc.)

$$Cc = 7750.0 \times 91.72 = 710\ 859.0 \text{ lb.}$$

Resistencia a la presión interna de la T.R. = 10 550.0 lb/pg².

Factor de capacidad a la presión interna = 49.23

(factor tomado de la tabla de la pagina)

Carga máxima a la presión interna de la T.R. (Cpi.)

$$Cpi = (10\ 550) \times (49.23) = 520\ 853.4 \text{ lb.}$$

Para un colgador de 9 conos:

$$Cc = (7\ 750) \times (91.72) \times (1.5) = 1\ 066\ 245.0 \text{ lb.}$$

$$Cpi = (10\ 550) \times (49.23) \times (1.5) = 781\ 280.1 \text{ lb.}$$

Para colgador de 3 conos:

$$Cc = (7\ 750) \times (91.72) / 2 = 355\ 415.0 \text{ lb.}$$

$$Cpi = (10\ 550) \times (49.23) / 2 = 260\ 426.0 \text{ lb.}$$

Resultados:

Comparando. el menor valor de Cc. y Cpi. de los 3 colgadores con el peso de la T.R. corta, se tiene:

9 conos: 781 280.1 lb. > 453 123.3 lb.

6 conos: 520 853.4 lb. > 453 123.3 lb.

3 conos: 260 426.7 lb. < 453 123.3 lb.

Para estos 3 casos, los colgadores recomendables son los de 9 y 6 conos. que nos resisten al esfuerzo del colapso.

sin desgastar la tubería de revestimiento, lo cual no sucede --
para el colgador de 3 conos.

Calculo del volumen de lechada de cemento.

Despues de la introduccion de la T.R. corra, esta quedo
a la profundidad de 2425.0 m. y la boca a 2448.62 m. y para los
calculos se procedio de la siguiente forma:

Capacidad entre T.R. de 9 5/8" y agujero de 12" = 26.024 lit/m

Vol. de lechada en el espacio anular (entre T.R. y agujero) =
= (2425 - 2448.62) x 26.024 = 72 239.54 lit.

Capacidad entre T.R.'s de 13 3/8" y 9 5/8" = 29.407 lit/m.

Vol. de lechada entre T.R.'s (trasiape) =
= (2648.36 - 2448.62) x 29.407 = 5 873.46 lit.

Vol. total de lechada = 72 239.54 + 5 873.46 = 78 133 lit.

A este volumen se le adiciono un 10% de exceso el cual sera:

Vol. de exceso = 78 133 x 0.1 = 7 813.3 lit.

Vol. total de lechada = 78 133 + 7 813.3 = 85 946.3 lit.

También, dentro de el programa de cementacion se decli-
dió meter 10 ton. de cemento de baja densidad (1.62 gr/cc), con
la finalidad de aligerar la columna hidrostática y de que quede
alojado en la parte superior del espacio anular (de la boca del
liner de 9 5/8" hasta unos 260 o 250 m. abajo de la Zapata de
13 3/8"), y la parte restante meter cemento normal al 35% de a-
rena silica (1.83 gr/cc), para esto se realizaron los siguient-
tes calculos:

10 ton. de cemento de baja densidad (1.53 gr/cm^3), con un --
rendimiento = 56 lt./saco.

Numero de sacos de cemento igual a:

1 saco ----- 50 kg.

Num. sacos ----- 10 000 kg.

Num. sacos = $10\ 000 / 50 = 200$ sacos.

Vol. de lechada de baja densidad = $200 \times 56 = 11\ 600$ lt.

La longitud que cubrira los 11 600 lt. de lechada de baja -
densidad, de la boca del liner hacia abajo, sera:

vol. de lechada en el traslape = 5873.46 lt.

vol. de lechada restante = $11\ 600 - 5873.46 = 5726.54$ lt.

Este volumen cubrira una longitud en el espacio anular de:

Longitud = $5726.54 / 26.024 = 220.05$ m.

Esto quiere decir que, la lechada de cemento de baja --
densidad quedará cubriendo desde la boca del liner, hasta --
220.05 m. abajo de la zapata de la T.R. de 13 3/8 pg.

La longitud en el espacio anular restante, sera llena-
do con lechada de cemento normal y el exceso de lechada, sera -
también de las mismas características.

El vol. de lechada normal será:

Vol. de lechada normal = $85\ 946.3 - 11\ 600 = 74\ 346.3$ lt.

rendimiento = 38 lt./saco. (saco de 50 kg.).

El cemento necesario para obtener el volumen de lechada nor-
mal requerida será:

cemento = $74\ 346.26 / 38 = 1\ 956.5$ sacos. (de 50 kg.).

Bien, ahora para conocer el volumen de lodo necesario para desplazar la lechada de cemento, y que esta quede alojado en el espacio anular como se programo, se hacen los siguientes calculos:

$$\text{Capacidad de la T.R. de } 13 \frac{3}{8}'' = 76.35 \text{ lt/m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. dentro de la T.R. de } 13 \frac{3}{8}'' &= 76.35 \times 2448.62 = \\ &= 186\ 952.1 \text{ lt.} \end{aligned}$$

$$\text{Capacidad de la T.R. de } 9 \frac{5}{8}'' = 36.82 \text{ lt/m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. dentro de la T.R. de } 9 \frac{5}{8}'' &= 36.82 \times 2976.38 = \\ &= 109\ 590.3 \text{ lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. total} &= 186\ 952.1 + 109\ 590.3 = 296\ 542.4 \text{ lt.} \\ &= 296\ 542.4 / 169 = 1865.1 \text{ bl.} \end{aligned}$$

Este volumen de 1865.1 bl. mas, un excedente que dependerá de las conexiones superficiales, sera el lodo necesario para desplazar la lechada de cemento al espacio anular y para después esperar su fraguado (Figura 5.3).

Figura 5.1 Pozo Palotada 1, antes de la introducción de la -
T.R. corta de 9 5/8 pg.

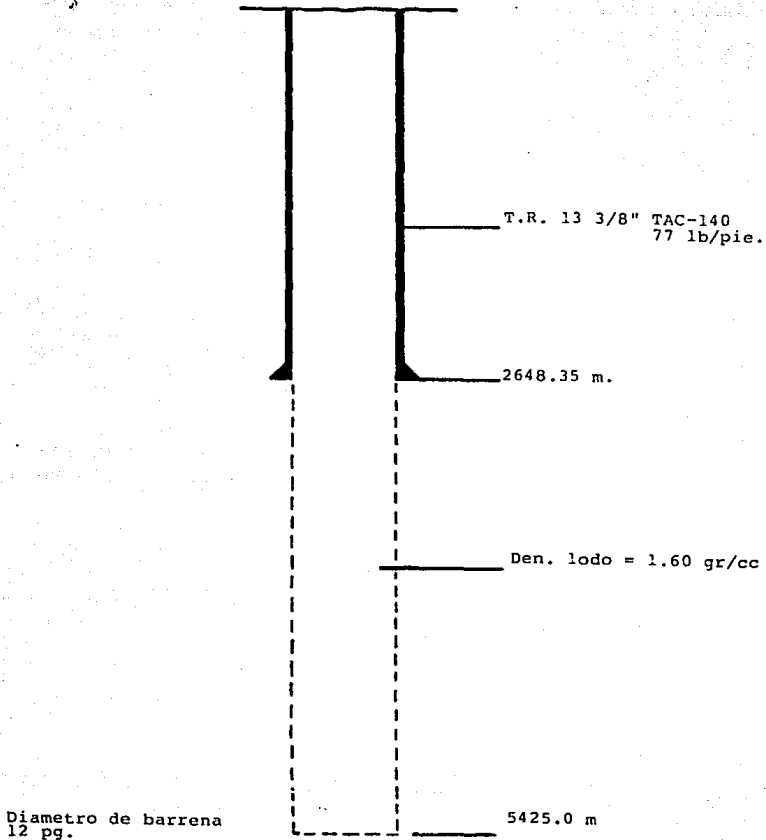
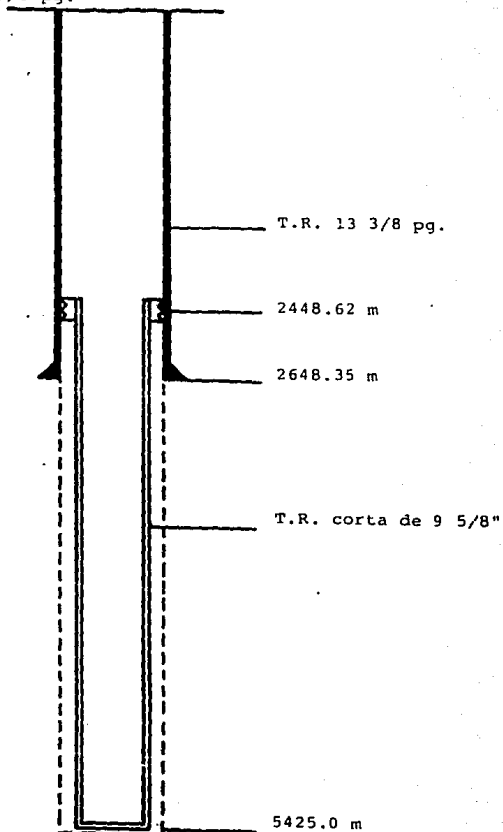


Figura 5.2. Pozo Palotada 1 ya introducida la T.R. corta de 9 5/8 pg.



Diametro de barrena
12 pg.

NOMENCLATURA

API.	: American Petroleum Institut
Cc.	: Capacidad al colapso del cuerpo del colgador
Cpi.	: Capacidad a la presión interna de la tubería de revestimiento.
D.E.	: Diametro exterior
F.	: Fuerza.
Fc.	: Factor de seguridad al colapso para arriba de la cima - de cemento.
Fe.	: Factor de seguridad al colapso para abajo de la cima de cemento
Fi.	: Factor de seguridad a la presión interna
Fo	: Factor de seguridad al colapso
FRl.	: Fuerza de reacción (fricción)
Ft.	: Factor de seguridad a la tensión
Fx.	: Fuerzas en el eje x
Fy,	: Fuerza en el eje Y
L.	: Longitud de la cuña
N.	: Fuerza normal al plano
P.	: Peso
T.P.	: Tubería de perforación
T.R.	: Tubería de revestimiento
T.R.'S.	: Tuberías de revestimiento
Uc.	: Unidades de consistencia

α : Angulo de inclinación del cono

μ : Factor de rozamiento

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Modern Completion Practices, Volume 1.
Halliburton Energy Institute.
Halliburton Company 1986.
- 2.- Miguel Angel Benitez Hernandez, "Diseño de Tuberías de Revestimiento y Cementación".
Instituto Mexicano del Petroleo 1983.
- 3.- Curso de Actualización Sobre Diseño de Lechadas de Cemento,
Gerencia de Desarrollo de Campos.
Petroleos Mexicanos 1989.
- 4.- Product Service Catalog.
Bakerline Hanger System BL-582
Bakerline (a division of Baker Oil Tools, Inc)
1983-1984.
- 5.- Colgadores de Tubería Corta Flex Lock.
Brown Liner Hanger.
Baker Service Tools, 1989.
- 6.- Manual de Precisión Mecánica S.A. de C.V.
PREMESA 1987.

7.- Francisco Garaicochea Petrarena y Miguel Ángel Benítez Hernández.

"Apuntes de Terminación de Pozos"

Facultad de Ingeniería UNAM,

1983.

8.- Procedimiento de Operación de Ingeniería Petrolera .

Gerencia de Desarrollo de Campos .

Petroleos Mexicanos 1988.