



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

TIPOS DE CEMENTACIONES Y SU
APLICACION EN EL CAMPO.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO PETROLERO

P r e s e n t a :

FERNANDO CASTILLO MARQUEZ

México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 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.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.- GENERALIDADES ACERCA DE LA CEMENTACION.	3
1.1 Generalidades.	4
1.2 Tuberías de revestimiento o ademe.	4
1.3 Tuberías intermedias.	8
1.4 Tuberías de explotación.	8
1.5 Revisión de la tubería de revestimiento.	9
1.6 Accesorios.	9
1.6.1 Centradores.	10
1.6.2 Raspadores.	12
1.7 Factores para mejorar el desplazamiento del lodo durante la cementación primaria.	13
1.8 Recomendaciones para la planeación de la cementación primaria.	15
1.9 Principales factores que contribuyen al fracaso de una cementación.	15
1.10 Algunas recomendaciones para cementaciones primarias.	18
1.11 Definición de tubería corta (liner).	21
CAPITULO II.- PROPIEDADES, CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO.	24
2.1 ¿ Qué es el cemento ?	24
2.2 Fabricación y composición de los cementos.	24

2.2.1	Fabricación del cemento.	24
2.2.1	Composición del cemento.	25
2.3	Composición química del cemento.	28
2.3.1	Principales componentes químicos del cemento.	28
2.3.2	Clasificación A.P.I. de las características químicas del cemento.	31
2.4	Clasificación de los cementos A.P.I. y sus equivalentes ASTM-C usados en pozos petroleros.	31
2.5	Tipos de materiales utilizados en cementaciones.	34
2.5.1	Agentes que incrementan el rendimiento de la lechada.	34
2.5.2	Agentes que incrementan el peso de la lechada de cemento.	37
2.5.3	Tipos de agentes para evitar regresión de la resistencia a la compresión por efectos de temperatura.	37
2.5.4	Productos retardadores de fraguado.	38
2.5.5	Agentes reductores de pérdida de agua.	38
2.5.6	Agentes aceleradores del fraguado del cemento.	39
2.5.7	Antiespumantes.	40
2.5.8	Agentes expandidores.	41
2.5.9	Retardamiento y aceleración.	42
2.5.10	Limpiadores.	43
2.5.11	Relación de aditivos químicos para cementaciones de la línea Dowell Schlumberger.	45

CAPITULO III.- TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION
DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.

3.1	Procedimiento generalmente utilizado para iniciar cementaciones en la Región Sur de Petróleos Mexicanos.	47
3.2	Cementación de tuberías de revestimiento.	48
3.2.1	Cálculos de la operación.	49
3.2.2	Desarrollo operativo.	55
3.3	Tipos de trabajos de cementación.	59
3.3.1	Cementación del tubo conductor.	59
3.3.2	Cementación de tubería superficial.	61
3.3.3	Cementación con tubería superficial con Stab-in.	65
3.3.3.1	Cálculos operativos.	65
3.3.3.2	Desarrollo de la operación.	66
3.3.4	Cementación de tuberías intermedias.	70
3.3.5	Cementación de tuberías de producción.	73
3.3.6	Cementación en dos etapas.	75
3.3.7	Cementación de tubería corta.	77
3.3.7.1	Cálculos para anclar y cementar una tubería corta.	77
3.3.7.2	Anclaje de una tubería corta (liner).	83
3.3.7.3	Desarrollo de la operación (cementación).	86
3.3.8	Cementación de complementos ó cementación de tubería complementaria (TIE-BACK).	90
3.3.9	Cementación de extensión de tuberías cortas (STUB).	93
3.3.9.1	Desarrollo operativo.	93

CAPITULO IV.- HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA		
	CEMENTACION.	96
4.1	Zapata guia:	96
4.2	Zapata flotadora tipo "V".	97
4.3	Cople diferencial.	98
4.4	Cople receptor.	99
4.5	Cople de retención tipos I y II.	100
4.6	Receptáculo pulido.	102
4.7	Centradores.	103
4.8	Raspadores.	105
4.9	Otras herramientas.	107
4.9.1	Unión giratoria tipo "C".	107
4.9.2	Unión giratoria tipo "C-1".	109
4.9.3	Cople portatapón.	110
4.9.4	Colgador mecánico "CMC".	111
4.9.5	Herramienta soldadora tipo "C" (básica).	112
4.9.6	Herramienta soldadora tipo "C-2" (básica).	115
4.9.7	Herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2" (con conversión de sellos mollyglass).	116
4.9.8	Herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2" (con conversión a sellos de copas).	119
4.9.9	Herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2" (con conversión a agujón).	121
CAPITULO V.- EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION.		123
5.1	Cementación de tubería de revestimiento de 20 pg con herramienta Stab-in.	123

5.1.1	Condiciones del pozo.	123
5.1.2	Estado mecánico.	124
5.2	Recomendaciones previas a la cementación de tuberías de revestimiento.	125
5.3	Desarrollo de la operación.	133
5.4	Reporte correspondiente.	135
CONCLUSIONES.		140
REFERENCIAS.		141

|| INTRODUCCION ||

El motivo para elaborar la presente tesis es el de transmitir la experiencia obtenida en el quehacer profesional dentro de la Industria Petrolera, con la finalidad de que los futuros Ingenieros Petroleros puedan utilizar este trabajo para conocer las formas en que se llevan a cabo actualmente las diferentes operaciones de cementación de tuberías de revestimiento.

Los objetivos principales de esta cementación son:

- Soportar la tubería.
- El efectuar un verdadero sello entre las capas que conforman el subsuelo y la tubería de revestimiento.

El presente trabajo está enfocado a analizar cada uno de los tipos de cementación de tuberías de revestimiento y las principales partes son las siguientes:

- Propiedades, características y selección del cemento.
- Técnicas recomendadas para la cementación de tuberías de revestimiento.
- Herramientas especiales utilizadas en la cementación.
- Ejemplo práctico de aplicación.

Dentro de las operaciones de perforación de pozos petroleros se tiene contemplada la cementación de tuberías de revestimiento, la cual consiste básicamente en la colocación de lechadas de cemento en el espacio anular comprendido entre la formación y la tubería de revestimiento.

El principal problema encontrado, para efectuar buenos trabajos de cementación, es la limpieza efectiva del espacio anular donde se va a confinar el cemento para que solidifique. El efectuar esta operación ha motivado la investigación y búsqueda de mejores adherencias del cemento, tanto del lado de la formación como de la tubería de revestimiento.

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

1.1 GENERALIDADES.

La fase más importante en la cementación de tuberías de revestimiento de pozos petroleros es la de programar en forma apropiada las diferentes operaciones que puedan presentarse, dependiendo del tipo de trabajo de cementación a tratar, dentro de éstos se mencionan los siguientes trabajos:

- Cementación del tubo conductor.
- Cementación de tubería superficial.
- Cementación de tubería superficial con stab-in.
- Cementación de tuberías intermedias.
- Cementación de tuberías cortas (liner).
- Cementación de complementos.
- Cementación de extensión de tuberías cortas (stab).

Es importante tomar en cuenta el diseño de materiales de la lechada de cemento a utilizar ya que, de éste dependerá el éxito para cumplir con los programas de cementación de un pozo petrolero.

Para el diseño de esta lechada deberá considerarse principalmente :

La densidad de la lechada, considerando no perder el control del pozo (evitando pérdidas), seleccionando siempre la densidad más adecuada para cada cementación de las diferentes tuberías de revestimiento, tomando en cuenta para este cálculo el

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

gradiente de fractura y experiencias de pozos vecinos. Además de que la bombeabilidad de la lechada de cemento deberá estar de acuerdo con el tiempo estimado para preparar y bombear la lechada, tiempo de desplazamiento y un tiempo adicional de una hora a una hora treinta minutos para imprevistos.

Tomando en cuenta que uno de los aspectos más importantes dentro de las operaciones que se realizan para que un pozo sea perforado, es el de la protección de las paredes del agujero para evitar derrumbes y la entrada de fluidos indeseables. Esta protección se realiza utilizando tuberías de ademe o revestimiento, las cuales, se introducen en el pozo en forma telescopiada. Esto significa que los diámetros de las tuberías utilizadas van del mayor al menor diámetro.

1.2 TUBERIAS DE REVESTIMIENTO O ADEME.

1.2.1 Programación de las tuberías de revestimiento de un pozo petrolero.

Para una buena programación de tuberías de revestimiento es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

a) Profundidad del agujero

b) Tipo de fluido de control, el cuál está en función de las características físicas del yacimiento así como, de las presiones que se pretenden obtener.

c) Características de la columna estratigráfica.

En el caso de pozo exploratorio se requieren varias tuberías de ademe o revestimiento, de acuerdo a las características del problema que se pueda presentar en una zona que aún es desconocida.

En cambio, para cuando se trata de pozos de desarrollo que normalmente se llevan a cabo en la zona sureste de México se desarrolla un programa ya preestablecido por Petroleos Mexicanos.
Ejemplo:

a) 20 pg., 13 3/8 pg., 9 5/8 pg., 7 pg., 4 1/2 pg .

Ver figura 1.1

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

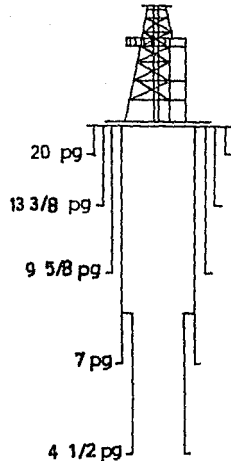


Figura I.1

b) 16 pg., 10 3/4 pg., 7 5/8 pg., 5 pg. : Ver figura I.2

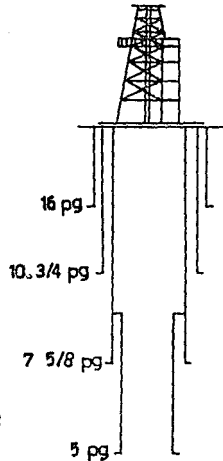


Figura I.2

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

c) 13 3/8 pg., 9 5/8 pg., 7 pg., 6 5/8 pg. . Ver figura I.3

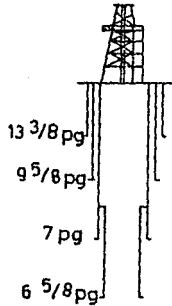


Figura I.3

La finalidad de las tuberías de ademe o revestimiento es la instalación de conexiones superficiales de control así como, la protección del agujero descubierto con el objetivo de aislar los flujos de agua y la pérdida de fluidos en algunas zonas.

El diámetro de la tubería de revestimiento superficial por seleccionar depende principalmente de la profundidad programada del pozo, procurando cementar para pozos profundos tuberías superficiales de ademe con el mayor diámetro permisible para cumplir exitosamente con el total de la profundidad programada.

En pozos exploratorios se utiliza actualmente tuberías superficiales de 20 pg y son cementadas a una profundidad promedio de 1000 m.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

Las tuberías de ademe se clasifican de acuerdo al grado (consultar las tablas "Halliburton cementing tables"), esto se refiere a la calidad de acero con que se fabrican y las cuales tienen diferentes comportamientos a la tensión y al colapso.

1.3 TUBERIAS INTERMEDIAS.

Estas tuberías intermedias deben ser cementadas con el propósito de aislar zonas que contengan hidrocarburos con presiones anormales, flujos de agua, derrumbes y pérdidas de circulación, sirve para proteger al agujero descubierto para evitar incrementar la densidad de los fluidos de perforación y controlar las zonas de presiones altas y así poder llegar a la profundidad total del objetivo del programa.

1.4 TUBERIAS DE EXPLOTACION.

Las tuberías de explotación tienen como principal finalidad aislar el yacimiento de los fluidos indeseables en la formación productiva y de otras zonas penetradas por el agujero, proteger la tubería de producción y otros tipos de accesorios usados en la terminación del pozo petrolero.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

1.5 REVISION DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO.

Las tuberías de revestimiento, ya sean usadas reacondicionada o nueva, tienen que manejarse con protectores de rosca y cople; la revisión más simple es inspeccionar visualmente los tramos que se van a utilizar.

1.5.1 Compuestos ó Grasas selladoras para tuberías de revestimiento.

Los compuestos y grasas selladoras para tuberías de ademe son de gran importancia y efectividad como selladores de presión. Una vez aplicado el material se extiende en las dos primeras partes del piñon y la unión requiriendose apretarse de acuerdo con las características del tubo y de la rosca. Cuando la grasa se endurece, se encontrará que el par aplicado para desconectarla es cerca de cuatro veces la cifra del apriete para conectar.

1.6 ACCESORIOS.

Los principales accesorios para tuberías de ademe son los siguientes:

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

1.6.1 Centradores.

Los centradores crean un área de flujo anular uniforme perpendicular a la dirección de las fuerzas de arrastre a través de esa área de flujo. Los centradores no proporcionan una concetricidad perfecta entre agujero y tubería, pero incrementan sustancialmente las condiciones de separación mientras que, una tubería sin centradores se apoyará contra la pared del agujero, por lo que los centradores deben ser usados donde sean aplicables ó necesarios.

Los centradores deben ser colocados a intervalos que requieren una efectiva cementación en tuberías adyacentes en zonas donde exista el peligro de atrapamiento y en agujeros con un considerable grado de desviación. Los centradores son mantenidos en su posición por el cople del tubo ó por collarines tope. Para su correcta ubicación se requiere consultar el registro de calibración del agujero, para que la distribución de los centradores corresponda a un diseño adecuado. Ver figura I.4

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

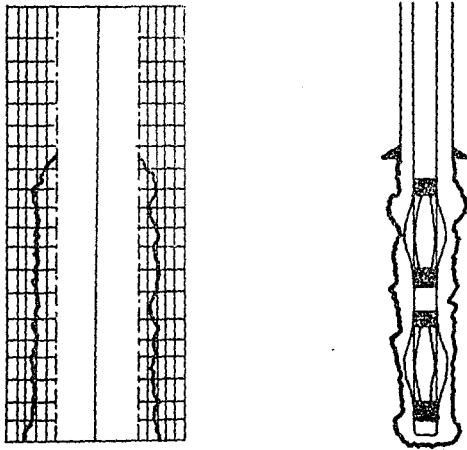


Figura I.4.- Distribución de centradores.

De acuerdo a la experiencia de campo de la zona sureste, la colocación de centradores en tuberías superficiales intermedias y de explotación, deberán colocarse dos centradores en los primeros tres tramos y alternarlos en cada tercer tramo, en la tubería de explotación, deben ser ubicados en las zonas productivas y estando 30 mts. por encima y hacia abajo. Ver figura I.5

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

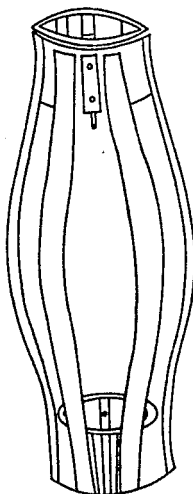


Figura I.5.- Centrador.

1.6.2 Raspadores.

Los raspadores se utilizan principalmente para eliminar el enjarre de lodo, y también nos ayuda a disminuir la gelatinosidad del enjarre. Los raspadores recíprocos o verticales, se colocarán 20 mts. arriba y por abajo de los objetivos de interés. Ver figura I.6

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

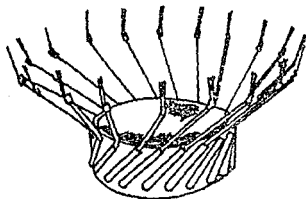


Figura 1.6.- Raspador.

1.7 FACTORES PARA MEJORAR EL DESPLAZAMIENTO DEL LODO
DURANTE LA CEMENTACION PRIMARIA.

Las funciones principales de la cementación primaria son:

-Controlar o nulificar el movimiento de fluidos: gas, aceite o agua de tal manera que no ocasionen problemas durante la perforación y terminación del pozo.

-Proporcionar soporte a las tuberías por medio de la adherencia de estas y el agujero.

Los factores a tomar en cuenta durante la cementación primaria son:

- a) Hacer uso de centradores.
- b) Acondicionar el fluido de control antes de la cementación del fluido.
- c) Movimiento de la tubería durante el acondicionamiento del lodo y la cementación.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

1.- El movimiento de rotación es más conveniente para eliminar el enjarre del lodo de una tubería no centrada.

2.- El movimiento recíproco o vertical ayuda a lograr turbulencia, no debe utilizarse en flujo tapón.

3.- El efecto combinado es más efectivo cuando se utiliza flujo turbulento.

4.- Controlar la velocidad de desplazamiento y reología de la lechada.

5.- Utilizar altas velocidades cuando pueda mantenerse el flujo turbulento en el intervalo de mayor diámetro del área anular, a través de la zona de interés.

6.- Con flujo turbulento mantener el tiempo necesario para la eliminación del lodo.

7.- Cuando no pueda desarrollarse o mantenerse la turbulencia, considerar velocidades inferiores para lograr el flujo tapón (Tuberías con diámetros grandes).

8.- Si no pueden lograrse éstos flujos, ajustar las propiedades del cemento.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

1.8 RECOMENDACIONES PARA LA PLANEACION DE LA CEMENTACION PRIMARIA.

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 importante desde el punto de vista de la seguridad como en la actualidad, al insistir sobre la protección ecológica y económica para que se aplique la mayor tecnología posible.

La composición del cemento debe ser seleccionada para que obtenga rápidamente la adecuada resistencia a la compresión para que a su vez, proporcione una adecuada resistencia final para prevenir la rotura u otras fallas en las tuberías superficiales e intermedias tales como: desprendimiento de la misma en los primeros tramos. Este desenrosque, ocurre debido a la rotación transmitida a la tubería mientras se rebaja el cemento, cople y la zapata.

1.9 PRINCIPALES FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL FRACASO DE UNA CEMENTACION.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

La falla del fraguado instantáneo, puede suceder principalmente por los siguientes factores :

- 1) Agua de mezcla contaminada.
- 2) Zapata y cople taponados.
- 3) Retardador insuficiente (aditivos inadecuados).
- 4) Estimación incorrecta de la temperatura.

Otro tipo de falla es que el tapón no se asiente sobre el cople:

- 1) Tapón de cementación dañado.
- 2) El tapón no salió de la cabeza de cementación.

En caso de que no se alcanza presión final:

- 1) Cálculo de volumen de desplazamiento incorrecto.
- 2) Tubería rota.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

Otra falla que puede suceder es que el mezclado de cemento sea incompleto:

- 1) Fallas mecánicas en el equipo de bombeo.
- 2) Agua ó presión de suministros insuficiente.

Canalización de gas por espacio anular, ésta falla puede suceder por los siguientes factores:

- 1) El cemento no cubrió los objetivos.
- 2) Deshidratación del cemento.

Canalización del cemento en el lodo:

- 1) Gasto de desplazamiento bajo.
- 2) Imposibilidad de mover la tubería.
- 3) Tubería recargada.
- 4) Ampliación del diámetro del agujero.
- 5) Propiedades reológicas del lodo inadecuadas.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

Fraguado prematuro:

- 1) Fallas mecánicas.
- 2) Aditivos no adecuados.
- 3) Interrupción en el bombeo.
- 4) Frente limpiador inapropiado.
- 5) Relación agua-cemento inapropiada.

1.10 ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA CEMENTACIONES PRIMARIAS.

1) Calcular la densidad máxima permisible para evitar fracturamiento de las formaciones (la cual debe ser mayor cuando menos 9.0 lb/gal. que la del lodo que se está usando en la perforación).

2) Determinar la temperatura de fondo del pozo a partir de los registros geofísicos .

3) Diseñar la lechada del cemento.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

4) En caso de cementar a través de formaciones salinas, use un 20-30% de NaCl.

5) Mezclar bien los materiales en la planta.

6) Para pasar el cemento a una tolva, asegurarse antes de que esté completamente vacía.

7) Aplicar aire a presión por la parte inferior de cada tolva durante 10 ó 15 minutos para tener una mejor descarga.

8) Es muy importante separar una muestra de cemento de aproximadamente 5 kg. de cada tolva o trompo identificándolo con marcador indeleble y conservándolo para un caso de falla de operación, mandar a analizar la muestra tomada.

9) Tiene que diseñarse el régimen de flujo de desplazamiento con un tiempo de contacto con la cima del yacimiento de por lo menos 10 minutos, en la medida de lo posible.

10) Inspeccionar los tapones limpiador y de desplazamiento antes de colocarlos, y verificar el orden de colocación de los tapones.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

11) Preparación de la lechada de cemento durante la operación de campo (verificar de acuerdo a lo establecido que la densidad sea la más uniforme).

12) Soltar tapón de desplazamiento sin abrir la cabeza de cementación.

13) Con el régimen de flujo programado desplazar la lechada.

14) Controlar la densidad de la lechada con balanza presurizada.

15) Registrar la densidad con dispositivo radioactivo y gráfica continua.

16) Graficar parámetros de la operación, esto implica tiempo, densidad, gasto de desplazamiento, presión en la cabeza del pozo y volumen bombeado de fluidos.

17) En caso de agregar aditivos líquidos al agua mezclada, conservar las muestras para pruebas en caso de fallas.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

18) En caso de que se presente el primer indicio de aire, suspender el mezclado de lechada de cemento y no mezclar el cemento residual.

19) Al finalizar la operación, liberar la presión superficial para evitar la contracción de la tubería al descargar la presión después de fraguado el cemento.

20) Después de haber terminado la cementación, se procede a anclar la tubería en sus cuñas siempre que, no sea el cabezal enrroscable pues, de ser así, el cabezal se debe esperar al fraguado del cemento antes de colocarlo.

1.11 DEFINICION DE TUBERIA CORTA (LINER).

La tubería corta es una sección de tubería de ademe o revestimiento que se coloca generalmente en agujeros abiertos con un traslape dentro de la última tubería cementada.

1.11.1 Principales razones para utilizar las tuberías cortas:

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

1) Control de pozos: Un liner nos permite aislar zonas de alta presión y continuar la perforación con fluidos de baja densidad.

2) El factor económico para utilizar la tubería corta:

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 completa a la superficie.

3) Instalación más rápida: Las tuberías cortas, pueden ser colocadas en el intervalo deseado mucho más rápido que las normales.

4) Corregir desgastes de la tubería de revestimiento: El desgaste de la T.R. la cual se puede corregir mediante una extensión o complemento de la tubería corta.

5) Evitar o disminuir volúmenes excedentes de cementos: Debido a que las tuberías cortas no son cementadas hasta la superficie, el volumen de cemento requerido será mucho menor en cada operación.

GENERALIDADES DE LA CEMENTACION

6) Permite utilizar empacadores y tuberías de producción de mayor diámetro:

Por no tener un diámetro restringido en la tubería de explotación, podemos utilizar empacadores y tuberías de producción con un área mayor de flujo.

CAPITULO I I

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO.

2.1 ¿ Qué es el cemento ?

Es una mezcla compleja de caliza, arcilla y sílice molidos y calcinados que son capaces de formar un cuerpo sólido cuando se encuentra en contacto con el agua, dándole tiempo para que adquiera consistencia. Esta mezcla de ingredientes al ser molida y calcinada en hornos horizontales con corriente de aire se convierte en clinker, el cual, contiene todos los componentes del cemento excepto el sulfato de calcio que después se agrega. Los compuestos que conforman el cemento son óxidos superiores porque son de oxidación lenta, esto significa que al airarse y enfriarse terminan su grado de oxidación.

2.2 FABRICACION Y COMPOSICION DE LOS CEMENTOS.

2.2.1 Fabricación del cemento.

Los cementos están compuestos principalmente de caliza y otros materiales con un alto contenido de carbonato de calcio y arcillas.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

Estos materiales son molidos finamente y se mezclan muy bien en las porciones adecuadas, ésta mezcla cruda es alimentada en la parte más elevada del horno rotatorio inclinado, aun uniforme gasto y viaja lentamente por gravedad a la parte más baja del mismo. El horno es calentado a temperaturas del orden de 1,430 °C a 1,540 °C y para alcanzar este calentamiento, se utiliza carbón de piedra, diesel ó gas.

Las temperaturas anteriormente mencionadas, originan reacciones químicas, que se presentan en los ingredientes de la mezcla creada del cemento, resultando un material llamado clinker.

El clinker, se deja enfriar a temperatura ambiente con una corriente de aire instalada en un área próxima al horno, una vez frío se muele en molinos de bolas, dándole el tamaño deseado de las partículas y agregándole una determinada cantidad de yeso (sulfato de calcio), así se obtiene el cemento conocido como "Cemento Portland".

2.2.2 Composición del Cemento.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

Los principales compuestos para la fabricación de un cemento son descritos a continuación así como, sus funciones:

a) SILICATO TRICALCICO (C3S).- Es el compuesto con más alta proporción en la gran mayoría de los cementos y es el principal material que origina la consistencia. Es el responsable de la resistencia a la comprensión temprana, (de 1 a 28 días); cementos de alta resistencia inmediata, tienen más alto porcentaje de este compuesto que los cementos portland ó cementos retardados.

b) SILICATO DICALCICO (C2S).- Es un compuesto de hidratación lenta y de poca concentración, gana esfuerzo gradualmente y esto ocurre durante un periodo prolongado de tiempo, después de los 28 días. Todos los cementos son manufacturados esencialmente de la misma forma y están compuestos de los mismos ingredientes, únicamente difieren en sus proporciones. El requerimiento de agua de cada clase ó tipo de cemento, varia con la fineza de sus granos, es decir, de su área superficial, cementos de alta resistencia temprana tienen un alta área superficial (grano fino), los cementos retardados tienen baja área superficial y los cementos portland tienen un área superficial, ligeramente mayor que los cementos retardados.

Los retardadores químicos usados en los cementos retardados, pueden ser adicionados al clinker durante la etapa

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

del segundo molino, para darle una distribución uniforme sobre el producto terminado.

c) ALUMINIO FERRITO TETRACALCICO (C4AF).- Es un compuesto con bajo valor de hidratación en el cemento; la adición de un exceso de óxido de fierro incrementará la cantidad de C4AF y decrece la cantidad de C3A en el cemento.

d) ALUMINATO TRICALCICO (C3A).- Este compuesto promueve la hidratación rápida además de controlar el fraguado inicial y el tiempo de espesamiento del cemento. También es responsable de la susceptibilidad de el cemento, a ser atacado por los sulfatos, por lo cual sirve de base para clasificarlos como de alta, mediana y baja resistencia en función del contenido de C3A. El cemento de baja resistencia al ataque químico de los sulfatos, debe tener un máximo del 15% del C3A. El cemento de mediana resistencia al ataque químico de los sulfatos, debe tener un máximo de 8% de C3A, y un cemento de alta resistencia al ataque químico de los sulfatos, debe contener un 3% del C3A.

e) CEMENTO PORTLAND.- Este cemento puede usarse en pozos petroleros de la superficie hasta 1830 m. de profundidad aproximadamente, con temperaturas de 16 °C a 77 °C, cuando no son requeridas propiedades especiales, la relación que se recomienda de cemento-agua de acuerdo al API, es de 46% por peso de cemento,

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

(esto significa que se requieren 0.460 lts. de agua por cada kilogramo de cemento).

El cemento portland es más económico que los cementos clasificados y deberá ser usado cuando no se requieren propiedades especiales siempre que lo permitan las condiciones del pozo. Ver figura II.1.

2.3 COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO.

2.3.1 Principales componentes quimicos del Cemento.

a) ALUMINATO TRICALCICO ($3CaO \cdot Al_2O_3$).- Sirve para controlar el fraguado inicial y tiempo de espesamiento de la lechada, y es el responsable de la susceptibilidad al ataque químico de los sulfatos sobre los cementos, clasificandose éstos con respecto a la resistencia al ataque químico en moderada y alta (8 y 3% de aluminato respectivamente).

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

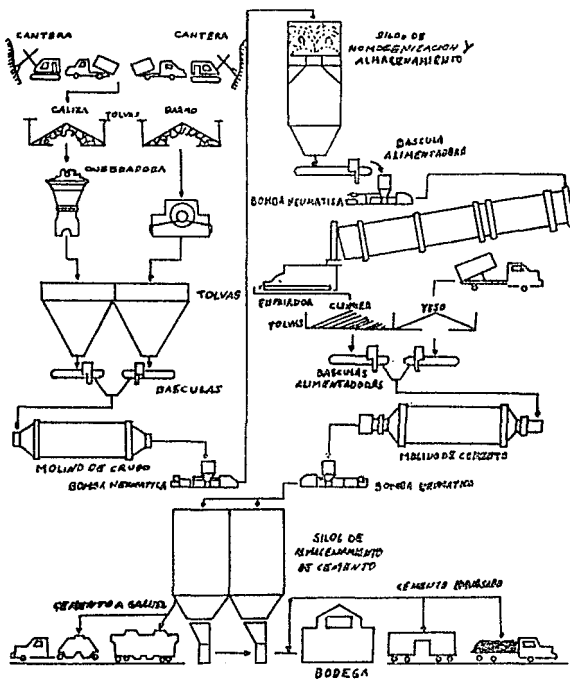


Figura II.1.- Diagrama del proceso de la elaboración del cemento.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

b) ALUMINIO FERRITO TETRACALCICO ($4CaO.AL_2O_3.Fe_2O_3$).- Es un compuesto de bajo grado de hidratación que no influye en el fraguado inicial.

c) SILICATO DICALCICO. ($2CaO.SiO_2$).- Es un compuesto de hidratación lenta que proporciona la ganancia gradual de resistencia, que ocurre en un periodo a tiempos largos.

d) SILICATO TRICALCICO ($3CaO.SiO_2$).- Es el componente con mayor proporción en la mayoría de los cementos y factor principal que produce la consistencia temprana ó inmediata de 1 a 28 días. Los cementos de alta consistencia inmediata, generalmente contienen $3CaO. SiO_2$ en mayor concentración que el cemento portland.

Por otro lado, en general todos los cementos son manufacturados esencialmente de la misma forma y están compuestos de los mismos ingredientes solamente en proporciones diferentes. El agua requerida por cada tipo de cemento varía con la fineza de sus granos ó cantidad de área superficial en contacto con el agua, los cementos de alta resistencia temprana tienen gran área superficial y éstos son los cementos con grano más fino.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

2.3.2 CLASIFICACION API DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL CEMENTO.

MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS	A	B	C	DEF	G	H
Oxido de magnesio (MgO) máximo %	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Trióxido de azufre (SO ₃) máximo %	3.5	3.0	3.5	2.5	2.5	2.5
Pérdida por ignición, máximo %	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residuo insoluble máximo %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico (3CaO. SiO ₂): máximo %	-	-	-	-	58.0	58.0
mínimo %	-	-	-	-	48.0	48.0
Alumínato tricálcico (3CaO. Al ₂ O ₃): máximo %	3.00	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
más dos veces el aluminato, máximo %	-	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
contenido total de alcalis expresado como óxido sodio. (NaO) equivalente máximo %	-	-	-	-	0.75	0.75

2.4 CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS API, SUS EQUIVALENTES ASTM-C USADOS EN POZOS PETROLEROS:

Clase "A" ó tipo 1:

Es usado hasta 77°C (de la superficie a 1,830 m.), cuando no se requieren propiedades especiales.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO**Clase "B" o tipo 2:**

Se utiliza hasta 77°C (de la superficie a 1,830 m.), cuando se requieren moderada resistencia a los sulfatos. Se usa con el objetivo de evitar la degradación de cementos que estarán expuestos a ambientes salubres; éstos deben ser de moderada ó alta resistencia al ataque químico de los sulfatos.

Clase "C" ó tipo 3:

Se utiliza hasta 77°C (de la superficie a 1,830 m.), cuando se requiere alta resistencia a la compresión inmediata. Se fabrica en moderada y alta resistencia a los sulfatos.

Clase "D":

Para ser usado de 1830m a 3030m. de profundidad (77 °C), cuando se requiere alta resistencia a la compresión inmediata; disponible en moderada y alta resistencia a los sulfatos.

Clase "E":

Para ser usado de 1830m a 4270m de profundidad (143 °C), donde se tienen alta temperatura y presión. Se fabrica en moderada y alta resistencia a los sulfatos.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

Clase "F":

Se emplea hasta 160 °C de temperatura estática con presión alta (de 3,050 m. a 4,880 m.): Disponible en moderada y alta resistencia a los sulfatos.

Clase "G":

Es un cemento básico (se puede acelerar ó retardar), se usa a 95 °C de temperatura estática sin aditivos cubre el rango de profundidades de aplicación de las clases A a la E y es similar en composición química a la clase B.

Clase "H":

Es un cemento básico (se puede acelerar ó retardar); se usa a 95 °C de temperatura estática sin aditivos (de la superficie de 2,440 m.).

Cuando se emplea con aditivos, cubre el rango de profundidades de aplicación de las clases A a la F, siendo similar en composición química a las clases B y G. Su diferencia entre las tres clases es su granulometría y por consiguiente sus requerimientos de agua son:

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

Clase B	46% por peso de cemento
Clase G	44% por peso de cemento
Clase H	38% por peso de cemento

Clase "J":

Su diseño para ser usado a temperatura estática de 177 °C (3,660 m. a 4880 m.) sin necesidad de emplear harina sílica, para evitar la regresión de la resistencia a la compresión.

Los cementos clase D, E y F son retardados químicamente de fábrica, pero requieren la adición de harina sílica para estabilizar su resistencia a altas temperaturas.

2.5 TIPOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN CEMENTACIONES.**2.5.1 Agentes que incrementan el rendimiento de lechada.**

Estos productos manejan grandes volúmenes de agua por lo que, está característica, es aprovechada cuando se desean cubrir

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

columnas largas de cementos, sin llegar a rebasar la presión de fracturamiento, ya que, al usar grandes volúmenes de agua, se reduce la densidad de la lechada; además de ser más económica. Estos agentes reducen la resistencia a la compresión inmediata y por lo mismo debe tenerse cuidado al emplearlos para no densificarlos en concentraciones que nos den valores de resistencia a la compresión, inferiores a los 35 kg/cm², mínimo estipulado por las normas API para cementos con aditivos en 24 hrs.

Los agentes más utilizados, se mencionan a continuación:

a) BENTONITA:

Para su elaboración se requiere 5.3 lts. de agua por kilogramo de bentonita, esto implica 530% de agua de su propio peso y, se puede dosificar hasta un 4% por peso de cemento sin que dañe al producto fraguado, dado que en concentraciones mayores, el cemento hidratado en corto tiempo, presenta una regresión de su resistencia a la compresión por alta hidroscofia de la bentonita presente.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

b) METASILICATO DE SODIO "A" (MSSA).- Es un expandidor muy eficiente en el trabajo, por económico y por su compatibilidad con el mayor número de aditivos químicos. Maneja una relación de 32 lts. de agua por cada kilogramo del compuesto Metasilicato de sodio A; esto significa que se maneja el 3200% de agua de su propio peso y, en su calidad de silicato, ayuda en el desarrollo de la resistencia a la compresión después de dos días (48 hrs.). Su dosificación se efectúa de 1 a 3% por peso de cemento.

c) PUZOLANA.- Son cenizas volcánicas, que por si solas no tienen características de cementante, pero al mezclarse con el cemento, reaccionan con la cal libre de éste. El cemento combinado con la puzolana al ser fraguado, adquiere características que son de mucho beneficio y, las cuales mencionamos a continuación:

- Alta resistencia a la compresión secundaria, superior a los 1000 kg/cm², lo cual demuestra la no regresión de la resistencia mencionada por efecto de alta temperatura.

- Plasticidad. Esto hace que soporte vibraciones y golpes de tuberías al seguir perforando y además, evita resquebrajamiento del anillo de cemento al efectuar en la zona de interés los disparos.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

2.5.2 AGENTES QUE INCREMENTAN EL PESO DE LA LECHADA DE CEMENTO.

Este tipo de agentes, son aquellos que manejan poca relación agua-agente químico, son de alto peso específico y son materiales químicamente inertes. Los más empleados se mencionan a continuación:

a) BARITA.- Su peso específicos es de 4.2 g/cm . y requiere de 22% de agua de su propio peso. En cuanto al tiempo bombeable, no tienen influencia en él, pero es recomendable correr pruebas de tiempo de espesamiento y en cada caso se dosifica del 20 al 40 % por peso de cemento, si se llega a requerir una lechada de densidad alta.

b) LIMADURAS DE FIERRO.- su peso específico es de 5.02 gr/cc. y requiere del 3% de agua de su propio peso de cemento; éste porcentaje va a depender de la densidad de lechada que se requiera.

2.5.3 TIPOS DE AGENTES PARA EVITAR REGRESION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION POR EFECTOS DE TEMPERATURA.

Estos agentes son silicatos con alto grado de pureza y con una textura que va de malla de 100 a 200, para poder obtener una

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

distribución amplia y homogénea en el cuerpo del cemento. Estos productos se dosifican de 30 a 35% por peso de cemento y requieren de su propio peso del 40% de agua.

2.5.4 PRODUCTOS RETARDADORES DE FRAGUADO.

Estos componentes son aditivos químicos que incrementan el tiempo de fraguado inicial, haciendo posible trabajar el cemento con un amplio rango de temperatura y presión. Entre los retardadores más conocidos, se tienen los cromolignosulfatos de calcio y los lignosulfonatos de calcio, entre otras mezclas químicas, en donde, unos trabajan a temperaturas altas y otros funcionan a temperaturas bajas, por su propio peso de cemento, éstos componentes obtienen su dosificación del 0.1% a 2.5%.

2.5.5 AGENTES REDUCTORES DE PERDIDA DE AGUA.

Los agentes reductores de la pérdida de agua, son de vital importancia en la cementación de tuberías de revestimiento y, en las cementaciones forzadas para, lograr colocar el cemento en el lugar deseado sin que, sufra deshidratación al pasar por zonas permeables ó bien al estar forzando la lechada. Son productos generalmente derivados de celulosa y se dosifican del 0.5% al 1.5% por peso de cemento; su pérdida de agua según normas

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

de API, varía de acuerdo con el tipo de operación y el cual se menciona a continuación:

cementación forzada: de 50 a 100 cc.

cementación de Liners: de 100 a 150 cc.

cementación de T.R. : de 200 a 300 cc.

NOTA: La pérdida de agua, se mide en centímetros cúbicos en 30 minutos bajo una presión diferencial de 1000 lb/pg².

2.5.6 AGENTES ACELERADORES DEL FRAGUADO DEL CEMENTO.

Estos agentes sirven para acortar el tiempo de bombeabilidad de la lechada e incrementa la compresión temprana del producto fraguado, disminuyendo el tiempo-equipos; por éste motivo, los aceleradores más comunmente empleados se mencionan a continuación:

a) Sulfato de Calcio.- Es un material con características de cementante y es un agente expandidor del cemento fraguado; como acelerante de fraguado del cemento, se dosifica del 50 al 100% por peso de cemento.

b) Cloruro de Calcio (CaCl₂).- Este compuesto es una sal, la cual, se dosifica del 2 al 6% por peso de cemento, dependiendo

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCIÓN DEL CEMENTO

del tiempo que se desea obtener. Este producto es el que exhibe mayor control en bombeabilidad.

c) Cloruro de Sodio (NaCl).- Esta sal, se dosifica del 2 al 5% manteniendo sus propiedades de acelerador hasta el 10% por peso de agua y, de ésta concentración en adelante, pierde su propiedad de acelerador, trabajando como dispersante y ayudando en su trabajo a los retardadores; así mismo, las lechadas saladas presentan mayor fluidez y menor pérdida de agua. Al 18% por peso de agua tiene la mayor dilatación permisible el fraguado y la pérdida de fluido causa poco daño a la formación y a los fluidos.

2.5.7 ANTIESPUMANTES.

De acuerdo a la velocidad con que, se maneja el cemento en el campo, cuándo se está haciendo la lechada (promedio de 1 Ton. por minuto), éste, tiende a mantener gran cantidad de aire en la lechada, haciendo que el control de densidad de la misma sea errónea; así mismo, algunos de los productos químicos ayudan a mantener el aire dentro de la mezcla, lo que dificulta el trabajo de las bombas de alta presión con que se maneja ésta para ser bombeada al pozo.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

Este problema se reduce mediante el uso de los agentes antiespumantes, los cuales eliminan la mayor parte de aire. Los agentes antiespumantes, se dosifican del 0.2 al 0.3% por peso de cemento y generalmente son sales ácidas de solubilidad intermedia.

2.5.8 AGENTES EXPANDIDORES.

Los agentes expandidores, son aditivos que dilatan el producto hidratado, sin que, sea originado por efecto de temperatura. Los compuestos expandidores más empleados son:

a) Cloruro de Potasio.- Es eficiente para estabilizar arcillas, al 5% por peso de agua de mezcla, exhibe la misma dilatación que el 18% de cloruro de sodio en el cemento.

b) Cloruro de Sodio.- Su más alta dilatación es obtenida con el 18% por peso de agua y a concentraciones mayores, se contrae el cemento fraguado.

Todas las expansiones de cemento obtenidas con cloruro de sodio y con cloruro de potasio, son controladas, esto quiere decir que no presentan agrietamientos en el cuerpo del cemento.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

2.5.9 RETARDAMIENTO Y ACELERACION.

Hablar de retardamiento ó aceleración de la lechadas de cemento, involucran varios tipos de reacciones. Los cloruros de calcio (CaCl_2) y cloruros de sodio (NaCl), ayudan a obtener una mejor función de aceleración y forman parte en la hidratación del cemento, acelerandolo. Los factores que influyen en la velocidad de la reacción son:

- Concentración de cada aditivo
- Presión
- Naturaleza química de la mezcla
- Temperatura

El retardamiento del fraguado se logra por el uso de un aditivo, bien sea agregado cuando se fábrica ó cuando se usa. Los principales aditivos para éste propósito, son productos de lignosulfatos y celulosa, los cuales afectan las propiedades superficiales de las partículas de cemento por efecto de adsorción, formando como una especie de película protectora

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCIÓN DEL CEMENTO

temporal, la cuál, los separa del agua, evitando la hidratación y su humidificación.

La fabricación de cementos de fraguado lento, se elabora bajo especificaciones establecidas.

2.5.10 LIMPIADORES.

Los lavadores químicos, desplazados a la cabeza de las lechadas durante la operación de cementación primaria, sirven para los siguientes objetivos:

a) Sirve como separador entre el fluido de control y el cemento, evitando la contaminación de la lechada y la alta gelificación del lodo. (Estos efectos son más notorios cuando el fluido de control contienen aceite).

b) Ayuda en la remoción de enjarre de la formación y película de lodo de la superficie de la tubería, para generar una mejor adherencia del cemento en ambas caras del espacio anular.

c) También ayuda a la remoción por circulación de lodo del espacio anular durante el desplazamiento. Es recomendable siempre

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

el uso de un lavador químico a la cabeza de la lechada de cemento y si no se dispone de éste, cuando menos, se debe bombear un bache de agua.

Los lavadores químicos, funcionan primeramente por dilución y adelgazamiento del lodo, de tal forma que la gelificación del lodo no ocurre. El agua pura es un lavador efectivo para la mayoría de los lodos, sin embargo, ciertos productos químicos adicionados a ésta, mejoran sus propiedades adelgazadoras y lavadoras e incrementan la remoción del lodo.

Un volumen de colchón de limpieza a emplear, se determina en función de la longitud a cubrir con cemento y por ejemplo para limpiar un tramo aproximado de 600 m. , deben emplearse como mínimo 10 bls. (1590 lts.) siendo una práctica común usar 20 bls. (3200 lts.).

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

2.5.11 RELACION DE ADITIVOS QUIMICOS PARA CEMENTACIONES DE
LA LINEA DOWELL SCHLUMBERGER

CODIFICACION	DESCRIPCION
D-8 Y D-13	RETARDADOR DE FRAGUADO.
D-14	EXTENDEDOR DE LECHADA.
D-15	LATEX. REDUCTOR DE PERDIDA DE AGUA.
D-20	BENTONITA. EXTENDEDOR DE LECHADA.
D-24	GILSONITE. OBTURANTE.
D-28	RETARDADOR DE FRAGUADO.
D-29	CLINTON FLAKE. OBTURANTE.
D-31	BARITA. AGENTE DENSIFICADOR.
D-35	EXTENDEDOR DE LECHADA.
D-42	KOLITE. OBTURANTE.
D-43	ACELERADOR DE FRAGUADO.
D-44	SAL DE CLORURO DE SODIO.
D-45	REDUCTOR DE FRICCION.
D-46	ANTIESPUMANTE.
D-47	ANTIESPUMANTE. LIQUIDO.
D-48 Y D-49	EXTENDEDOR DE LECHADA.
D-58	LAVADORES QUIMICOS.
D-59 Y D-60	REDUCTOR DE PERDIDA DE AGUA.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL CEMENTO

CODIFICACION	DESCRIPCION
D-61	EXTENDEDOR DE LECHADA.
D-65	REDUCTOR DE FRICCION.
D-71	VISCOSIFICANTE.
D-73	REDUCTOR DE PERDIDA DE AGUA. LIQUIDO.
D-74	RETARDADOR DE FRAGUADO.
D-75	EXTENDEDOR DE LECHADA. LIQUIDO.
D-76	HEMATITA. AGENTE DENSIFICADOR.
D-77	ACELERADOR DE FRAGUADO. LIQUIDO.
D-79	EXTENDEDOR DE LECHADA.
D-80	REDUCTOR DE FRICCION. LIQUIDO.
D-81	RETARDADOR DE FRAGUADO. LIQUIDO.
D-88 Y D-91	COMPONENTE DE CEMENTO SINTETICO.
D-99	RETARDADOR DE FRAGUADO PARA ALTA TEMP.
D-112	REDUCTOR DE PERDIDA DE AGUA.
J-242	COMPONENTE DE CEMENTO SINTETICO.
J-255	ADITIVO PARA ESPACIADOR.
M-54	SULFACTANTE.

CAPITULO III

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.

3.1 PROCEDIMIENTO GENERALMENTE UTILIZADO PARA INICIAR CEMENTACIONES EN LA REGION SUR DE PETROLEOS MEXICANOS.

1.- Verificar que se cuente con todo el material y equipo necesario para la cementación.

2.- Verificar que la cabeza de cementación esté en condiciones de operar y sus tapones se coloquen en la posición y orden correcto.

3.- Verificar con el operador ó con el encargado del equipo el programa a seguir en la operación a realizar para que éste se instale y opere adecuadamente; NUNCA una línea de alta presión, deberá quedar con tensión, invariablemente ésta se apoyará en el suelo y en el piso del equipo de perforación ó de terminación debido a que cuando se bombea se somete a doble esfuerzo es decir, a presión y tensión, lo cual es en extremo peligroso. Los equipo de alta presión, se instalarán a una distancia adecuada para que reunan las condiciones de seguridad en caso de algún problema.

4.- Colocar un mezclador en el orificio correcto para facilitar el control de la densidad solicitada.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

5.- Verificar que en el lodo de circulación, no salgan recortes de la formación.

6.- Verificar que el volumen del lodo sea suficiente para efectuar la operación, así como sus características reológicas sean las adecuadas.

7.- Verificar que el suministro de agua y lodo a la unidad de alta presión sea suficiente.

8.- Comprobar que se cuente con el densímetro radio activo y est bien calibrado.

9.- Verificar que se cumplió con el programa de tuberías de revestimiento ó conocer las modificaciones realizadas.

10.- Probar las líneas a una presión superior a la de trabajo, sin rebasar la nominal, observando las normas de seguridad para evitar accidentes .

11.- Efectuar la operación de cementación de acuerdo a un programa previo.

3.2 CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.

Cementación convencional en zona sureste.

(20", 16", 13 3/8", 10 3/4", 9 7/8", 7 3/4", 7")

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.2.1 CALCULOS DE LA OPERACION.

- Peso de tubería de revestimiento
- Factor de flotación (Ff)
- Peso teórico (Wt)
- Peso Físico (Wf)

$$Ff = \left(1 - \frac{Dl}{Da} \right) \quad (1)$$

donde:

Dl = Densidad del fluido de control (g/cm³)

Da = Densidad del acero (2.85 g/cm³)

$$Wt = (LTR \times 3.28 \times w) / 2.2 \quad (\text{Kg.}) \quad (2)$$

$$Wf = Wt \times Ff \quad (\text{peso de la tubería de revestimiento flotada}) \quad (\text{Kg.}) \quad (3)$$

LTR = Longitud de la tubería de revestimiento (m)

w = Peso unitario de la tubería de revestimiento (lb/pie)

Si se tiene tubería con diferentes pesos, se deberá calcular el peso total de la tubería por secciones.

- Calcular el volumen de la lechada (VL)

$$VL = \text{Volumen de cemento (Ton)} \times 20 \times \text{Rcto (1/saco)}$$

(4)

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

donde:

VL = Volumen de la lechada (l).

Rcto = Rendimiento del cemento (l/saco).

- Calcular el volumen de agua requerida para mezclar el cemento (VA).

VA = Volumen de cemento (Ton) x 20 x Ragua (l/saco)

(5)

donde:

VA = Volumen de agua requerida para mezclar el cemento
(l).

- Calcular el volumen de desplazamiento (VD):

Este volumen se calcula tomando en cuenta las diferentes capacidades de la tubería de revestimiento.

VD = CRT x LD

(6)

donde:

CRT = Capacidad de la tubería (l/m).

LD = Longitud de desplazamiento (Longitud de tubería de revestimiento hasta el cople flotador) (m).

Si el volumen de desplazamiento es muy grande y es necesario reducir el tiempo de desplazamiento, se utilizará la bomba del equipo para lo cual, se efectúan los siguientes cálculos:

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{VD}}{\text{Q (1/emb) x EPM x Eficiencia (\%)}} \quad (\text{min})$$

(7)

donde:

Q = Gasto de la bomba (1/embolada).

EPM = Número de emboladas por minuto.

Eficiencia = Eficiencia de la bomba.

Gasto de una bomba TRIPLEX $Q = 0.03862 \times (D^2) \times Lv$

Gasto de una bomba DUPLEX $Q = 0.02575 \times (2D^2 - Dv^2) \times Lv$

Donde:

D = Diámetro de la camisa (pg).

Lv = Longitud del vástago (pg).

Dv = Diámetro del vástago (pg).

Con estas fórmulas, se calculan diferentes tiempos de desplazamiento con distintas eficiencias, número de emboladas y gastos. Con éstos cálculos, se forma una tabla en la cual, se elige el gasto para desplazar el cemento, que será con el menor tiempo posible siempre y cuando, la presión máxima de desplazamiento (que sea calculada más adelante) nos lo permita.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Además al tener la tabla y elegir el gasto con que se desplazará la lechada, se tienen como referencia un intervalo de tiempo (entre la mayor y menor eficiencia calculada) para la llegada del tapón al cople flotador, en esta etapa, se deberá bajar el gasto para evitar que el tapón llegue de golpe y se origine un desprendimiento de la tubería de revestimiento.

Presión Diferencial:

Está definida por la diferencia de las densidades del fluido de control y el cemento desde el cople hasta la altura máxima que alcanzará el cemento con el espacio anular.

$$P_{\text{dif.}} = \frac{H \times (D_c \times D_l)}{10} \quad (\text{lb/pg}^2) \quad (8)$$

$$H = \frac{VR}{C.E.A.}$$

$$VR = VL - V_{zc}$$

donde:

VR = Volumen de lechada dentro y fuera de la tubería de revestimiento entre zapata y cople (l).

VL = Volumen de lechada (l).

V_{zc} = Volumen entre zapata y cople (l).

H = Altura del cemento en el espacio anular (m).

D_c = Densidad del cemento (g/cm³).

D_l = Densidad del fluido de control (g/cm³).

C.E.A. = Capacidad de espacio anular (l/m).

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

Si se utiliza cemento con diferentes densidades, la presión diferencial se calculará por secciones y la presión diferencial total será la suma de éstas.

Esta presión diferencial nos proporciona un punto de referencia para saber si el desplazamiento de la lechada es normal ó si se presenta alguna anomalía durante ó al final de la operación.

- Presión máxima de desplazamiento:

$$P_{\text{max.}} = \frac{(RT/FS - WF)}{ATR} \quad (\text{lb/pg}^2) \quad (9)$$

donde:

RT = Resistencia a la tensión de la tubería de revestimiento (lb).

FS = Factor de seguridad de diseño (adim).

WF = Peso de la tubería de revestimiento flotada

WF = (WTxFf) (lb)

ATR = Area interior de la tubería de revestimiento (pg²).

Esta presión máxima de desplazamiento, nos sirve como punto de referencia para que al estar desplazando la lechada ó al llegar el tapón al cople flotador, no se rebase, ya que de hacerlo, se corre el riesgo de provocar un desprendimiento. También, se deberá tomar en cuenta la resistencia a la presión interna de la tubería de revestimiento y comparar ambas para así, elegir la presión máxima que se alcanzará y ésta será la menor de las dos.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Si se tienen diferentes grados de tubería, se calculará por secciones la presión máxima y se tomará como punto de referencia la menor resistencia a la tensión, si la presión máxima de desplazamiento es mayor.

Punto de equilibrio de la presión diferencial ó hidrostática:

Este punto de equilibrio de presiones, se alcanza cuando el cemento dio vuelta en la zapata y se tiene la misma altura dentro de la tubería de revestimiento y el espacio anular cuando se tiene una lechada de la misma densidad.

Este punto, nos sirve como referencia para poder comparar el tiempo calculado para el desplazamiento con el real (en forma aproximada). Si se tienen antecedentes de pérdida, ver la posibilidad de reducir el ritmo de desplazamiento para evitar un incremento de la presión en el espacio anular e inducir la pérdida de circulación, lo que ocasiona una mala cementación de la tubería de revestimiento.

Este punto se calcula de la siguiente manera:

$$L.E. = \frac{VL}{C.E.A. + C.T.R.} \quad (10)$$

donde:

L.E. = Punto de equilibrio de la presión diferencial ó hidrostática (m).

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

VL = Volumen total de la lechada (l).

C.E.A. = Capacidad del espacio anular (l/m).

C.T.R. = Capacidad de la tubería de revestimiento (l/m).

En caso de utilizar dos lechadas con densidades diferentes, calcular éste punto de equilibrio con la siguiente ecuación:

$$L.E. = Prof. T.R. - \left(Prof. T.R. \times \frac{Dens. Alta - Dens. Baja}{Dens. lodo} \right) \quad (10a)$$

donde:

L.E. = Punto de equilibrio (m).

Dens. Alta = Densidad de lechada mayor (g/cm³).

Dens. Baja = Densidad de lechada menor (g/cm³).

Dens. lodo = Densidad del lodo (g/cm³).

3.2.2 DESARROLLO OPERATIVO.

- Probar unidades de alta presión y equipo de almacenamiento del cemento.
- Verificar funcionamiento de manómetros de la unidad de alta presión.
- Cerrar macho de la cabeza de cementar y probar líneas con presión máxima de trabajo según tubería de revestimiento.
- Si es satisfactoria la prueba cerrar macho.
- Soltar tapón de diafragma.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- Bombear bache lavador:
Este bache deberá crear una presión diferencial de 35 a 70 (kg/cm²), aproximadamente.
- Probar equipo de flotación, descargar presión diferencial a cero lentamente; si no funciona, bombear nuevamente el bache y descargar súbitamente para activar el equipo de flotación, cuantificando el volumen de bache bombeado y regresado. En caso de tener duda, bombear bache testigo para detectar el punto donde se está circulando.
- Bombear lechadas de cemento (de acuerdo al diseño y orden programado)
 - a) Bombear lechada de baja densidad.
 - b) Bombear lechada de alta densidad.
- Verificar densidad, viscosidad, circulación y presión de bombeo constantemente.
- Recuperar muestras de cemento y agua para análisis posterior en caso necesario (fraguado prematuro).
- Prestar especial atención a la densidad de la última lechada para evitar bache de baja densidad ya que ésta amarrará los accesorios.
- Al terminar de bombear el cemento, cerrar macho de salida de la línea de inyección de la unidad de alta para evitar cualquier succión.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- Soltar tapón sólido de desplazamiento:
Si el tapón sólido se aloja en la cabeza de cementar antes de la operación (cabeza de cementar con manifold) se deberá verificar que pase dicho tapón por medio del seguro ó "Testigo" que está colocado arriba del macho inferior.
- Si la cabeza de cementación no tiene manifold, se debe quitar la tapa, quebrando la línea de inyección para activar la succión, cerrar preventores de tubería de revestimiento en caso de presiones diferenciales altas; bajando el tapón sólido hasta abajo del perno que sujeta al tapón dentro de la cabeza de cementar y una vez que se encuentre abajo, meter el perno sujetador para evitar que se regrese dicho tapón.
- Colocar tapa de la cabeza de cementar, conectar la línea de inyección y abrir preventores de tubería de la revestimiento.
- Efectuar desplazamiento.
- Si se desplaza con bomba del equipo verificar válvula de 2" (llenadera), abrir válvula de 4" (stand pipe), verificar número de emboladas.
- Si se desplaza una unidad de alta presión, verificar apertura de macho y caja con que se inicia.
El desplazamiento en ambos casos, se deberá iniciar con bajo gasto hasta, restablecer circulación para romper el gel del lodo y lechada, evitando inducir una pérdida. Posteriormente, se incrementará el gasto de acuerdo a las condiciones de operación.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

En ambos casos, se deberá verificar constantemente:

- Presión inicial de desplazamiento y tiempo
- Gasto de desplazamiento
- Peso de la tubería de revestimiento.
- Circulación y nivel de presas.
- Fluido desalojado por la línea de flote, ya que si sale lodo contaminado ó cemento, deberá desecharse.
- En caso que la presión de desplazamiento se incremente, tienda a ser mayor que la calculada con la resistencia a la tensión ó a la presión interna de la tubería de revestimiento, deberá reducirse el gasto de desplazamiento ó no alcanzar la presión final.
- Alcanzar presión final (llegada del tapón al cople), reduciendo el gasto y de 35 a 70 kg/cm² arriba de la presión de desplazamiento máxima sin rebasar la presión máxima permisible calculada.
- Verificar el equipo de flotación . Si el equipo de flotación no funciona, dejar cerrado macho con la presión diferencial máxima observada en espera de fraguado (no represionar).
- En caso de que se observe salida de cemento, lavar conexiones superficiales.
- Efectuar reporte correspondiente anotando:
 - a) Volumen de cemento, aditivos en porcentaje y peso.
 - b) Volumen, densidad y tipo de baches.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- c) Presión máxima de desplazamiento y presión final.
- d) Gasto manejado.
- e) Cima teórica del cemento en espacio anular ó salida de cemento a superficie.
- f) Distribución de la tubería y accesorios.
- g) Observaciones personales.
- h) Programa inmediato y posterior.

3.3 TIPOS DE TRABAJOS DE CEMENTACION.

3.3.1 CEMENTACION DEL TUBO CONDUCTOR.

Usualmente, se cementa de 30 a 50 m. de profundidad.

Características:

- 1.- El diámetro del tubo conductor es de 20 a 30 pg. .
- 2.- El pozo puede estar erosionado severamente.
- 3.- Al bombearse a través del conductor, puede éste levantarse y salir; se debe tener cuidado de no levantar presión y amarrarlo.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Finalidad:

Se cementa el tubo conductor para:

- 1.- Prevenir que se deslave la arena abajo de la estructura del equipo de perforación.
- 2.- Proveer elevación para la línea de flotación y el niple de campana.

Observaciones:

- 1.- A menudo es cementado a través de la tubería de perforación, con camisa de sello.
- 2.- Comunmente se desplaza el cemento sin tapones con agua é lodo.
- 3.- Los tapones de 30 pg ,26 pg y 20 pg son de cuerpo de madera, si se usa zapata y tapón se deberá tener cuidado para cuando el tapón llegue no se vaya a romper.
- 4.- Los preventores contra reventón, no son colocados sobre el tubo conductor.

Cemento utilizado comunmente:

- 1.- Cemento con acelerador.
 - 2.- Cemento prmezclado.
- Ver figura III.1.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

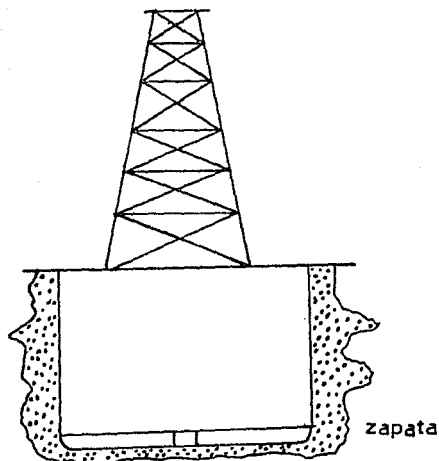


Figura III.1.- Cementación del tubo conductor.

3.3.2 CEMENTACION DE TUBERIA SUPERFICIAL DE 500 A 1000 (m).

Puede ser ó no ser corrida a través de un tubo conductor.

Características:

- 1.- Medidas de tubería de 7 5/8 pg. en pozos someros y hasta 20 pg. en pozos profundos.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- 2.- El pozo puede ser erosionado severamente.
- 3.- A menudo el lodo es viscoso, con bajo control de pérdida de agua.
- 4.- La tubería se puede pegar con facilidad en formaciones no consolidadas.
- 5.- Puede haber problemas de pérdidas de circulación.
- 6.- Casi todas las áreas requieren que la tubería superficial sea cementada hasta la superficie.
- 7.- Son comúnmente usadas zapatas guías, zapatas agotadoras y coples flotadores.
- 8.- Tuberías no profundas pueden ser sacadas del pozo muy fácilmente por efecto del bombeo.

Finalidad:

La tubería superficial es cementada para:

- 1.- Proteger formaciones productoras de agua.
- 2.- Aislar formaciones no consolidadas.
- 3.- Dar un control sobre presiones (los preventores son usualmente colocados sobre la tubería superficial).
- 4.- Soportar las tuberías siguientes.
- 5.- Aislar zonas de pérdidas de circulación.

Observaciones:

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Observaciones:

- 1.- Tuberías de diámetro grande, a menudo son cementadas a través, de tuberías de perforación con stab-in (camisa de sello).
- 2.- Debido a la alta viscosidad de lodo, deberá usarse doble tapón inferior y superior.
- 3.- Las conexiones de la tubería en el fondo, deberán estar centradas y soldadas, ó con pasta lubricante selladora para prevenir que se puedan soltar cuando se perfore el cemento dentro de ésta.

Cemento utilizado:

- 1.- Cementos con alto contenido de agua seguido de cemento solo y acelerados.
- 2.- Cemento de alta resistencia a la compresión; es común, que se use en tuberías superficiales en pozos profundos para soportar las tuberías superficiales en pozos profundos para soportar las tuberías siguientes.

Ver figura III.2.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

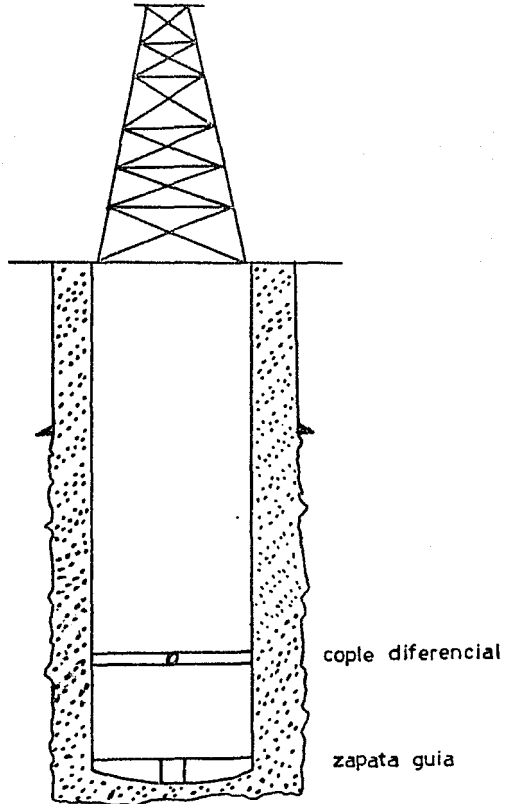


Figura III.2.- Cementación de tubería superficial.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.3.3 CEMENTACION DE TUBERIA SUPERFICIAL CON STAB-IN (CORRIDA HASTA TUBO CONDUCTOR).

La herramieta stab-in, no suele utilizarse para profundidades altas porque su tubo se pandea mucho, y es difícil enchufarse al stab-in (pero sin embargo, en ocasiones sí se utiliza).

3.3.3.1. Cálculos operativos.

- Peso de la tubería de revestimiento.
- Volumen de lechada.
- Volumen de agua requerida.
- Volumen de desplazamiento (éste volumen se modifica, ya que se trabaja con tubería de perforación).

$$VD = LTP \times CTP \quad (11)$$

donde:

VD = Volumen de desplazamiento (l).

LTP = Longitud de tubería de perforación (m).

CTP = Capacidad de tubería de perforación (l/m).

- Presión diferencial.
- Fuerza que actúa sobre el cople:

$$FC = P. \text{ max. } \times AES \quad (12)$$

P. max. = presión de circulación + presión diferencial.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

donde:

FC = Fuerza que actua sobre el cople (lb).

AES = Area exterior de sellos = $0.785 \times (D^2)$ (pg²).

P. max. = Presión máxima de trabajo (lb/pg²).

Esta fuerza FC, actúa hacia arriba tratando de sacar el niple de la sección pulida del cople, motivo por el cuál, se le carga peso a la tubería perforación.

La presión de circulación se toma después de haber llevado a cabo el punto número dos del desarrollo de la operación del objetivo (3.3.3.2) checando que no circule a través del interior de la tubería de revestimiento (comunicación).

3.3.3.2 Desarrollo de la operación.

- 1) Meter tubería de revestimiento a fondo, circular acondicionando lodo (verificando reología), efectuar ajuste, instalar piso falso, meter conector con tubería de perforación, enchufarse y romper circulación.

- 2) Circular verificando efectividad del conector, checando presión y gasto (variando éstos para calcular el peso que se colgará sobre el cople).

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Una vez que se tienen los datos de presión a diferentes gastos y la presión diferencial calculada, se sumarán proporcionandonos aproximadamente la presión esperada durante la operación.

Esta presión nos ayuda a calcular la fuerza de pistón sobre el cople y con ello, tendremos el peso a cargar para contrarrestar ésta fuerza.

Se observará durante el desarrollo de la operación una recuperación en el indicador del peso debido, al efecto de flotación de la T.R. al salir de la lechada de cemento al espacio anular, por lo que, se recomienda no cargarle peso para evitar el desprendimiento del área pulida del cople.

- 3) Revisar cabeza de cementar, colocar tapón de desplazamiento.
- 4) Bombear bache lavador, verificar circulación.
- 5) Probar equipo de flotación, descargando presión diferencial.
- 6) Bombear lechada de cemento en el orden programado, checando todas las condiciones enunciadas anteriormente.
- 7) Soltar tapón de desplazamiento (verificar movimiento de machos)

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- 8) Desplazar volumen de T.P. hasta alcanzada presión final.
- 9) Probar funcionamiento del equipo de flotación.
- 10) Desenchufar conector y sacar tubería de perforación
- 11) Efectuar reporte correspondiente (anotando los datos mencionados anteriormente).

Si se tiene programado cubrir el 100% la tubería de revestimiento con lechada hasta superficie durante desplazamiento de la lechada se requiere, estar pendiente cuando inicie a salir cemento para desviar flujo hacia la presa de desperdicio y cuantificar este volumen de lechada para definir la calidad de la cementación (canalización ó normal).

- 12) Antes de colocar el tapón de desplazamiento en la cabeza de cementar, deberá revisarse:

- a) Diámetro máximo del tapón:

Para verificar que pasa a través del diámetro interior de la tubería de perforación y combinaciones utilizadas (dentro del pozo).

- b) Longitud del tapón:

Para verificar que no se dañe ó quede atrapado.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

b) Longitud del tapón:

Para verificar que no se dañe ó quede atrapado.

Ver figura III.3.

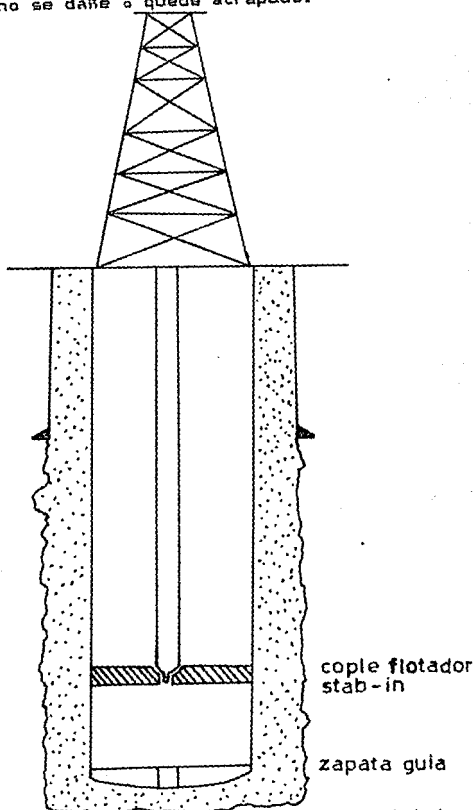


Figura III.3.- Cementación de tubería superficial con stab-in.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

3.3.4 CEMENTACION DE TUBERIAS INTERMEDIAS

Esta tubería es corrida de 450 m. a 7000 m.

Características:

- 1.- Las tuberías varían de 6 5/8 pg a 20 pg ; las de 9 5/8 pg , 10 3/4 pg y 13 3/8 pg son las más comunes.
- 2.- Pueden erosionarse seriamente algunas secciones, particularmente de sal.
- 3.- La sarta puede ser muy pesada y sentarse en el fondo (se necesita una zapata con aberturas laterales).
- 4.- Las zonas de alta y baja presión son cubiertas por ésta tubería.
- 5.- El cemento usualmente es circulado hasta la superficie.
- 6.- Zapata guía ó flotadora y cople flotador es siempre utilizado.
- 7.- El volumen de cemento es casi siempre para cubrir el espacio anular a lo largo de la tubería.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- 8.- Se puede prolongar la perforación a través de esta tubería y es común que se dañe.
- 9.- Se puede terminar el pozo en esta tubería.

FINALIDAD:

- 1.- Separar el pozo en segmentos que se puedan perforar sin problemas.
 - a.- Encamizar zonas de pérdida de circulación, flujos de agua, etc.
 - b.- Aislar zonas de sal.
 - c.- Proteger pozo descubierto del incremento del peso en el lodo.
 - d.- Prevenir flujos de zonas de alta presión; si el peso del lodo tiene que ser reducido.
- 2.- Sirven como base para el sistema de control. Los preventores siempre son instalados en ésta tubería.
- 3.- Soportar futuras tuberías.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO**CEMENTO UTILIZADO:**

Es muy variado para generalizarlo, básicamente se utilizan cementos con alto contenido de agua, seguido de cemento solo de alta resistencia; el cemento saturado de sal es utilizado a través de secciones de sal. Ver figura III.4.

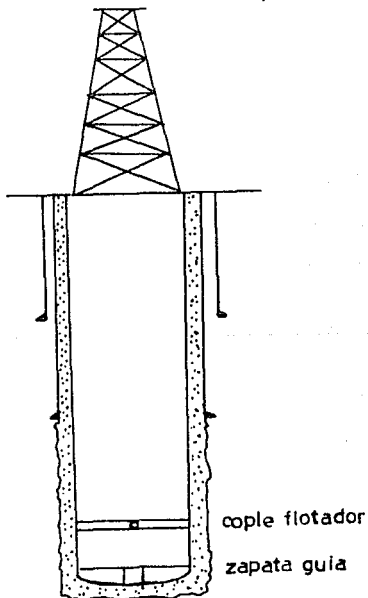


Figura III.4.- Cementación de tuberías intermedias.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.3.5 CEMENTACION DE TUBERIAS DE PRODUCCION.

Características:

- 1.- Las medidas comunes de tuberías de producción son 4 1/2" , 5 1/2" y 7".
- 2.- El lodo de perforación debe estar en muy buenas condiciones.
- 3.- Generalmente, se circula y es cementada hasta la zapata de la tubería intermedia.
- 4.- Para una terminación con éxito, es vital una buena cementación.

Finalidad:

- 1.- Terminar el pozo para producirlo.
 - a.- Aislar efectivamente la zona productora.
 - b.- Proteger la zona productora de fluidos indeseables.
- 2.- Proveer un control sobre la presión.
- 3.- Cubrir partes gastadas ó dañadas de la tubería intermedia.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Cemento Utilizado:

- 1.- Cemento de tipo de alta relación de agua seguido de cemento de alta resistencia .
- 2.- Usualmente todas las zonas productoras son cubiertas de cemento del tipo de baja relación de agua.
- 3.- Cementos densificados son comunmente usados para alta resistencia y control de presión.
- 4.- Es esencial un desplazamiento efectivo del lodo.
- 5.- Colchones de lavado son comunmente usados.
- 6.- Al cementarse la tubería, se le da movimiento de rotación ó recíprocante.

Ver figura III.5.

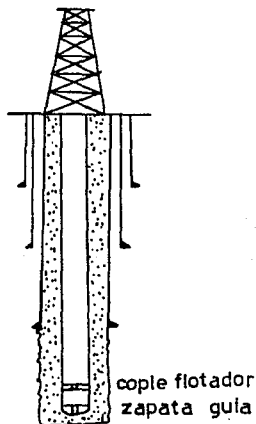


Figura III.5.- Cementación de tuberías de producción.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.3.6 CEMENTACION EN DOS ETAPAS.

Puede ser usada en cualquier tubería.

La primera etapa, se circula en el fondo antes de que el (DV) sea cubierto, se le permite tiempo de fraguado antes de la segunda etapa.

Finalidad:

- 1.- Colocar grandes columnas de cemento.
- 2.- Aminorar la presión sobre el pozo descubierto al reducir la columna.
- 3.- Dividir columnas de gran diámetro para mejorar la cementación.
- 4.- Para colocar cemento solo en el lugar deseado sin hacer una columna continua de cemento.
- 5.- Permite cementar encima de zonas de pérdida de circulación.

Ver figura III.6.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

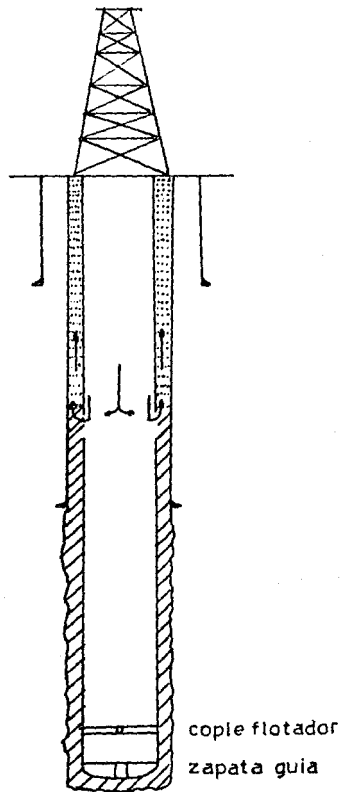


Figura III.6.- Cementación en dos etapas.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.3.7 CEMENTACION DE TUBERIA CORTA.

(9 7/8 pg , 9 5/8 pg , 7 5/8 pg , 7 pg y 5 pg).

3.3.7.1 Cálculos para anclar y cementar una tubería corta.

- Peso de la sarta dentro del pozo:

$$WS = WTR + WTP \quad (12a)$$

donde:

WS = Peso de la sarta dentro del pozo (Ton).

WTR = Peso de la tubería de revestimiento (Ton).

WTP = Peso de la tubería de perforación (Ton).

Los pesos de la tubería de revestimiento y perforación se calculan teórica y físicamente (flotada) antes, durante y después de la operación , utilizando las ecuaciones (1), (2) y (3).

- Calcular el volumen de la lechada de acuerdo al diseño utilizando la ecuación (4).
- Calcular el volumen de agua requerida para mezclar el cemento, ecuación (5).
- Calcular volumen de desplazamiento, utilizar ecuaciones (6) y (11).

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

El volumen total de desplazamiento se calcula por separado, ya que durante la operación nos sirve como punto de referencia para verificar acoplamiento de tapones, presión final ó alguna anomalía que se presente.

donde:

$$VTS = VDTR + VDTP \quad (13)$$

donde:

VTS = Volumen total de la sarta (1) ó (b1).

VDTR = Volumen de desplazamiento de tubería de revestimiento (1)
ó (b1)

VDTP = Volumen de desplazamiento de tubería de perforación (1) ó
(b1).

- Calcular la presión diferencial, con la ecuación (8).

Al calcular la presión diferencial se debe tomar en cuenta la altura que cubrirá el cemento sobre la boca de la T.R. corta.

- Calcular la presión máxima de desplazamiento, con la ecuación (9).

Esta presión máxima de desplazamiento estará regida por otras variables además, de la resistencia a la tensión de la tubería de cementar; éstas variables son:

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- a) Resistencia a la presión interna de la tubería cementada.
 b) Capacidad de carga y resistencia al colapso del conjunto cogador.

De acuerdo con los resultados, se trabajará con la presión mínima calculada para evitar daños a la tubería de revestimiento ó al conjunto colgador.

- Calcular el punto de equilibrio de la presión diferencial ó hidrostática, ecuación (10)
- Elongación de la tubería de perforación debido al peso de la tubería de revestimiento.

$$AL = \frac{LTP \times WT \times Ff}{1 \quad E \times AS} \quad ; \quad AS = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

donde:

AL_1 = Elongación de la tubería de producción (pies).

WT = Peso de la T.R. (lb).

LTP = Longitud de la T.P. (pies)

AS = Área de la sección transversal de la T.P. (pg²).

Ff = Factor de flotación (adim).

Eliminando las constantes tenemos:

$$AL = \frac{(LTP \times WT \times Ff) 4.2 \times 10}{1 \quad (D^2 - d^2)} \quad (14)$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

donde:

D= Diámetro exterior T.P. (pg).

d= Diámetro interior T.P. (pg).

Esta elongación será la distancia que deberá ser bajada para transferir el peso total de la tubería de revestimiento al colgador.

Elongación de la T.R. debido a su propio peso en lodo.

$$AL = \frac{(LTR^2) \times W \times Ff}{2 \times 2 \times E \times AS} ; \quad AS = \frac{\pi}{4} \times (D^2)$$

AL_2 = Elongación de la T.R. (pies).

LTR = Longitud de T.R. (pies).

W = Peso de la T.R. (lb/pies).

AS = Area sección transversal de T.R. (pg²).

Ff = Factor de flotación.

E = Módulo de Young (lb/pg²) (30 x 10⁸ lb/pg² para el acero).

Eliminando constantes tenemos:

$$AL_2 = \frac{(LTR)^2 \times (WT) \times (Ff) \cdot 2.1 \times 10^{-8}}{(DTR)^2 - (dTR)^2} \quad (15)$$

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

donde:

DTR = Diámetro exterior de T.R. (pg).

dTR = Diámetro interior de T.R. (pg).

Al cargar peso para comprobar anillaje, la T.P. se deslizará a una longitud (AL) y para mantener la T.P. en su lugar, al alcanzar la presión final (máx. de trabajo) se carga (AL₂) y nos queda margen de 0.5 a 1.0 m. como factor de seguridad.

Para anclar la tubería de revestimiento a cementar, es necesario conocer el efecto que tendrá el peso de la misma sobre la resistencia a presión interna de la tubería de revestimiento cementada y , evitar un desgarramiento. Se debe calcular la capacidad de carga del colgador y la resistencia al desgarramiento de la tubería de revestimiento cementada, esto se calcula de la siguiente manera:

- Capacidad de carga de la camisa soldadora (lbs), (tablas).
- Factor de capacidad del colgador a presión interna (FCC) (pg²).
(TABLAS No. 1)
- Factor de capacidad del colgador al colapso (FFC) (Pg²)
(TABLAS No.1)
- Peso de la tubería de revestimiento (lb).
- Carga máxima al colapso del colgador:

$$Cc = Rc \times FCC$$

(18)

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

donde:

Rc = Resistencia al colapso del cuerpo del colgador
(Tablas de resistencias de tuberías)

Cc = Carga máxima al colapso del colgador (Lb).

FCC = Factor de capacidad del colgador al colapso (lb/pg²)

Carga máxima que resiste la T.R. sin "desgarrarse":

$$CPI = Rpi \times FCPI \quad (19)$$

donde:

Rpi = Resistencia a la presión interna de la T.R. cementada
(lb/pg²).

Cpi = Carga máxima que resiste la T.R. sin desgarrarse (lb).

FCPI = Factor de capacidad del colgador a presión interna (pg²).

De acuerdo a estos cálculos, la capacidad de carga máxima al colapso del colgador y a la presión interna de la tubería de revestimiento cementada, deben de ser mayores que el peso de la tubería por cementar para evitar, un colapso del colgador y un desgarramiento de la tubería cementada.

Si por alguna razón no se siguió el procedimiento adecuado para el diseño de programa de tubería de revestimiento y es necesario cementar una tubería corta, a determinada profundidad y al

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

cementar una tubería corta, a determinada profundidad y al efectuar los cálculos correspondientes se observa que la tubería de revestimiento cementada no resiste el peso de la tubería por cementar, por lo que se tendrá que sentar la tubería en el fondo, cargando un porcentaje del peso total para evitar un desgarramiento.

3.3.7.2 ANCLAJE DE UNA TUBERIA CORTA (LINER).

Una vez que se llegó a la profundidad de cementación, se verifica con circulación el peso de la sarta subiendo y bajando procediendo a tocar fondo con peso (se recomienda el 30% del peso de la T.R.), se colocan marcas antes y después de cargar peso. Se continua circulando para acondicionar todo (condiciones reológicas).

Se revisa la cabeza de cementar verificando que los machos estén libres.

Se verifica el número de vueltas con que se libera el perno ("chile") fijador del tapón desplazador y se aloja el mismo.

- Dependiendo del cálculo efectuado previamente del efecto del pistón y de la altura en que se encuentra el último cople de T.P., sobre la mesa rotatoria, se determinará conectar la cabeza directamente a éste cople ó a un tubo extra en el auxiliar (de ser posible se recomienda trabajar con lingadas completas).
- Instalar cabeza de cementar (si la cabeza queda muy alta, se

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

proceder a anclajar la T.R. (sentado peso en el fondo, colgada totalmente, etc.).

* Se procede al anclaje:

- Si se tiene un colgador hidráulico, antes de instalar la cabeza, se lanza una canica que se aloja en un asiento que para tal efecto, tiene el cople de retención tipo II, ésta canica , rompe los pernos de corte que accionan las cuñas del colgador al aplicar presión por T.P., el anclaje se comprueba cargando peso, verificando con las marcas que se colocaron anteriormente.

Las presiones para romper los pernos de corte de las cuñas y el asiento del cople de retención, varían de acuerdo al fabricante y calibración que se les dio ya que, en ocasiones, se calibran con mayor presión para operaciones especiales.

Si el colgador es mecánico, se gira a la izquierda (una vuelta por cada 1000 mts.) manteniendo la torsión (de preferencia con el block) y se carga peso para verificar el anclaje.

En éste tipo de colgador, se acondicionan las cuñas mecánicamente con una jota y un candado por lo que, es necesario que, cuando se procede al anclaje de la T.R., y se han colocado marcas y cargado peso, al levantar a la posición de anclaje, se evita el

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

escurrimiento de la sarta para que, la jota no entre en candado nuevamente.

Si ambos casos al verificar el anclaje de las cuñas, se observa que no funcionan, es conveniente sentar la T.R. en el fondo.

Por otro lado, antes de tomar cualquier determinación, se debe tratar de anclar la T.R. más arriba (máximo la longitud del colgador).

- Verificar equipo de flotación con diesel ó agua.
- Soltar la tubería de revestimiento.

Para efectuar ésta operación, se procede de la siguiente manera:

- Descargar el peso de la tubería de revestimiento en el colgador (si éste no ancla en el fondo) cargando de 5 a 10 toneladas de peso de T.P. para verificar el anclaje.
- Girar la T.P. a la derecha para soltar.
- Para comprobar si soltó, se levanta una longitud menor a la longitud del agujón ó mandril de sellos y se debe observar el peso de la T.P. en el indicador; posteriormente, se carga de peso a la tubería de revestimiento de acuerdo a los cálculos descritos anteriormente.
- Conectar líneas de inyección y efectuar preparativos.
(Circular unidad de alta, preparar baches, etc.)

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

OBSERVACIONES: Al verificar el equipo de flotación se debe realizar cargando peso sobre le T.R. y recuperando el mismo. (lavantar hasta observar el peso de T.P. en el indicador).

- Efectuar pruebas de compatibilidad lodo-baches-cemento.

3.3.7.3 DESARROLLO DE LA OPERACION (CEMENTACION).

- Probar conexiones superficiales (presión máxima de trabajo).

- Bombear bache lavador (verificar circulación y presión diferencial).

- Bombear bache espaciador.

- Bombear lechada de acuerdo al programa.

(verificar constantemente densidad, presión, circulación, peso sobre T.R., etc.) recuperar muestras de cemento y agua para efectuar pruebas después de la operación, en caso necesario.

- Soltar tapón de desplazamiento.

- Para realizar ésta operación se deberá:

a) abrir macho superior

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

b) supervisar éstos movimientos ya que, si no se efectúan en la forma descrita, se corre el riesgo de que el tapón se atore y se deforme ocasionandonos problemas durante la operación.

- Desplazar la lechada.

Durante el desplazamiento, se deberá verificar acoplamiento del tapón de T.P. al tapón de T.R., por lo que, al estar llegando al volumen final de T.P. se deberá disminuir el gasto de bombeo, para verificar éste acoplamiento. Si no se ancla presión final (llegada del tapón al cople de retención), con un volumen calculado, no se debe sobredesplazar ya que, corre el riesgo de lavar la zapata.

- Verificar el equipo de flotación (si no funciona, de cualquier manera sacar el soldador).

- Desenchufar soldador (checando el peso de T.P.).

- Levantar 200 m. arriba de la cima de baches, romper circulación y observar pozo:

* si no se observa escurrimiento, sacar soldador.

* si se observa escurrimiento, levantar soldador 300 mts.

arriba de la cima de cemento (llenando pozo), circular tiempo de atraso y si no sale cemento, cerrar preventores y esperar fraguado.

- Efectuar reporte de la operación (dejando programa).

Ver figura III.7.

**TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO**

OBSERVACIONES: Cuando la densidad del cemento es muy grande comparada con la densidad del fluido de control, se debe preparar un bache de lodo (volumen de T.R.), con una densidad cercana ó igual a la del cemento (para el desplazamiento) esto, nos ayuda cuando falla el equipo de flotación ó para mantener las columnas equilibradas dentro y fuera de la T.R. y así evitar el movimiento del cemento.

Tabla No. 1

**FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA COLGADORES MECANICOS
Y/O HIDRAULICOS DE SEIS CONOS.**

TAMANO (pg)	PESO (lb/pie)	COLAPSO (adim)	P. INTERNA (adim)
4 1/2 x 7	26.0 - 32	42.19	10.48
4 1/2 x 7	35.0	40.66	7.33
5 x 7	26.0 - 32.0	40.62	11.94
5 x 7	35.0	29.67	13.51
5 x 7 5/8	37.7 - 39.0	49.75	16.12
7 x 9 5/8	47.0 - 53.5	56.88	26.37
7 5/8 x 9 5/8	47.0 - 53.5	48.37	18.30
7 5/8 x 10 3/4	51.0 - 55.5	82.67	29.63
7 5/8 x 10 3/4	60.7 - 71.1	82.67	29.36
9 5/8 x 13 3/8	48.0 - 54.5	91.72	49.23
9 5/8 x 13 3/8	61.0 - 85.0	91.72	49.23
16 x 13 3/8	84.0	367.84	175.84

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

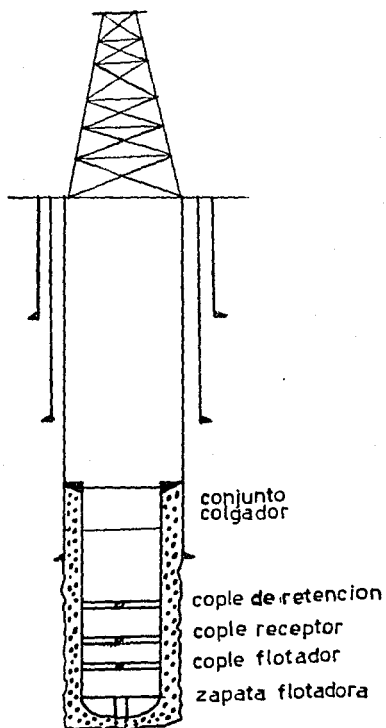


Figura III.7.- Cementación de tubería corta (liner).

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.3.8 CEMENTACION DE COMPLEMENTOS O CEMENTACION DE TUBERIA COMPLEMENTARIA (TIE-BACK).

Para efectuar la cementación de complementos de tuberías de revestimiento, se llevan a cabo los mismo cálculos descritos para cementaciones convencionales.

3.3.8.1 DESARROLLO OPERATIVO PARA CEMENTACION DE UN COMPLEMENTO.

- Romper circulación (si no se está circulando) verificar gastos y presión.
- Enchufar Tie-Back en camisa soldadora (C-2) y probar efectividad de sellos (presión de 35 a 70 kg/cm² más que la de circulación). Colocar una marca al verificar C-2 y una cuando se inicia a cargar peso enchufado al Tie-Back en la camisa soldadora C-2.
- En la mayoría de las ocasiones, los sellos del Tie Back, no funcionan y se observa circulación al probar, cuando se tienen este problema, para verificar al enchufe se establece circulación (con un gasto y presión estables), se levanta la

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

T.R. a una longitud mayor ó igual a la carrera de la camisa C-2) observando el comportamiento de la presión; fuera de la camisa, tiende a disminuir y cuando entra a la camisa, se incrementa.

- En ocasiones, para que el Tie-Back entre a la camisa es necesario cargarle hasta 30 tons.
- Instalar cabeza y conexiones superficiales, probar mismas.
- Soltar tapón limpiador (de diafragma).
- Bombear bache lavador, probar equipo de flotación,
- Bombear cemento (recuperar muestras).
- Verificar densidad
- Circulación.
- Soltar tapón de desplazamiento.
- Desplazar checando presión máxima de desplazamiento y final, verificar constantemente circulación.
- La presión final debe ser de 35 a 70 kg/cm² mayor que la de circulación.
- Verificar equipo de flotación.
- Enchufar Tie-Back en C-2 (hasta la marca colocada previamente).
- Cerrar macho de la cabeza; lavar cabezal, cerrar preventores para sentar la tubería de revestimiento.
- Reportar operación correspondiente (dejar programa).

Ver figura III.8.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

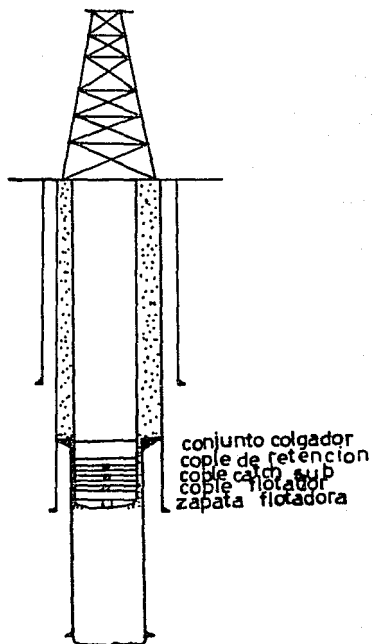


Figura III.8.- Cementación de tubería de revestimiento
"Complemento".

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

3.3.9 CEMENTACION DE EXTENSION DE TUBERIAS CORTAS (STUB).

Los cálculos a efectuar son los mismos que se describen para cementar una T.R. corta.

3.3.9.1 DESARROLLO OPERATIVO:

- Revisar cabeza y alojar tapón de desplazamiento de T.P. (proceder como se describió anteriormente en la cementación de T.R. corta).
- Romper circulación arriba de la bola de la T.R. corta, se verificara presión y gastos estabilizados.
- Enchufar Tie-Back en C-2, colocar marca al tocar la boca de la T.R. corta y otra al iniciar a cargar peso (medir la longitud entre las dos marcas y deben coincidir con la longitud de la C-2.
- Probar efectividad de sellos, si se observa circulación proceder como se indico anteriormente (cementación de complementos).

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO

- Probar conexiones superficiales.

- Bombear bache labador y probar equipo de flotación.

- Bombear bache espaciador.

- Bombear lechada, verificando con el volumen de agua necesaria (recuperar muestras, verificar presión, densidad, etc.).

- Soltar tapón de desplazamiento de T.P. (proceder como se describió anteriormente).

- Desplazar (verificar acoplamiento de tapones, presión final).

- Probar equipo de flotación, si no funciona represionar nuevamente, enchufar Tie-Back en C-2 y descargar presión.

- Enchufado Tie-Back en C-2, descargar peso de T.R.

- Soltar T.R..

- Levantar soldador 200 mts. arriba de la cima de baches, romper circulación, sacar soldador.

TECNICAS RECOMENDADAS PARA LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

- Reportar.

OBSERVACIONES: En esta operación como en la cementación de T.R. corta y complemento, se desplaza con un bache pesado (volumen igual al de T.R.) para evitar el movimiento de cemento ó si falla el equipo de flotación.

Ver figura III.9.

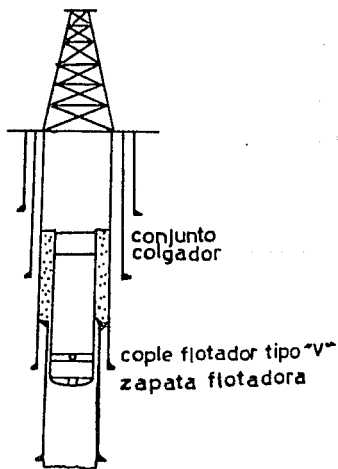


Figura III.9.- Cementación de extensiones "stub".

CAPITULO IV**HERRAMIENTAS ESPECIALES
EMPLEADAS EN LA CEMENTACION.****4.1 ZAPATA GUIA.**

La zapata guía forma el extremo inferior de cualquier tubería de revestimiento, sirve para guiar la tubería en su introducción al agujero, la conduce en el interior de él evitando que se clave en las paredes o la derrumbe. Contiene en su interior una pasta igual a la utilizada en los coples la cual reduce su diámetro interior desde 1 3/4 pg. en en zapatas de 4 1/2 pg. a 3 1/2 pg. en las zapatas de 20 pg. de diámetro. Su fabricación se realiza con material fácilmente perforable. Ver figura IV.1.

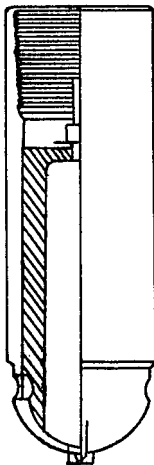


Figura IV.1.- Zapata guía.

CAPITULO IV**HERRAMIENTAS ESPECIALES
EMPLEADAS EN LA CEMENTACION.****4.1 ZAPATA GUIA.**

La zapata guía forma el extremo inferior de cualquier tubería de revestimiento, sirve para guiar la tubería en su introducción al agujero, la conduce en el interior de él evitando que se clave en las paredes o la derrumbe. Contiene en su interior una pasta igual a la utilizada en los coples la cual reduce su diámetro interior desde 1 3/4 pg. en en zapatas de 4 1/2 pg. a 3 1/2 pg. en las zapatas de 20 pg. de diámetro. Su fabricación se realiza con material fácilmente perforable. Ver figura IV.1.

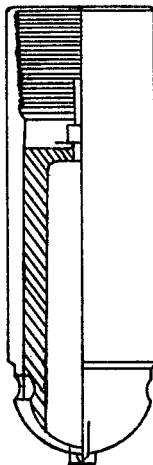


Figura IV.1.- Zapata guía.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.2 ZAPATA FLOTADORA TIPO "V".

Son diseñadas con una válvula de contrapresión, está diseñada para ayudar a flotar a la tubería, evitando el regreso del cemento y además, permite la circulación por los orificios laterales; cuando, por asentamiento de formación en el fondo del pozo, está se obtura. Su fabricación se realiza con material fácil de moler. Ver figura IV.2.

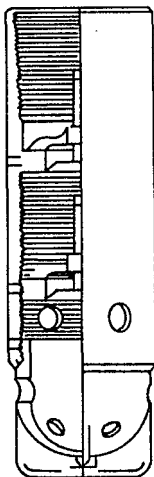


Figura IV.2.- Zapata flotadora tipo "V".

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.3 COPLE DIFERENCIAL.

Este cople diferencial, contiene una válvula que, abre ó cierra contra un asiento de la misma, está constituida de tal manera que el área de su sección transversal en el fondo es del 90% del área en la sección transversal superior. Esta diferencia permite que al introducir la tubería de revestimiento, se limite la acción de llenado de la misma de tal manera que, el nivel interior de la tubería es aproximadamente el 90% del nivel del espacio anular.

Aparte de eliminar los fuertes golpes de presión, reduce el tiempo de introducción de la tubería de revestimiento ya que, al llenarse automáticamente, puede meterse la tubería más fácilmente. Ver figura IV.3.

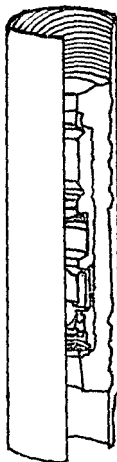


Figura IV.3.- Cople diferencial.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.4 COPLE RECEPTOR.

Sirve para retener la canica de bronce y su asiento para evitar obstrucciones de 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. Ver figura IV.4.

TAMARO (pg)	A (pg)	L (pg)
4 1/2	5	13 1/4
5	5 9/16	13
7	7 21/32	15 1/4
7 5/8	8 1/2	15
9 5/8	10 5/8	17 3/4

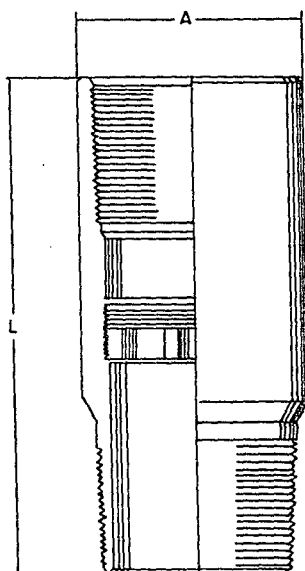


Figura IV.4.- Cople receptor.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.5 COPLE DE RETENCION TIPO I.

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

En su diseño, tiene un asiento con candado que, asegura el tapón limpiador lo cual es una protección adicional para evitar el regreso del cemento a través del liner. Ver figura IV.5.

TAMARO (pg)	A (pg)	L (pg)
4 1/2	5	13 1/4
5	5 9/16	13
7	7 21/32	15 1/4
7 5/8	8 1/2	15
9 5/8	10 5/8	17 3/4

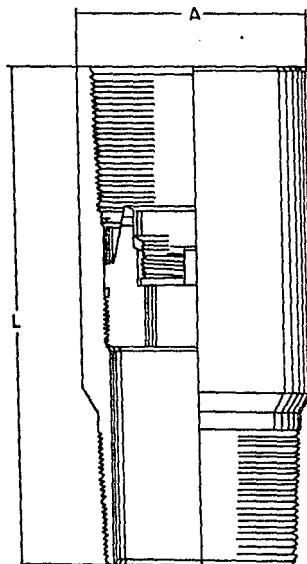


Figura IV.5.- Cople de retención tipo I.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.5.1 COPLE DE RETENCION TIPO II.

Se instalan, dos tubos arriba del cople receptor, en cementaciones donde se utiliza un colgador de tipo hidráulico. Tiene en su parte media un asiento de esfera, para que una vez que se suelte la canica desde la superficie, obture la circulación; al bombear lodo se incrementa la presión, lo que hace que se rompan los pernos de corte del colgador hidráulico, y actúe su mecanismo y anclen las cuñas de la tubería de revestimiento. Una presión adicional rompe los pernos de corte del asiento de esfera, descargandose automáticamente la presión cayendo el asiento y esfera en el cople receptor. Automáticamente, este cople se convierte en cople de retención Tipo I para recibir al tapón limpiador. Ver figura IV.6.

TAMARO (pg)	A (pg)	L (pg)
4 1/2	5	13 1/4
5	5 9/16	13
7	7 21/32	15 1/4
7 5/8	8 1/2	15
9 5/8	10 5/8	17 3/4

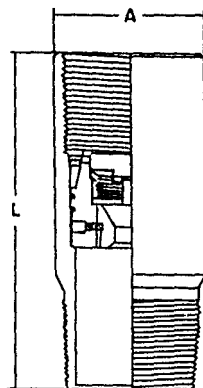


Figura IV.6.- Cople de retención tipo II.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.6 RECEPTACULO PULIDO.

Este es el dispositivo donde hacen contacto los sellos de la herramienta soltadora e impiden que la lechada de cemento se da vuelta y de ésta forma la circulación se realiza hasta el fondo a través de la zapata para salir al espacio anular. Ver figura IV.7.

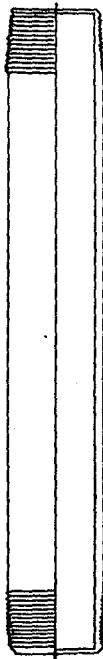


Figura IV.7.- Receptáculo pulido.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.7 CENTRADORES.

Con objeto de que el tramo por cementar de una columna de tubería de ademe, esté centrado con las paredes del pozo, de modo que la lechada de cemento sea de un espesor uniforme en el espacio anular, es necesario instalar sobre la tubería de revestimiento unos accesorios llamados centradores, los que consisten de una serie de muelles ó flejes metálicos, que se apoyan contra la pared del pozo, actuando como patines y facilitando el descenso de la tubería de revestimiento en el pozo.

De manera general ya que existen diferentes diseños, podemos clasificar a los centradores en dos grupos principales: tipo recto y tipo en espiral.

CENTRADORES RECTOS: Se denominan así porque, sus ejes siguen una dirección paralela al eje de la tubería. Dentro de éste tipo existen dos clases, atendiendo a la forma de los anillos que los limitan: de bisagra y sólidos; los primeros permiten su colocación en los puntos deseados durante la introducción de los tramos de tubería de revestimiento y los segundos tienen que colocarse cuando ésta se encuentra estibada. Ver figura IV.8.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

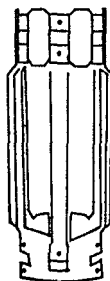


Figura IV.8.- Centrador recto.

CENTRADORES EN ESPIRAL: Los flejes de éstos centradores presentan una espiral derecha, que permite un acomodamiento de la tubería de revestimiento al pasar por las reducciones del agujero debido a la rotación que provoca la espiral.

Por lo general van soldados a la tubería de revestimiento en el extremo inferior de los tramos, controlándose el muelle 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; también, los de bisagra existen en este tipo.

Ver figura IV.9.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION



Figura IV.9.- Centrador en espiral.

4.8 RASPADORES.

La película de lodo adherida en la pared del pozo por el fluido de perforación deberá eliminarse, si es posible, en el intervalo que se va a colocar la lechada de cemento.

El enjarre puede eliminarse, circulando agua ó 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.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

Los raspadores de tipo reciprocante, están diseñados para este trabajo de limpieza. La doble hilera de escobillas fabricadas de acero al alto carbón, templadas en aceite, tiene la forma y flexibilidad necesaria para cobrar una perfecta adherencia del cemento.

Otro tipo de raspadores son los llamados rotatorios, a los cuales se les denomina así debido al tipo de movimiento que se deberá de dar a la tubería de revestimiento para hacerlos funcionar. Ver figura IV.10.

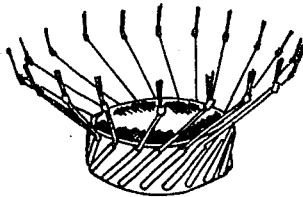


Figura IV.10.- Raspador.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9 OTRAS HERRAMIENTAS.

4.9.1 UNION GIRATORIA TIPO "C".

Se coloca inmediatamente abajo del colgador, ya sea mecánico ó hidráulico. Consta de tres cuerpos ensamblados que les permiten movimiento rotatorio entre sí ya que se separan del embargue 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 sentadora; en caso de no poder anclar el colgador cargando peso, el embargue mantendrá al colgador y cople soldador fijos mientras, se desenrosca la herramienta. Ver figura IV.11.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

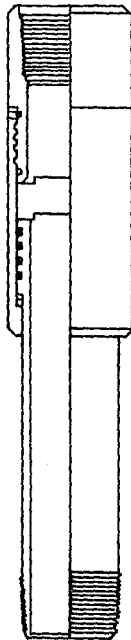


Figura IV.11.- Unión giratoria tipo "C".

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.2 UNION GIRATORIA TIPO "C-1".

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 ésta herramienta se elimina la necesidad del cople portatapón en el diseño del liner. Ver figura IV.12.

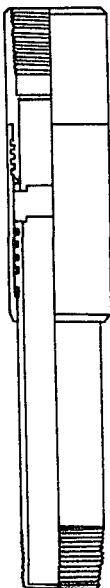


Figura IV.12.- Unión giratoria tipo "C-1".

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.3 COPLE PORTATAPON.

Se coloca siempre inmediatamente abajo del colgador mecánico ó hidráulico, en cementaciones donde se utiliza una válvula de charnela.

Su diseño incluye un asiento que, retiene al tapón limpiador tipo II durante la corrida del Liner y aletas centradoras opcionales.

Ver figura IV.13.

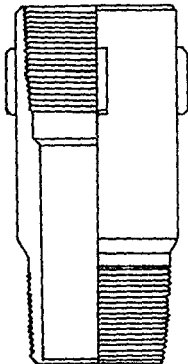


Figura IV.13.- Cople portatapón.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.4 COLGADOR MECANICO "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 las T.R.. Tiene un área grande de flujo entre el cuerpo de las cuñas una vez ancladas y el interior de la T.R. lo cual, ayuda a obtener una circulación sin estrangulamiento.

Además, debido a la distribución de las cuñas es posible tener un área de sustentación bastante grande, lo que permite suspender longitudes considerables de tubería de revestimiento. Ver figura IV.14.

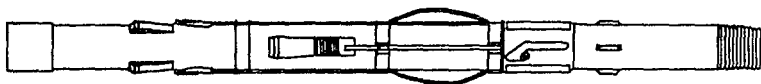


Figura IV.14.- Colgador mecánico "CMC".

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.5 HERRAMIENTA SOLTADORA TIPO "C" (BASICA).

La herramienta soldadora tipo "C" están diseñadas 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 de sellos de copa invertida, sellos Mollyglass (en el caso de usar un receptáculo pulido) o, agujón (si se utiliza válvula de charnela).

La herramienta soldadora tipo "C" (básica), consta de los siguientes elementos:

- A) Conexión superior.- Se conecta a la tubería de perforación con la cual se bajara el Liner; cuenta con un hombro de 18° en su parte inferior estandar API.
- B) Vástago.- Proporciona la longitud requerida de la herramienta para, librar la extensión de la camisa soldadora.
- C) Anillo Chatarrero ó Casquillo.- Se ajusta a la parte superior de la camisa, para evitar que material extraño penetre al soldador y la extensión del cople soldador.
- D) Soporte de cuña.- Aditamentos soporte de los pernos de carga ó cuña en una herramienta tipo "C-2".

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

- E) Balero.- El cuál se apoya en la parte inferior e interior del cople soldador, soporta el peso de la tubería de perforación, para facilitar la rotación a la derecha de la misma y soltar la tuerca flotadora del cople soldador.
- F) Cuerpo.- Permite que la tuerca flotadora, se deslice hacia arriba al momento de soltarse; de ésta manera, se evitan desplazamientos de la tubería de perforación por el desenrosque.
- G) Tuerca flotadora.- Es una tuerca con rosca izquierda, que se enrosca al cople soldador y asegura la introducción del Liner con los accesorios de anclaje.
- H) Adaptador.- Conector de la conversión de sellos requeridos.

Su aplicación de la herramienta soldadora Tipo "C", está limitada a aquellas ocasiones en que no se corra un empacador de Liner operado por pesos; puede utilizarse en conjunto con cualquier tipo de colgador ó sin éste, cuando se pretenda sentar el liner en el fondo. Ver figura IV.15.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

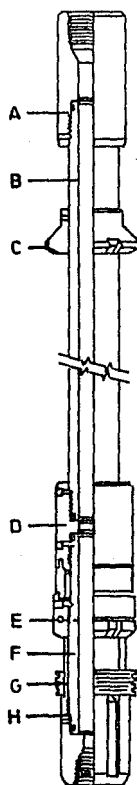


Figura IV.15.- Herramienta soldadora tipo "C" (básica).

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.6 HERRAMIENTA SOLTADORA TIPO "C-2" (BÁSICA).

La construcción de la herramienta soltadora tipo "C-2", es muy similar a la tipo "C", la conversión al tipo "C-2", se realizó, agregando un juego de candados actuados por resortes, entre la tuerca flotadora y el balero de bolas, de tal manera que la herramienta soltadora tipo "C-2", puede utilizarse para correr liners equipados con empacador de liner operado por peso. Con la excepción de los candados, todas las demás características de la herramienta tipo "C-2", son las mismas que la herramienta tipo "C". Su aplicación de la herramienta soltadora tipo "C-2", puede utilizarse para correr cualquier tipo de colgador, con cualquier tipo de empacador de Liner operado por peso. Ver figura IV.16.



Figura IV.16.- Herramienta soltadora tipo "C-2" (básica).

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.7 HERRAMIENTA SOLTADORA TIPO "C" O "C-2".

(CON CONVERSION DE SELLOS MOLLYGLASS).

DESCRIPCION:

La herramienta soltadora Tipo "C" ó "C-2" con conversión a sellos Mollyglass, se utiliza en todas las operaciones de cementación de tuberías cortas, que incluyen en su diseño un receptáculo pulido interior (PBR).

Puede utilizarse en donde existan condiciones de operación de tipo pesado, altas presiones y temperaturas en el fondo del pozo con presencia de H2S.

La herramienta soltadora tipo "C" ó tipo "C-2", con conversión a sellos Mollyglass, incluye los siguientes elementos:

A/H) Herramienta básica "C" o "C-2" completa.

I) Vástago separador.- Proporciona la longitud requerida para posicionar al juego de sellos Mollyglass, 30 cm. (aprox.) arriba de la conexión interior del PBR.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

De ésta manera, se garantiza una longitud adecuada para desconectar la herramienta soltadora, checar el colgador de liner y/o checar peso, sin que los sellos se salgan del PBR.

- J) Unidad de sellos.- La unidad de sello varía en su longitud de 10, 20 ó 30 pg., son de teflón inerte de un pulido de vidrio y diseñado para prevenir el flujo de fluido hacia arriba y abajo a través de la herramienta, durante las operaciones de circulación y de cementación.
- K) Vástago separador.- Proporciona la longitud requerida para posicionar al tapón limpiador dentro del colgador.
- L) Unión giratoria.- Su función, es la de eliminar que al tapón limpiador le llegue torsión, tanto al anclar el colgador, como al desenrocar la tuerca flotadora, evitando que corte los tornillos que lo sujetan.
- El tapón limpiador, va conectado en la parte inferior de la unión giratoria por medio de tres tornillos de corte, los cuales son cortados cuando se incrementa la presión, al conectarse el tapón de desplazamiento. Ver figura IV.17.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

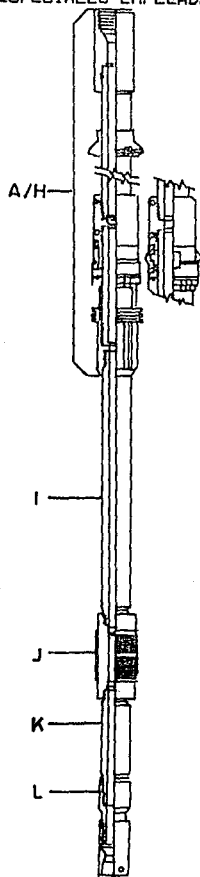


Figura IV.17.- Herramienta soltadora tipo "C" ó "C-2"
(con conversión a sellos mollyglass).

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.8 HERRAMIENTA SOLTADORA TIPO "C" O "C-2".

(CON CONVERSION A SELLOS DE COPAS).

DESCRIPCION:

La herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2", con conversión a sellos de copas, se utiliza en operaciones de cementación de tuberías cortas, en condiciones moderadas ó someras de presión y temperatura. La función del sello de copas invertida, es la de evitar el flujo de fluidos hacia arriba, a través de la herramienta durante las operaciones de circulación y cementación. Debido al diseño del sello, no esta capacitado para soportar presiones que vengan desde arriba.

APLICACION:

Se recomienda en aplicaciones económicas ya que, no requiere de superficies pulidas para efectuar el sello. La herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2", con conversión a sellos de copa, incluye los mismos accesorios que la conversión a sellos Mollyglass, a excepción del juego de sellos. Ver figura IV.18.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

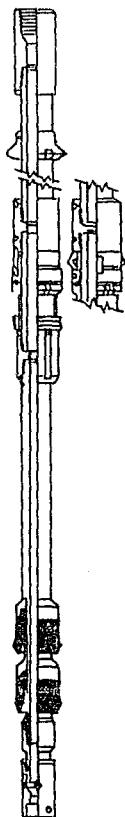


Figura IV.18.- Herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2"
(con conversión a sellos de copas).

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

4.9.9 HERRAMIENTA SOLTADORA TIPO "C" O "C-2"

(CON CONVERSION A AGUIJON)

DESCRIPCION:

La herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2", con conversión a aguijón, se utiliza en todas las operaciones de cementación de tuberías cortas que incluyen en su diseño una válvula de charnela.

VENTAJAS.

Al subsistir al PBR en las operaciones de cementación se obtiene una mayor economía y facilidad de ensamble. El aguijón puede utilizarse indefinidamente, dándole la protección adecuada durante su almacenaje y transportación. La herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2" con conversión a aguijón, consta exclusivamente de una herramienta básica completa y el aguijón de 2 3/8 pg. ó 2 7/8 pg. de diámetro, con superficie pulida para el sello. Ver figura IV.19.

HERRAMIENTAS ESPECIALES EMPLEADAS EN LA CEMENTACION

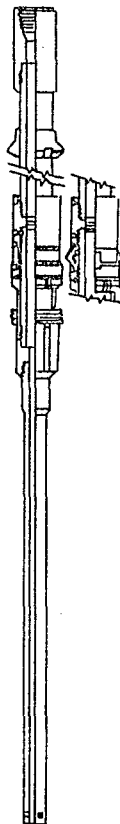


Figura IV.19.- Herramienta soldadora tipo "C" ó "C-2"
(con conversión a agujón).

CAPITULO V

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION.

5.1 CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 20 pg CON HERRAMIENTA STAB-IN

En este capítulo se ejemplifica una cementación de tubería de revestimiento utilizando herramienta stab-in; los datos son los siguientes:

ZONA:	Región Sur
DISTRITO:	Comalcalco
CAMPO:	Palangre
POZO:	1-D
TIPO:	Exploratorio Terrestre

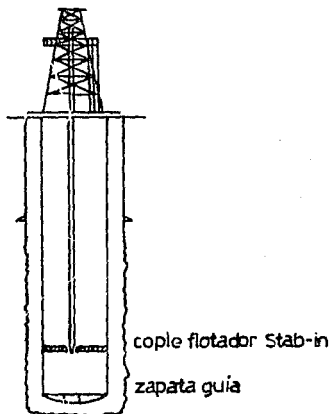
5.1.1 CONDICIONES DEL POZO.

El pozo Palangre 1-D, se encuentra perforando la formación Palmasola afora, con barrena de 26 pg. a la profundidad de 910 m. El fluido de perforación es un lodo base agua del tipo LF-2 (Bentonítico) con una densidad de 1.20 g/cm³. Cuya litología se compone de lutita gris verdosa y partes de arena de grano medio a

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

grueso. La última tubería cementada fue el tubo conductor (T.C.) de 30 pg a una profundidad de 30 m hasta la superficie.

5.1.2 ESTADO MECANICO. Ver figura V.1.



CAPACIDADES ENTRE TUBERIAS UTILIZADAS:

Capacidad T.C. 30 pg = $0.5067 \times (30.000^2) = 456.03$ l/m

Capacidad T.R. 20 pg = $0.5067 \times (19.124^2) = 185.31$ l/m

Capacidad T.P. 4.5 pg = $0.5067 \times (3.640^2) = 6.71$ l/m

Cap. entre agujero y T.R. 20 pg = $0.5067 \times (26^2 - 20^2) = 139.85$ l/m

Cap. entre T.C. y T.R. 20 pg = $0.5067 \times (30^2 - 20^2) = 253.35$ l/m

Figura V.1.- Estado mecánico.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

5.2 RECOMENDACIONES PREVIAS A LA CEMENTACION DE TUBERIAS DE
REVESTIMIENTO.

A) EN LA OFICINA:

- Definir el objetivo particular de la operación.
- Recopilar información del pozo:
 - * Estado mecánico
 - * Historia de la perforación
 - * Distribución de la tubería de revestimiento.
- Revisar registros de:
 - * Calibración.
 - * Desviación con temperatura de fondo del agujero.
 - * Información litológica.
- Materiales.
 - * Cemento: Diseño y reología de la lechada, densidad, rendimiento agua necesaria, tiempo bombeable.
 - * Baches: Tipo, volumen, densidad, compatibilidad con el fluido de control.
- Revisar reología del fluido de control y cemento, verificando condiciones de operación.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- Comentarios con el coordinador.

- * Detalles y observaciones.
- * Recomendaciones operativas.
- * Alternativa de acción en casos de problemas potenciales.
- * Coordinar movimientos del equipo, material y personal para la operación.
- * Coordinar hora de salida al pozo.

B) CAMPO (PREVIO A LA OPERACION):

- * Verificar circulación del lodo y medir reología del fluido de control.
- * Verificar desplazamiento del fluido durante la introducción.
- * Verificar resistencias.
- * Verificar funcionamiento del equipo de flotación.
- * Revisar ajuste final de la tubería de revestimiento, referida a la mesa rotaria y de acuerdo a la tubería de revestimiento por cementar.
- * Revisar número de tramos recibidos, introducidos y remanentes.
- * Revisar marca, libraje y diámetro de la cuñas para anclar la tubería de revestimiento.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- Entrevista con el I.T.P. (Inspector Tecnico de Perforación) y verifica condiciones actuales del pozo:
 - * Tiempo de circulación, presión y gastos,
 - * Peso físico de la tubería de revestimiento.
 - * Si se trabaja con tubería de perforación (Liner, Stab-in ó Inner - String) deberá checar el diámetro interior de la tubería de perforación y combinaciones utilizadas.
 - * Verificar lodo - densidad entrada - densidad salida, (Reología)
 - * Verificar que la tubería de revestimiento no est sentada en cuñas. Deberá estar colgada en el block durante la operación para verificar la variación del peso de la tubería de revestimiento.
 - * Verificación de la carátula del indicador de peso de acuerdo al número de líneas guarnidas.
- Existencia del material en la localización.
 - * Cantidad de cemento (de acuerdo al diseño)
 - * Volumen de lodo disponible.
 - * Volumen de agua disponible.
 - * Tapones de desplazamiento.
 - * Cabeza de cementar (funcionamiento, tipo de rosca y altura de la misma).

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- * Bombas de lodo (dimensiones, camisa y pistón).
- * Equipo de cementación disponible (unidades de alta presión, silos, premezclador, balanzas, abastecimiento de aire, registradores de presión y medidores de flujo).
- * Verificar que la líneas para suministro de lodo y agua, no estén tapadas.

- EFECTUAR CALCULOS CORRESPONDIENTES PARA LA CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO:

- PESO TEORICO DE LA SARTA EN EL AIRE "Wt":

$$Wt = (LRT \times 3.28 \times w) / 2.2$$

$$Wt = (898.0m \times 3.28 \text{ pie/m} \times 94 \text{ lb/pie}) / 2.2 \text{ lb/kg}$$

$$Wt = 125,851 \text{ kg} = 125.8 \text{ Ton}$$

- FACTOR DE FLOTACION "Ff":

$$Ff = 1 - (DL/Da)$$

$$Ff = 1 - (1.2 \text{ g/cm} / 7.85 \text{ g/cm})$$

$$Ff = 0.847$$

- PESO FISICO DE LA SARTA FLOTADA "Wf":

$$Wf = Wt \times Ff$$

$$Wf = 125,851 \text{ kg} \times 0.847$$

$$Wf = 106,613 \text{ kg} = 106.6 \text{ Ton}$$

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- PESO DE LA TUBERIA DE PERFORACION DE 4.5 pg, 20 lb/pie, "Wtp":

$$Wtp = (872.0m \times 3.28 \text{ pie/m} \times 20 \text{ lb/pie}) / 2.2 \text{ lb/kg}$$

$$Wtp = 26,000 \text{ kg} = 26 \text{ Ton}$$

- PESO FISICO DE LA T.P. FLOTADA "Wtpf":

$$Wtpf = 26,000 \text{ kg} \times 0.847$$

$$Wtpf = 22,000 \text{ kg} = 22 \text{ Ton}$$

- PESO TOTAL DE LA T.P INCLUYENDO EL PESO DEL GANCHO "Wtpt":

$$\text{Peso del gancho} = Wgancho = 10 \text{ Ton}$$

$$Wtpt = Wtpf + Wgancho$$

$$Wtpt = 22 \text{ Ton} + 10 \text{ Ton}$$

$$Wtpt = 32 \text{ Ton}$$

- VOLUMEN DE LA LECHADA "VL":

$$VL = \text{Volumen de cemento} \times 20 \times \text{Rendimiento}$$

$$\text{Para lechada con densidad de } 1.60 \text{ g/cm}^3 :$$

$$VL = 140 \text{ Ton} \times 20 \text{ saco/Ton} \times 57.65 \text{ l/saco}$$

$$VL = 161,420 \text{ l} = 1,015 \text{ bls}$$

$$\text{Para lechada con densidad de } 1.87 \text{ g/cm}^3 :$$

$$VL = 40 \text{ Ton} \times 20 \text{ saco/Ton} \times 39.80 \text{ l/saco}$$

$$VL = 31,840 \text{ l} = 200 \text{ bls}$$

- VOLUMEN DE AGUA REQUERIDA PARA MEZCLAR EL CEMENTO "VA" :

$$VA = \text{Volumen de cemento} \times 20 \times \text{Agua necesaria}$$

$$\text{Para lechada con densidad de } 1.60 \text{ g/cm}^3 :$$

$$VA = 140 \text{ Ton} \times 20 \text{ saco/Ton} \times 41 \text{ l/saco}$$

$$VA = 114,800 \text{ l} = 722 \text{ bls}$$

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

Para lechada con densidad de 1.87 g/cm^3 :

$$VA = 40 \text{ Ton} \times 20 \text{ saco/Ton} \times 23.33 \text{ l/saco}$$

$$VA = 18,664 \text{ l} = 117 \text{ bls}$$

Volumen de agua necesaria total "VAt" :

$$VAt = 114,800 \text{ l} + 18,664 \text{ l}$$

$$VAt = 133,464 \text{ l}$$

- VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO "VD" :

$$VD = LTP \times CTP$$

donde :

LTP = Longitud de la tubería de perforación en (m).

CTP = Capacidad de la tubería de perforación en (l/m).

$$LTP = 872.04 \text{ m}$$

$$CTP = 0.5067 \times (3.640^2)$$

$$CTP = 6.7135 \text{ l/m}$$

$$VD = 872.04 \text{ m} \times 6.7135 \text{ l/m}$$

$$VD = 5,855 \text{ m} = 37 \text{ bls}$$

- PRESION DIFERENCIAL "Pdif" :

$$Pdif = (H \times (DC - DL)) / 10$$

$$Pdif = (703.0 \text{ m} \times (1.60 \text{ g/cm}^3 - 1.20 \text{ g/cm}^3)) / 10$$

$$Pdif = 28.12 \text{ kg/cm}^2 = 400 \text{ lb/pg}^2 \quad (-)$$

$$Pdif = (169.74 \text{ m} \times (1.87 \text{ g/cm}^3 - 1.20 \text{ g/cm}^3)) / 10$$

$$Pdif = 11.37 \text{ kg/cm}^2 = 162 \text{ lb/pg}^2 \quad (-)$$

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

$$Pdif = (25.26 \text{ m} \times (1.87 \text{ g/cm}^3)) / 10$$

$$Pdif = 4.7 \text{ kg/cm}^2 = 67 \text{ lb/pg}^2 \quad (+)$$

$$Pdif = (872.74 \text{ m} \times (1.20 \text{ g/cm}^3)) / 10$$

$$Pdif = 105 \text{ kg/cm}^2 = 1,489 \text{ lb/pg}^2 \quad (+)$$

Presión diferencial total "Pdift" :

$$Pdift = (1,489 + 67 - 162 - 400) \text{ lb/pg}^2$$

$$Pdift = 994.0 \text{ lb/pg}^2$$

- FUERZA QUE ACTUE SOBRE EL COPLE "FC" :

$$FC = P_{\text{max}} + AES$$

donde :

P_{max} = Presión de circulación lb/pg^2 + Presión diferencial lb/pg^2

AES = Area exterior de sellos en pg^2 = $0.785 \times (D^2)$

donde :

D = Diámetro de sellos en pg .

Presión de circulación = 200 lb/pg^2

$$P_{\text{max}} = 200 \text{ lb/pg}^2 + 994 \text{ lb/pg}^2$$

$$P_{\text{max}} = 1,194 \text{ lb/pg}^2$$

$$AES = 0.785 \times (2.5^2) = 4.9 \text{ pg}^2$$

$$FC = 1,194 \text{ lb/pg}^2 \times 4.9 \text{ pg}^2$$

$$FC = 5,851 \text{ lb} = 2,660 \text{ kg} = 2.6 \text{ Ton}$$

Ver figura V.2.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

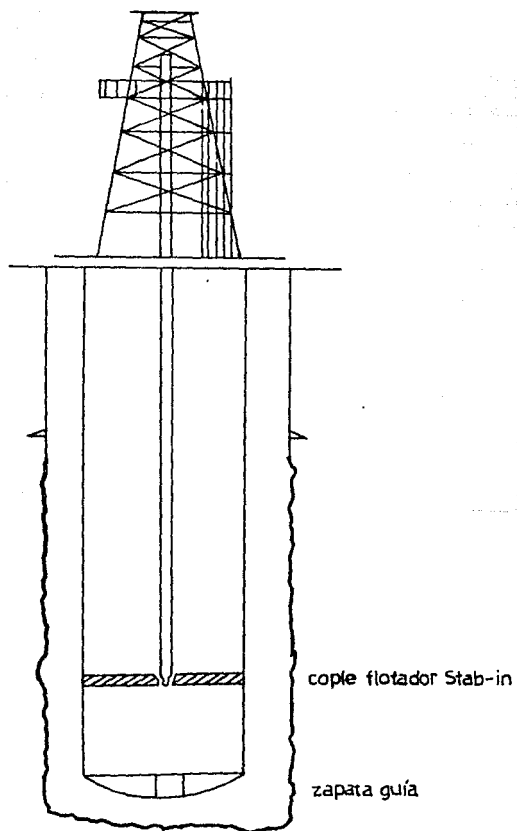


Figura V.2.- Cálculo de presión diferencial total.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- Revisar cabeza de cementación, colocar tapones de desplazamiento e instalar misma.

- PLANEACION DE LA OPERACION:

- * Elaborar programa operativo y difundirlo.
- * Solicitar personal y material de apoyo (balanza, bolsas para recuperar muestras de cemento, recipiente para muestra de agua).
- * Asignación de funciones al personal de apoyo.
- * Instalación de niveles en presas de lodo.
- * De ser necesario, contar con presas auxiliares para la recuperación del lodo.

5.3 DESARROLLO DE LA OPERACION.

- Meter tubería de revestimiento a fondo, circular acondicionando lodo (chechar Reología), efectuar ajuste, instalar piso falso, meter conector con tubería de perforación, enchufarse y romper circulación.
- Circular verificando efectividad del conector checando presión y gasto, (variando stos para calcular el peso que se cargará sobre el cople).

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

Una vez que se tienen los datos de presión a diferentes gastos y la presión diferencial calculada, se sumarán proporcionandonos aproximadamente, la presión esperada durante la operación. Esta presión nos ayuda a calcular la fuerza del pistón sobre el cople y con ello tendremos el peso a cargar para contrarrestar ésta fuerza.

Se observará durante el desarrollo de la operación, una recuperación en el indicador de peso, debido al efecto de flotación de la tubería de revestimiento al salir la lechada de cemento al espacio anular; por lo que se recomienda no recargarle peso, para evitar el desprendimiento del área pulida del cople.

- Revisar cabeza de cementar, colocar tapón de desplazamiento.
- Instalar cabeza de cementar y líneas de inyección.
- Bombear bache lavador, checar circulación.
- Probar equipo de flotación, descargando presión diferencial.
- Bombear lechadas de cemento en el orden programado, checando todas las condiciones enunciadas anteriormente.
- Soltar tapón de desplazamiento (chechar movimiento de machos).
- Desplazar volumen de tubería de perforación hasta alcanzar presión final.
- Probar funcionamiento del equipo de flotación.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- Desenchufar conector , sacar tubería de perforación.
- Efectuar reporte correspondiente (ANOTANDO LOS DATOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE).

Si se tiene programado cubrir 100% con lechada hasta superficie durante el bombeo de la lechada y desplazamiento, estar pendiente cuando inicie a salir cemento para desviar el flujo hacia la presa de desperdicio y cuantificar este volumen de lechada para definir la calidad de la cementación (canalización ó normal).

- Antes de colocar el tapón de desplazamiento en la cabeza de cementar, deberá verificarse:

a) Diámetro máximo:

Para verificar que sucede atraves del diámetro interior de la tubería de perforación y combinaciones, utilizadas (dentro del pozo).

b) Longitud:

Para verificar que no se dañe o quede atrapado.

5.4 Reporte correspondiente.

Operación: Cementación de tubería de reabastimiento de 20 pg con herramienta stab-in.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- Se verificó cople stab-in, con una tonelada de peso (de 32 Ton. a 31 Ton. de tubería de perforación de 4.5 pg., 20 Lb/pie.
- Realizó ajuste de la tubería de perforación de 4.5 pg, revizar cabeza de cementar de 5 pg., e instala tapón de desplazamiento.
- Se instaló cabeza de cementar de 20 pg x 5 pg
- Con tubería de revestimiento de 20 pg K-55, 94 Lb/pie a 898m y tubería de perforación de 4.5 pg a 832m, se verifico sellos de cople stab-in, cargandole 5 Ton. de peso, dejando Wtp de 32 Ton a Wtp de 26 Ton; instaló conexiones superficiales 100% .
- Se circuló lodo LF-2 con densidad de 1.20 g/cm^3 , acondicionando el lodo de perforación hasta obtener los valores más bajos posibles de viscosidad plástica y punto de cedencia.
- Se realizó junta de seguridad.
- Se probó conexiones superficiales con 5000 lb/pg^2 , satisfactoriamente.
- Se probó sellos con $\text{Ptp} = 5000 \text{ lb/pg}^2$, exitosamente.
- Se represiono el espacio anular entre la tubería de revestimiento de 20pg. y tubería de producción de 4.5 pg con 450 lb/pg^2 , manteniendose esta presión durante la operación.
- Se rompió circulación con 350 lb/pg^2 y probó equipo de flotación con 10m^3 de bache lavador con densidad de 1.0 g/cm^3 . y verifico funcionamiento del equipo de flotación satisfactoriamente.

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

- Se bombeo $10m^3$ de bache espaciador con densidad de 1.43 g/cm^3 .
- Con tubería de revestimiento de 20 pg a 898 m , se inició cementación de la misma con 140 Ton. de cemento Apasco de 1.87 g/cm^3 . con previos baches lavador y espaciador (20 m) respectivamente; la densidad del bache lavador fue de 1.0 g/cm^3 y del bache espaciador de 1.43 g/cm^3 .
- Se desplazo la lechada con 37 bls. de lodo LF-2 con densidad de 1.20 g/cm^3 . (soltando tapón desplazador previamente), registrando los siguientes datos:

* Presión de desplazamiento	700 lb/pg ²
* Gasto	4 - 2 BPM
* Alcanzando presión final de	1,500 lb/pg ²

- DISEÑO DE LA LECHADA DE CEMENTO.

Se presenta la composición de la lechada recomendada después de pruebas de laboratorio con agua de planta y lodo de pozo.

140.00 Toneladas de cemento Apasco, molienda 154.

161.42 Metros cúbicos de lechada densidad 1.60 g/cm^3 .

Utilizando los siguientes aditivos:

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

ADITIVO	%	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
D079L	0.90	EXTENDEDOR	1,260.00	KILOGRAMOS
D112	0.90	CONT. DE FILTRADO	2,777.04	LIBRAS
D065	0.10	DISPERSANTE	308.56	LIBRAS
D046	0.25	ANTIESPUMANTE	771.40	LIBRAS

40.00 Toneladas de cemento Apasco, molienda 154.

31.89 Metros cúbicos de lechada densidad 1.87 g/cm³

Utilizando los siguientes aditivos:

ADITIVO	%	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
S001L	1.30	ACELERADOR	600.00	KILOGRAMOS
D059	0.60	CONT. DE FILTRADO	528.96	LIBRAS
D065	0.15	DISPERSANTE	132.24	LIBRAS
D046	0.20	ANTIESPUMANTE	176.32	LIBRAS

REQUERIMIENTO DE AGUA: 41.10 l/saco

RENDIMIENTO: 57.65 l/saco

TIEMPO BOMBEABLE: 5:00 horas

DENSIDAD: 1.60 g/cm³

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

REQUERIMIENTO DE AGUA: 23.33 l/saco
 RENDIMIENTO: 39.86 l/saco
 TIEMPO BOMBEABLE: 4.35 horas
 DENSIDAD: 1.87 g/cm³

DISTRIBUCION DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 20 pg :

1 Zapata guia de 20 pg	898.00 m - 897.47 m
2 Tramos de T.R. 20 pg , K-55, 94 lb/pie	897.47 m - 872.74 m
1 Cople flotador stab-in.	872.74 m - 872.04 m
73 Tramos de T.R. 20 pg , k-55, 94 lb/pie	872.04 m - 0.00 m

Durante la operación se observó circulación normal, salió cemento a superficie.

Cerro pozo con :

Presión en tubería de perforación = 1,000 lb/pg².

Presión en tubería de revestimiento = 400 lb/pg².

Siguiente operación:

Con pozo cerrado, esperar 24 hrs. de fraguado sin movimiento de tubería, posteriormente sacar STAB-IN y reconocer cima teórica (+/-) 872 m.

||CONCLUSIONES

Uno de los aspectos de primer orden dentro de las operaciones que se efectúan para perforar un pozo petrolero, es el que se refiere a la protección de las paredes del agujero para evitar derrumbes y aislar manifestaciones de agua o de hidrocarburos. Dicha protección se lleva a cabo mediante la cementación de tuberías revestimiento.

Finalmente uno de los factores más importantes para la programación, diseño y éxito en las operaciones de la cementación de las tuberías de revestimiento, es el eficiente manejo de recursos humanos y materiales, lo cual dará como consecuencia beneficios económicos a Petróleos Mexicanos (PEMEX) y por ende a nuestro País.

REFERENCIAS

- 1.- Diseño de tuberías de revestimiento y cementación.
Ing. Miguel Angel A. Benitez Hernández.
Instituto Mexicano del Petróleo (I.M.P.).
- 2.- Apuntes del curso de actualización para ingenieros petroleros de campo. Villahermosa, Tabasco 1988.
- 3.- Well Cementing.
Erick B. Nelson.
Schlumberger Educational Services.
Houston, Texas 1990.
- 4.- American Petroleum Institute (A.P.I.) Specification for material and testing for well cements.
American Petroleum Institute, Washington D.C. .
- 5.- Práctica del ingeniero petrolero de campo. Victor M. Salinas Poumiaén.
Deptto. de Ingeniería Petrolera. Villahermosa, Tabasco 1984.
- 6.- Halliburton Customer Cementing Manual.
Halliburton Service, Duncan Oklahoma 1989.
- 7.- Procedimientos de operación de ingeniería petrolera.
Gerencia de Desarrollo de Campos PEMEX. México, D.F. 1988.
- 8.- Manual de procedimientos operativos de cementaciones.
PEMEX Exploración - Producción, Región Sur.
Gerencia de Perforación y Mantenimiento de Pozos. Comalcalco, Tabasco 1992.
- 9.- Manual de la Compañía Precisión Mecánica S.A de C.V. 1986.
- 10.- Curso para operación de equipos de cementación, estimulación y fracturamiento de pozos petroleros. Volumen II.
Instituto Mexicano del Petróleo 1991.