"Metodología en Operaciones de Cementación Primaria y Forzada utilizando nuevas tecnologías"

Israel Adolfo Campos Tarira [1]
Diego Francisco Armas Salguero [2]
Dani Javier Guevara Fiallos [3]
Ing. Xavier Vargas [4]
Ing. Daniel Tapia [5]

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador

Ingeniero de Petróleos, e-mail: gausscampos@hotmail.com [1]
Ingeniero de Petróleos, e-mail: kid2811@hotmail.com [2]
Ingeniero de Petróleos, e-mail: diegoarmassalguero@hotmail.com [3]
Profesor de Materia de Graduación, Ingeniero de Petróleo, e-mail: xvargas@espol.edu.ec [4]
Profesor de Materia de Graduación, Ingeniero de Petróleo, e-mail: dtapia@espol.edu.ec [5]

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar el diseño de la cementación del pozo arcángel 1D, En la primera parte planteamos brevemente, los diferentes tipos de Cementaciones que son aplicadas en la terminación de una fase en un pozo petrolero, así como, herramientas usadas, técnicas aplicadas y el uso de diferentes tipos de revestidores según la profundidad alcanzada en cada sección.

Luego se presentara una descripción litológica de la zona en la cual se ha planificado la perforación del pozo A1D, así como la estratigrafía general del campo y un resumen operacional de la perforación del pozo

Mostraremos el diseño por sección de las diferentes lechadas de cemento a ser usadas en cada sección, haciendo referencia a tipos de fluidos a ser bombeados, aditivos usados en la formulación, cálculos volumétricos de cada lechada, cantidad de sacos requeridos para la mezcla, volúmenes de desplazamiento y procedimientos operacionales.

Se presentan los resultados de los cálculos hechos para la cementación, así como, conclusiones y recomendaciones de tal modo que lleguemos a tener una idea clara del diseño de cementación para un pozo en el oriente ecuatoriano planteado en este artículo.

Palabras Claves: *cementación de pozos, cementación primaria y secundaria.*

Abstract

This paper aims to show the design of the archangel well cementing 1D, we propose in the first part briefly the different types of cement are applied at the completion of a phase in an oil well, as well as tools used, techniques applied and the use of different types of liners according to the depth reached in each section.

Then submit a lithological description of the area in which planned the drilling of A1D and general stratigraphy of the field and operational summary of the drilling

Show the design for different section of the cement slurry to be used in each section, referring to types of fluids to be pumped, additives used in the formulation of each slurry volumetric calculations, number of bags required for mixing, volumes travel and operational procedures.

We present the results of calculations made for bonding, as well as conclusions and recommendations so that we get to have a clear idea of design for cementing a well in eastern Ecuador raised in this article.

Keywords:. *cementing wells, primary and secondary cementing.*

1. Introducción

Los pozos son la única manera de comunicación del yacimiento con la superficie, de la efectividad de esa comunicación depende la producción del yacimiento así como de su rentabilidad. Los pozos representan el mayor gasto en el desarrollo del yacimiento. Por tanto, deben ser diseñados técnica y económicamente, para obtener la máxima rentabilidad de un campo.

Las cementaciones son utilizadas en pozos petroleros con el objetivo proteger y aislar el espacio anular entre la tubería de revestimiento y las paredes de las formaciones por las que atraviesa un pozo.

Este informe se enfoca específicamente en el diseño volumétrico de la lechada que corresponden a una cementación primaria en una etapa y las técnicas necesarias para lograr una cementación óptima y segura de un pozo productor o inyector, así como también los procedimientos que contribuyen a evitar problemas en la producción efectiva de los pozos.

2. Cementación de pozos petroleros

En la Industria Petrolera la cementación de un pozo es el proceso mediante el cual se coloca una lechada de cemento en el espacio anular formado entre las formaciones que se han perforado y la tubería de revestimiento, en muchos casos esto puede hacerse en una operación simple, a través de bombear cemento debajo de la tubería de revestimiento a través del zapato guía del revestimiento, hacia arriba y dentro del espacio anular.

2.1 Cementación primaria

Se realiza una vez terminada la fase de perforación con la tubería de revestimiento ya en el pozo y consiste en bombear cemento hacia el espacio anular.
La cementación primaria tiene como principales funciones:

- ✓ Evita el flujo de los fluidos entre las formaciones.
- ✓ Fija la tubería de revestimiento con la formación.
- ✓ Ayuda a evitar surgencias descontroladas de alta presión detrás del revestimiento.
- ✓ Aísla la zapata de revestimiento.
- ✓ Aísla las zonas productoras previniendo el flujo cruzado entre los intervalos a diferentes presiones.

En la actualidad existen varias técnicas de cementación primaria, y la selección de cuál es la más acertada a usar depende de varios factores, a continuación se presentan las técnicas de cementación más comunes y cuando se las utiliza.

- ✓ Cementación en una etapa
- ✓ Cementación en dos etapas
- ✓ Cementación de Liner

2.2 Cementación en una etapa

Básicamente es la más sencilla de todas, la lechada de cemento es ubicada en su totalidad en el espacio anular desde el fondo hasta la profundidad deseada, para esto se requerirá de presiones de bombeo altas lo que implica que las formaciones más profundas deban tener presiones de formación y fractura altas y no permitir que se produzcan perdidas de circulación por las mismas.

Usualmente esta técnica es usada en pozos poco profundos o para cementar el casing superficial, y el equipo del de fondo será el básico para la cementación, zapato guía, collar flotador, centralizadores, raspadores, tapones de fondo y tope.

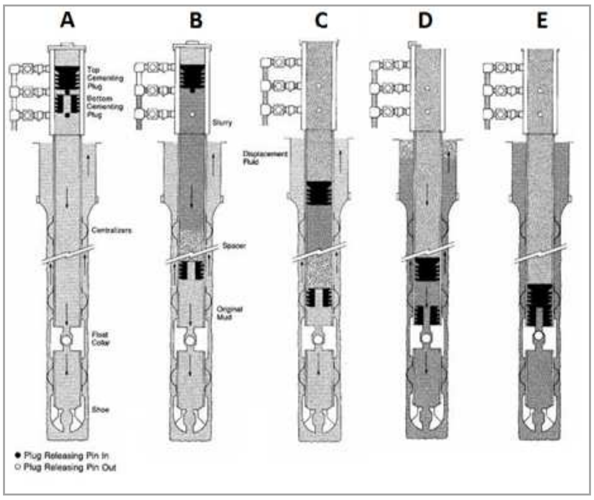


Figura1 Secuencia Cementación una Etapa

2.3 Cementación de liner

Una sarta de liner usualmente incluye una zapata y un collar flotador, junto con una tubería de revestimiento más larga y un colgador de liner, colocado hidráulica o mecánicamente, para asegurar la parte superior, todo el ensamblaje es corrido con tubería de perforación y luego se coloca el colgador a unos 300 – 500 pies dentro de la tubería de revestimiento anterior.

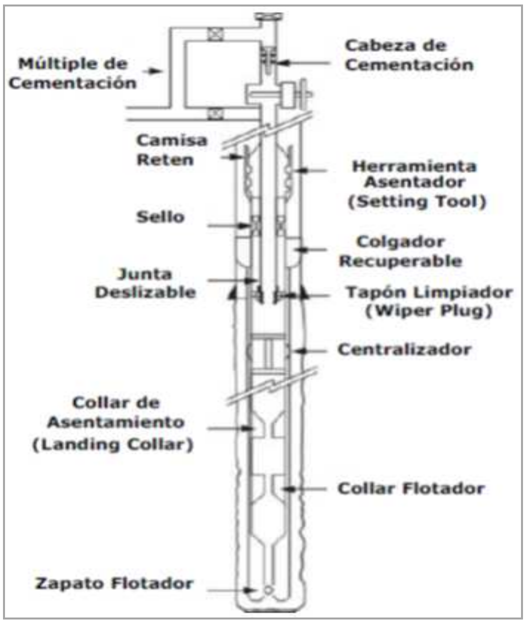


Figura2: Secuencia Cementación una Etapa

3. Diseño de la cementación

A continuación se presenta una descripción de las operaciones de cementación que se llevaran a cabo en cada una de las secciones superficial, intermedia y de producción que fueron perforadas en el pozo A1D.

3.1 Sección piloteada con revestidor de 20”

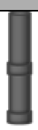
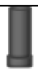
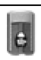
Esta sección presenta un revestidor de 20” ya piloteado y cementado previo a la perforación, por lo tanto no se requiere diseñar un programa de cementación para esta sección.

.

3.2 Programa de cementación para la sección superficial

Una vez perforada la sección superficial con broca de 16 pulgadas, se procederá a correr revestidor de 13 3/8” (según diagrama), hasta fondo y se realizará la cementación según el siguiente programa:

Tabla 1: Diagrama del revestidor de 13 3/8”.

DIAGRAMA	DESCRIPCION
	±142 Juntas de tubería de revestimiento de 13 3/8”, 72 lbs / pie, C-95, BTC
	13 3/8” Collar Flotador convencional, BTC, perforable con PDC
	1 Juntas de tubería de revestimiento de 13 3/8”, 72 lbs / pie, C-95, BTC
	13 3/8” Zapato Flotador convencional, BTC, perforable con broca PDC

- ✓ Instalar zapato y correr revestimiento hasta la profundidad final e instalar un centralizador por junta en los primeros 500 ft, circular en los puntos que encuentre obstrucción.
- ✓ Romper circulación y circular a limpio (2 fondos arriba), acondicionar lodo hasta obtener un YP menor de 20 lb/100 sqft y perfil plano de geles.
- ✓ Instalar la cabeza de cementación (Doble tapón Quick Latch) y armar las líneas de superficie, luego conectarse en "Y" para permitir el desplazamiento con las bombas del taladro.
- ✓ Continuar circulando para romper geles y estabilizar presiones.
- ✓ Mezclar espaciadores y agua de mezcla del cemento.
- ✓ Realizar reunión de seguridad pre - operacional y asignar labores y responsabilidades.

Tabla 2: Cálculos de lechada de la tubería superficial

PERFORACION		DATOS DE CASING [pulg]	
DIAMETRO DE LA BROCA [pulg]	16	CASING OD	13,375
WASH OUT [%]	10		
PROF TOTAL PERF [pies]	5998	CASING ID	12,347
		RENDIMIENTO CEMENTO [pie³/sk]	
PROFUNDIDAD ZAPATO [pies]	5993	RELLENO	1,68
TOPE DE LECHADA DE COLA [pies]	5498	COLA	1,18
PROFUNDIDAD COLLAR FLOT [pies]	5953	% EXCESO	15

VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO	882 Bls
VOLUMEN ENTRE ZAPATO / CF	6 Bls
VOLUMEN BOLSILLO	1 Bls
VOLUMEN DE LECHADA DE COLA	49 Bls
VOLUMEN DE LECHADA DE RELLENO	515 Bls
CANTIDAD DE SACOS DE CEMENTO LECHADA DE COLA	232
CANTIDAD DE SACOS DE CEMENTO LECHADA DE RELLENO	1720

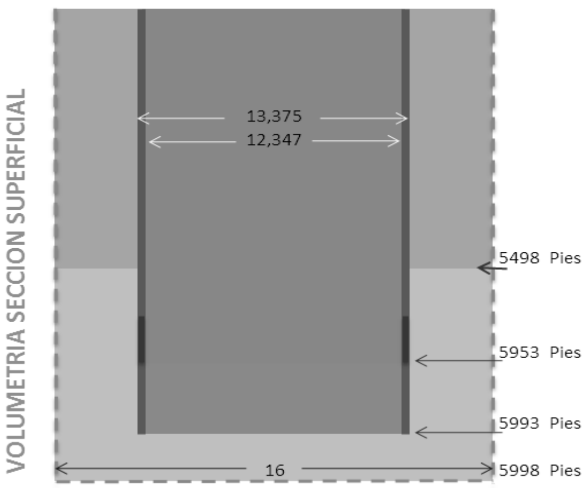


Figura 3: Diagrama Inicial Sección Superficial 16”.

Calculados los volúmenes de mezcla y desplazamiento de las lechadas se procede a realizar la cementación de la sección superficial de 16” según el siguiente programa:

- ✓ Bombear 2 bls de Dual Spacer y probar líneas con 2000 psi.
- ✓ Soltar tapón inferior.
- ✓ Bombear espaciador Dual Spacer
- ✓ Mezclar y bombear la lechada de relleno de 13.5 ppg.
- ✓ Mezclar y bombear la lechada principal de 15.6 ppg.
- ✓ Soltar tapón superior.
- ✓ Desplazar con las bombas del taladro a 12 bpm, ultimos 20 bbls de desplazamiento a 3 bpm (baja eficiencia). En caso de no sentar tapón continuar desplazando según la norma API 5CT
- ✓ Sentar tapón con 500 psi por encima de la presión final de bombeo.
- ✓ Chequear back flow.
- ✓ Esperar fragüe de acuerdo a las pruebas del laboratorio.
- ✓ En caso de influjo de agua soldar platina en superficie para realizar un top job contra la platina y cerrar la válvula del anular del pozo.

3.3 Sección intermedia 12 ¼”.

Esta sección fue perforada con un diámetro de broca de 12 ¼ pulgadas, desde 5998 pies en MD hasta 8996 pies en MD, como se muestra en la figura.

Tabla 3: Cálculos de lechada de la tubería intermedia

DIAMETRO DE BROCA [pulg]	12,25
WASH OUT [%]	30
PROFUNDIDAD TOTAL PERF [pies]	8996
PROFUNDIDAD ZAPATO CSG SUP [pies]	5998
PROF ZAPATO CSG INTERMEDIO [pies]	8991
PROFUNDIDAD C/F[pies]	8911
PROF TOPE LECHADA COLA [pies]	7996
PROF TOPE LECHADA RELLENO [pies]	5798

DIAMETROS REVESTIDOR [pulg]	
ID REV SUPERFICIAL	12,347
OD REV SUPERFICIAL	13,265
ID REV INTERMEDIO	8,681
OD REV INTERMEDIO	9,625

RENDIMIENTO DE LECHADAS [pie³/sk]	
COLA	1,16
RELLENO	1,68
% DE EXCESO	30

VOLUMEN ANULAR CSG SUP/CSG INT	12	Bls
VOLUMEN ANULAR CSG SUP/ O H	167	Bls
VOLUMEN BOLSILLO	0,7	Bls
VOLUMEN ENTRE ZAPATO / CF	6	Bls
VOLUMEN DE LECHADA DE COLA	81	Bls
VOLUMEN DE LECHADA RELLENO	160	Bls

CANTIDAD DE SACOS DE CEMENTO LECHADA DE COLA	391
CANTIDAD DE SACOS DE CEMENTO LECHADA DE RELLENO	535
VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO [Bls]	652

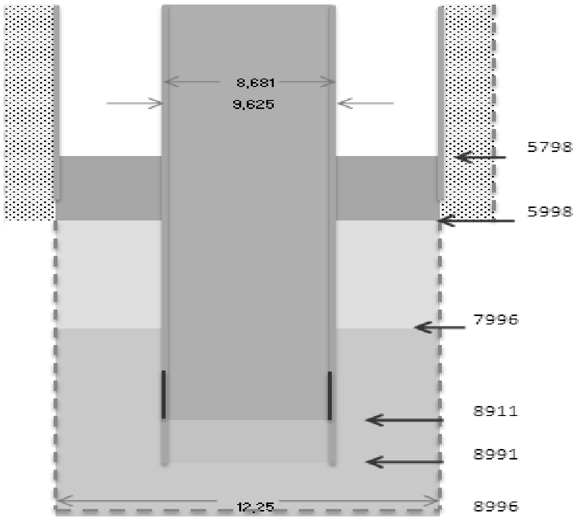


Figura4: Diagrama inicial sección intermedia

3.4 Programa de cementación para la sección intermedia.

Una vez perforada la sección intermedia con broca de 12 ¼” pulgadas, se procederá a correr revestidor de 9 5/8” (según diagrama), hasta fondo y se realizará la cementación según el siguiente programa:

- ✓ Instalar zapato y correr revestimiento hasta la profundidad final. Instalar un centralizador por junta en los primeros 1000 pies, circular en los puntos que encuentre obstrucción.
- ✓ Romper circulación y circular a limpio (2 fondos arriba), acondicionar lodo hasta obtener un YP menor de 18 lb/100 sqft y perfil plano de geles.
- ✓ Instalar la cabeza de cementación (Doble tapón Quick Latch) y armar las líneas de superficie, conectarse en "Y" para permitir el desplazamiento con las bombas del taladro o con unidades de cementación.
- ✓ Continuar circulando para romper geles y estabilizar presiones.
- ✓ Mezclar espaciadores y agua de mezcla del cemento.
- ✓ Realizar reunión de seguridad pre - operacional y asignar labores y responsabilidades.

Tabla 4: Diagrama del revestidor de 13 3/8”.

DIAGRAMA	DESCRIPCION
	±212 Juntas de tubería de revestimiento de 9 5/8”, 47 lbs / pie, C-95, BTC
	9 5/8" Collar Flotador convencional, BTC, perforable con PDC
	2 Juntas de tubería de revestimiento de 9 5/8", 47 lbs / pie, C-95, BTC
	9 5/8" Zapato Flotador convencional, BTC, perforable con broca PDC

Una vez calculados los volúmenes de mezcla y desplazamiento de las lechadas se procede a realizar la cementación de la sección intermedia de 12 ¼” según el siguiente programa:

- ✓ Bombear 2 bls de agua y probar líneas con 3000 psi.
- ✓ Soltar tapón inferior.
- ✓ Bombear Espaciador
- ✓ Mezclar y bombear la lechada de relleno de 13.5 ppg.
- ✓ Mezclar y bombear la lechada principal de 15.8 ppg.
- ✓ Soltar tapón superior.
- ✓ Desplazar con las bombas del taladro a 12 bpm, últimos 20 bbls de desplazamiento a 3 bpm, en caso de no asentar tapón continuar desplazando considerando la norma API 5CT
- ✓ asentar tapón con 500 psi por encima de la presión final de bombeo.
- ✓ Chequear back flow.

3.5 Sección final o de producción 8 ½”.

Esta sección fue perforada con un diámetro de broca de 8 ½” pulgadas, desde 8996 pies en MD hasta 10457 pies en MD con 0 grados de inclinación atravesando las zonas productoras U sup, T Sup y Hollin Sup.

3.6 Programa de cementación para la sección productora.

Una vez perforada la sección final o productora con broca de 8 ½ pulgadas, se procederá a correr liner de producción de 7 pulgadas (según diagrama), hasta fondo y se realizará la cementación según el siguiente programa:

- ✓ Instalar Zapato Flotador, Collar Flotador y centralizadores según tally y bajo la supervisión del Company Man, se recomienda al menos dejar dos juntas de casing de shoetrack.
- ✓ Continuar corriendo el liner de 7" e instalar los elementos de liner según la recomendación del especialista del liner.
- ✓ Conectar el liner con tubería Drill Pipe, registrar peso del conjunto del liner, liner
- ✓ hanger y setting tool, establecer circulación para asegurar que el equipo de flotación funciona correctamente.
- ✓ Al llegar al zapato del revestidor de 9 5/8", establecer circulación, monitorear la presión de circulación, determinar peso de la sarta subiendo y bajando, así como el torque generado por la misma, durante la corrida de liner preparar las aguas de mezclas para las lechadas y el espaciador.

Tabla 5: Cálculos de lechada de la tubería producción

DIAMETRO DE LA BROCA [pulg]	8,5
WASH OUT [%]	0
PROFUNDIDAD PERFORADA [Pies]	10457
PROF ZAPATO LINER [Pies]	10452
PROF C/F LINER [Pies]	10372
PROF CASING INTERMEDIO [Pies]	8996
PROF TOPE LINER [Pies]	8796

DIAMETROS DE CASING [pulg]	
ID CSG INTERMEDIO	8,681
OD CSG INTERMEDIO	9,625
ID LINER	6,276
OD LINER	7,000
ID DRILL PIPE	4,276
OD DRILL PIPE	5,000

RENDIMIENTO DE LA LECHADA COLA [ft^3/sk]	1,12
% DE EXCESO	10

VOLUMEN BOLSILLO	0,4 Bls
VOLUMEN ENTRE ZAPATO/CF	3 Bls
VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO EN DRILL PIP	156 Bls
VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO DENTRO LIN	60 Bls

VOLUMEN DE LECHADA DE COLA	46 Bls
CANTIDAD DE SACOS LECHADA DE COLA	228

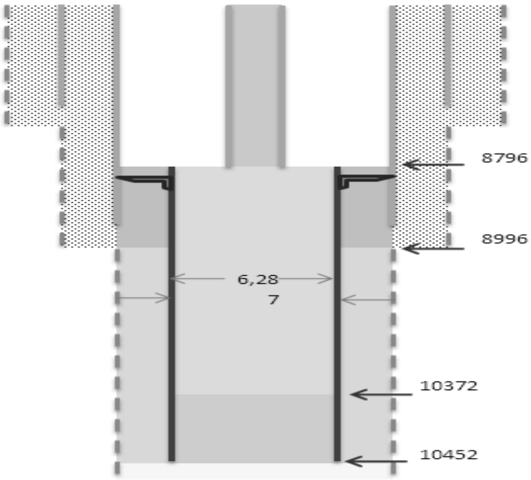


Figura 5: Diagrama de la sección productora.

Una vez calculados los volúmenes de mezcla y desplazamiento de las lechadas se procede a realizar la cementación de la sección de Producción de 8 ½" según el siguiente programa:

A profundidad de punto de revestidor, circular hasta observar zarandas limpias, para luego conectar el manifold de cementación y cabeza de cementación según instrucciones del especialista del liner, se deberá dejar el cuello de la tubería de perforación como mínimo 10 ft por encima del nivel del RKB.

Proceder a probar línea de cementación con 6000 psi.

Establecer circulación para acondicionar el YP del lodo a BHCT entre menor a 18 lb/100 sqft, hasta obtener un perfil de geles con comportamiento plano a temperatura de fondo, (mínimo dos fondos arriba), durante el periodo de circulación verificar presión de circulación versus presión de diseño, reciprocar el liner todo momento.

Bombear 50 bbls de una pildora dispersa de lodo la cual serviría como un preflujo con el objetivo de conseguir una mejor remoción del cake y asegurar una mejor adherencia del cemento

Iniciar el trabajo de cementación bombeando preflujos y espaciador.

Bombear 46 barriles de lechada de cemento de cola.

Lanzar el Pump Down Plug (verificar la banderilla de la cabeza de cementación) y desplazar con 60 bls de agua.

Reducir la taza de desplazamiento 10 bbls antes de alcanzar el wiper plug, el tapon wiper deberá ser desplazado con 2500 psi (+/- 500 psi), recalcular el volumen de desplazamiento después de observar el enganche del Wiper Plug, en caso de no notar enganche del tapón, desplazar con 156 bls de lodo (volumen teórico).

Asentar Tapón con 500 psi sobre la presión final de desplazamiento. Chequear el funcionamiento del equipo de flotación y medir flowback, no sobre desplazar.

Tabla 6: Diagrama de liner 7"

DIAGRAMA	DESCRIPCION
	Colgador Versaflex 7 pulg x 9 5/8"
	±42 juntas de Liner de 7", 26 lbs. / pie, C-95, BTC
	1 tubo corto de ± 10' sobre la arenisca U principal
	1 Landing collar convencional, perforable con PDC.
	2 Juntas de liner de 7", 26 lbs. / pie, C-95, BTC
	1 Zapato flotador, convencional, perforable con broca PDC.

3.7 Programa de asentamiento de liner de 7" con colgador.

Lanzar la bola para expansion del liner (50 minutos).

Colocar el setting tool en tensión previo a la expansión del liner, presurice con la unidad cementadora a aproximadamente 4500 psi para iniciar la expansión del liner.

Inicie bombeando a baja tasa de 0.5 bpm hasta lograr la presión de expansión de 4500 psi, la tasa de bombeo debe mantenerse constante durante la expansión a 0.5 bpm, se deberá monitorear presión, volumen y tasa de bombeo durante todo el proceso, en caso de que no se presente expansión, lentamente se relajara la presión a 1500 psi y luego se relajara la presión a cero para limpiar cualquier mugre proveniente del asiento de la bola, para repetir el proceso de nuevo desde el inicio.

Bombear el volumen requerido para la expansión y para que los puertos se abran en el setting tool y la presión caiga. Una vez la presión caiga, parar el bombeo y monitorear la caída de presión.

Libere presión en el camión cementador y registre volúmenes de flowback.

Después de asegurar el sentamiento del liner, tensionar para chequear el sentamiento.

Levantar 1 stands y circular el reverso con agua, reciprocando la sarta todo el tiempo (revisar tiempo de trabajo vs tiempo de bombeabilidad de la lechada de cabeza).

Es altamente recomendable WOC 48 horas como mínimo antes de realizar registros eléctricos.

4. Análisis de resultados

Ahora haremos referencia al análisis de los resultados obtenidos en el diseño de las lechadas de cementación para cada sección, tomando en cuenta los diferentes factores de diseño como geometría de pozo, diámetros de los revestidores, densidades de las lechadas, volúmenes de lechadas y aditivos usados en su composición.

Tabla 7: Resultados de la cementación.

SECCION	LECHADA	RENDIMIENTO [Pie^3/Sk]	ALTURA [Pies]	EXCESO [%]		VOLUMEN [Bls]		SACOS		DIFERENCIA
				INICIAL	FINAL	INCIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
SUPERFICIAL	COLA	1.18	500	50	10	68.03	49	330	232	-98
	RELLENO	1.68	5498	50	25	620.52	515	2028	1720	-308
INTERMEDIA	COLA	1.16	1000	30	30	78.37	81	385	391	6
	RELLENO	1.68	2198	30	30	156.62	160	530	535	5
PRODUCCION	COLA	1.12	1261	50	10	45.78	46	235	228	-7
	RELLENO	1.19	600	50	0	26.54	N/A	130	N/A	

4.1 Análisis de resultados de la sección superficial de 16".

Se puede observar según la grafica de resultados que existe una notable reducción de la cantidad de sacos usados para la formulación de las lechadas tanto de cola como de relleno, y esto es en consecuencia de la reducción de los volúmenes de las lechadas en función del porcentaje de exceso tomado en cuenta en el diseño teórico inicial.
La consideración de la disminución del porcentaje de exceso en el diseño final es debido a la consideración del porcentaje de lavado del pozo (Wash Out), y a los resultados obtenidos en cementaciones de pozos anteriores, con la finalidad de no exagerar el diseño y por consecuencia disminuir gastos en materiales y operaciones.

4.2 Análisis de resultados de la sección intermedia de 12 ¼".

En esta sección se presenta una ligera diferencia en el diseño final de las lechadas, ya que se tomaron en cuenta los mismos factores de diseño obteniendo de esta manera una similitud entre el diseño inicial y el diseño final.

4.3 Análisis de resultados de la sección de producción de 8 ½".

En la cementación de esta sección se propone una variación en el programa de diseño, tomando en cuenta que la zona a ser cementada será la zona productora se propone el bombeo de una sola lechada de cola, manteniendo constante la composición química de la lechada, densidad y tipo de cemento se obtiene como resultado una reducción de cantidad de sacos a utilizar en la mezcla

5. Conclusiones

- Una cementación primaria permite mantener la tubería de revestimiento protegida y separada de las formaciones.
- La cantidad de cemento depende del arreglo de tubería de revestimiento que se tenga, ya sea que dicho arreglo incluya camisa (tie-back) o simplemente TR hasta superficie
- Se mostro una opción útil para la cementación de pozo Arcángel 1D bajo condiciones ideales.
- A mayor valor de exceso mayor cantidad de cemento en el pozo.
- Mayor cantidad de cemento evita que el agua oxide la TR y se filtre al anular con el paso del tiempo.
- Se determinaron los diferentes volúmenes de cemento "lechadas de cola, de lavado, espaciadores y de relleno" que se necesitan para este programa de cementación.
- Siempre se debe de realizar pruebas de presión para evaluar la integridad de la tubería.
- Las pruebas de circulación ayudan a evaluar a la tubería y las condiciones de las paredes del hueco.
- Se realizo un análisis de resultados en función de las necesidades del pozo sin consideraciones económicas por lo que se puede decir que el programa propuesto es aplicable a menos que varíen las condiciones.

6. Recomendaciones

- Verificar la ejecución correcta de cada uno de los pasos de la secuencia operativa.
- Las operaciones de la cementación deben de terminar por lo menos una hora antes del tiempo de fraguado, para poder tomar medidas en caso de problemas imprevistos.
- observar el correcto estado y uso de herramientas que puedan fácilmente dificultar la cementación (tapones o chequeo de válvulas).
- Tener un plan de contingencia para todas las secuencias operativas.
- El factor de excesos dependerá del historial de los programas de los pozos cercanos del campo en cuestión y de cómo se presenten los ripios que se desprendan durante la perforación.

- Llevar un control escrito de todos los pasos dados puede llevar a determinar con facilidad la raíz de un problema.
- Asegurarse de tener el stock suficiente de material para la cementación evitando así problemas por complicaciones logísticas.
- Debe de tenerse químicos o espaciadores que eviten que el fluido de desplazamiento se mescle con el cemento.
- Existe un aumento de presión en el momento en el que el tapón superior se asienta sobre el inferior, este es un buen indicador de que se está realizando bien la operación por lo que en ese momento se debe de reducir el caudal de inyección.
- Se debe de controlar las bombas del camión de cementación como las de la torre.
-
- El cemento de construcción común es una buena opción para zonas someras en caso de emergencias o falta de material.

7. Agradecimientos

A Dios y a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación y en especial a los profesores: Ing. Xavier Vargas y Msc. Daniel Tapia por el apoyo brindado para la culminación del mismo.

8. Referencias

[1] Nelson, E.B. Well Cementing, 1983

[2] Dowell Engineering Manual, 1995

[3] DEC Cementing School Papers, 1997

[4] G. Birch, Guideliness for Setting Abandonment and Kick – Off Plugs 1999

[5] Miller, Joe, Dowell´s Plug Placement Tool presentation

[6] DOFSE, Kellyville Training Center, 1998

[7] OTC, Kellyville Training Center, 1998

[8] Cementing I Halliburton Energies Services.

[9] Cementing II Halliburton Energies Services.

[10] Cementing for Engineers.

[11] Displacement mechanics studies Halliburton Energies Services.

[12] Adam T. Bourgoyne Jr. Applied Drilling Engineering SPE Textbook Series Vol. 2. 1991.

[13] Preston L. Moore – Drilling Practices Manual – Second Edition 1986

[14] Energy Halliburton Cementing Manual