

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“OPERACIONES DE CEMENTACION PRIMARIA DEL POZO VILAGO19
DEL ORIENTE ECUATORIANO”**

TESINA DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

TECNÓLOGO PETROLERO

Presentado por:

Maricela Esther Lara Gómez
Ximena Denisse González Yagual

Guayaquil - Ecuador

2014

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre celestial Dios por darme la fuerza y la fe para seguir adelante, a mi familia que con sus consejos, paciencia y sabiduría guiaron mi camino dándome la madurez necesaria para vencer los retos de la vida.

A nuestro tutor, el Ing. Alberto Galarza por los conocimientos adquiridos y ser guía fundamental en el trascurso de mi formación académica.

Y aquellas personas que me enseñaron a ser mejor cada día.

Ximena González

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar por su infinito amor, y hacer posible una meta más que me propuse hace algunos años, a mis Padres: Julio Lara y Olga Gómez, quienes con su apoyo incondicional y ejemplo constante me incentivaron hasta hacer realidad mi sueño, a la empresa donde trabajo: Asociación SMC.- Pacifpetrol por darme las facilidades necesarias para prepararme y ser una excelente profesional.

Maricela Lara G.

DEDICATORIA

Dedico mi esfuerzo y trabajo a Dios por guiar mi camino en el transcurso de los días, a toda mi familia en especial para mis amados padres Carlos González y Amarilis Yagual que sacrificaron su tiempo y sus sueños para hacer realidad los míos. A su indudable amor, dedicación y apoyo incondicional, a mi hermanita Anabell y todos aquellos que me inspiraron a ser la profesional que soy.

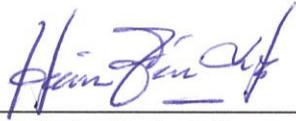
Ximena González

DEDICATORIA

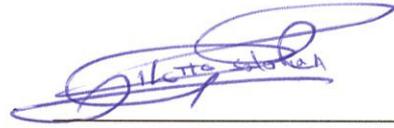
Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien me dio los medios y la capacidad para poder estudiar y trabajar al mismo tiempo, a mis padres por su apoyo constante, a mis hermanos, sobrinos y amigos sinceros que con sus palabras de aliento me impulsaron a esforzarme y dar más de lo que pensé que podía dar hasta llegar a obtener este gran logro.

Maricela Lara G.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Heinz Terán Mite
DECANO DE LA FICT



Ing. Alberto Galarza.
PROFESOR DE SEMINARIO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



Maricela Esther Lara Gómez



Ximena Denisse González Yagual

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito analizar las operaciones de cementación del pozo VILAGO19 ubicado en el campo Sacha en el oriente ecuatoriano, pozo en el cual se reconocen las características de su ubicación, tipo de pozo, objetivos y razones para la cementación, adicional se indican los conceptos básicos de cementación, parámetros que se deben obtener para el diseño de la lechada, tipos de lechadas utilizadas tales como: lechada de cola, de relleno e isoblok, además se detallan los equipos más relevantes y accesorios de fondo usados en la operación.

Finalmente se establece el procedimiento adecuado de cementación acorde a lo mencionado anteriormente para efectuar las cementaciones de las diferentes secciones de 26", 16", 12 $\frac{1}{4}$ " y 8 $\frac{1}{2}$ ", cada sección será representada mediante gráficos con sus respectivos cálculos de volúmenes y lechadas que se utilizaron para la cementación del pozo.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VIII
INDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURA	XII
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPITULO 1.....	1
1. INFORMACION GENERAL.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos del proyecto.....	1
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Ubicación del pozo.....	2
CAPITULO 2.....	4
2. CEMENTACIÓN	4
2.1 Definición de cementación	4
2.2 Tipos de cemento.....	4
2.3 Razones para cementar.....	5
2.4 Clasificación de las cementaciones.....	6
2.4.1 Cementaciones primarias.....	6
2.4.2 Cementaciones reparadoras (secundarias).....	6
2.5 Condiciones óptimas de cementación.....	6
2.6 Diseño de la lechada	7
2.6.1 Densidad	7
2.6.2 Lechadas livianas.....	8
2.6.3 Lechadas pesadas.....	9
2.6.4 Tiempo de espesamiento.....	9

2.6.5 Resistencia a la compresión	10
2.6.6 Viscosidad.....	10
2.6.7 Control de la pérdida por filtrado	11
CAPITULO 3.....	12
3. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CEMENTACIÓN.....	12
3.1 Definiciones.....	12
3.1.1 Revestidor	12
3.1.2 Zapata flotadora.....	13
3.1.3 Zapato guía	13
3.1.4 Collar flotador.....	14
3.1.5 Centralizadores de tubería revestimiento	15
3.1.6 Empacadores de tubería revestimiento	15
3.1.7 Cabezales de cementación.....	16
3.1.8 Tapones de cemento	17
CAPITULO 4.....	19
4. CEMENTACIÓN DETALLADA DEL POZO VILAGO19.....	19
4.1 Información del pozo	19
4.2 Programa de cementación del casing de 20"	21
4.2.1 Generalidades.....	21
4.2.2 Objetivo.....	21
4.2.3 Pre-flujos y lechada	21
4.2.4 Procedimiento operacional recomendado	21
4.3 Programa de cementación del casing de 13 3/8"	22
4.3.1 Generalidades.....	22
4.3.2 Objetivo.....	22
4.3.3 Pre-flujos y lechada	23
4.3.4 Presión de circulación.....	23
4.3.5 Procedimiento operacional recomendado	24
4.4 Programa de cementación del casing de 9 5/8"	25
4.4.1 Generalidades.....	25

4.4.2 Objetivo.....	26
4.4.3 Pre-flujos y lechada.....	26
4.4.4 Procedimiento operacional recomendado	26
4.5 Programa de cementación del casing de 7"	28
4.5.1 Generalidades.....	28
4.5.2 Objetivo.....	28
4.5.3 Pre-flujos y lechada.....	28
4.5.4 Procedimiento operacional recomendado	29
CAPITULO 5.....	31
5. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE CEMENTACIÓN.....	31
5.1 Cálculos para la cementación de la sección 26"	31
5.2 Cálculos para la cementación de la sección 16"	33
5.3 Cálculos para la cementación de la sección 12 ¼"	35
5.4 Cálculos para la cementación de la sección 8 ¼"	37
APÉNDICES.....	40
APÉNDICE A.....	41
APÉNDICE B.....	43
APÉNDICE C.....	45
APÉNDICE D	48
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	53

ABREVIATURA

BFPD	Barriles de fluido por día
UTM	Unidad técnica de masa
TVD	Profundidad verdadera
MD	Profundidad medida
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASME	American Society of Mechanical Engineers
KOP	Punto de comienzo de la desviación
AZIMUT	Dirección de un curso medida en la dirección de las manillas del reloj desde 0° hasta 360°. El valor de 0° corresponde al norte.
NUDGE	La variación de ángulo de inclinación y/o azimut, principalmente para evitar la cercanía con pozos vecinos.
DLS	Tasa de inclinación o Patas de Perro (Dog legs)
TD	Profundidad total del pozo
BBLS	Barriles
PPG	Libras por galón
GPM	Galones por minuto
CAP	Capacidad
BPM	Barriles por minuto
BBL/FT	Barriles por pie
BBL/SX	Barriles por saco
CMTO	Cemento
BOP	Preventor de reventones

OD	Diámetro externo
ID	Diámetro interno
HCR	Válvula hidráulica al múltiple (HCR).
M	Metro
PULG	Pulgada
FT	Pie
FT³	Pie cúbico
FT³/BBL	Pie cúbico por barril
GAL/SX	Galón por saco
LB.	Libra
LB/FT	Libra por pie
PSI	Libras por pulgada cuadrada
PSI/FT	Libras por pulgada cuadrada por pie
FT³/SX	Pie cúbico por sac

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Revestidor. Fuente: "Internet	12
Figura 2: Zapata flotadora. Fuente: "Catálogo Weatherford"	13
Figura 3: Zapato guía: "Catálogo Weatherford"	14
Figura 4: Collar flotador. Fuente: "Catálogo Weatherford"	14
Figura 5: Centralizadores. Fuente: "Catálogo Weatherford"	15
Figura 6: Empacadores de la tubería de revestimiento. Fuente: "Catálogo Weatherford"	16
Figura 7: Cabezales de cementación. Fuente: "Catálogo Weatherford"	17
Figura 8: Tapones de cemento. Fuente: "Catálogo Weatherford"	18
Figura 9: Curva de tiempo vs profundidad	20
Figura 10: Presión de circulación. Fuente: "Schlumberger"	23
Figura 11: Diagrama Mecánico Final con Liner Setting Tool en Superficie. Fuente: "Schlumberger".....	30
Figura 12: Casing 20". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"	33
Figura 13: Casing 13 3/8". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"	35
Figura 14: Casing 9 5/8". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"	37
Figura 15: Liner 7". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"	39

INDICE DE TABLAS

Tabla I: tipos de cemento. Realizada por Maricela Lara.	5
Tabla II: Requerimientos de agua de algunos cementos seleccionados y aditivos. Realizada por Maricela Lara.	8
Tabla III: Aditivos utilizados para reducir la densidad de las lechadas. Realizada por Maricela Lara.	9
Tabla IV: Pozo Villago 19. Realizada por Maricela Lara.	19
Tabla V: Presión de circulación. Realizada por Maricela Lara.	23

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el proceso de cementación del pozo VILAGO19, campo Sacha ubicado en el oriente ecuatoriano, el cual consta de un programa de cementación planificado. Se detallan las características y profundidades de las diferentes zonas de interés, utilizando revestidores de diferentes diámetros en las respectivas secciones para ser cementadas.

Para determinar los respectivos cálculos volumétricos de la lechada usada en cada etapa de la cementación se utilizaron las diferentes fórmulas para volumen y cantidad de sacos de cementos a emplearse.

CAPITULO 1

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Antecedentes

La compañía PETROBLAS S.A determinó perforar algunos pozos debido a la demanda de crudo, para esto se contrató a LAGO S.A que se encargará de la cementación del pozo VILAGO19.

La cementación tiene una gran importancia en la vida del pozo, ya que los trabajos de una buena completación dependen directamente de una buena cementación.

1.2 Objetivos del proyecto

1.2.1 Objetivo general

Analizar las operaciones de cementación del pozo Vilago19 en sus diferentes secciones perforadas.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Definir los tipos de lechadas que serán aplicados en el pozo Vilago19.
- ✓ Preparar las diferentes lechadas a ser aplicadas en las secciones: 26", 16", 12 1/4" y 8 1/2".
- ✓ Calcular el volumen de las lechadas a utilizarse.
- ✓ Describir el proceso de la Cementación.

1.3 Ubicación del pozo

Locación: Oriente Ecuatoriano

Pozo: Vilago19

Coordenadas de Superficie (Zona UTM):

Norte: 9'924752.80 m

Este: 291191.90 m

Latitud: 0°40'49.476"S

Longitud: 76°52'34.412"W"

Coordenadas del Objetivo Hollín Inferior:

Norte: 9924143.60 m

Este: 290958.00 m

Tipo de pozo:

Direccional tipo "S"

Profundidad Total: 10800' MD / 10373.02' TVD

Máxima Inclinación: 26.710° a 2932 pies MD

CAPITULO 2

2. CEMENTACIÓN

2.1 Definición de cementación

“La cementación es el proceso de mezclar cemento y agua y bombearlo a través de tuberías de acero (Casing de revestimiento) y luego hacia el espacio anular formado entre el casing y la formación con el propósito de que se adhiera a ambos, soportar la tubería e impedir el movimiento de fluidos entre las formaciones”

2.2 Tipos de cemento

El tipo de cemento y los aditivos que se utilicen dependerán de cada caso en concreto.

El American Petroleum Institute (API) ha identificado nueve tipos de cementos de acuerdo a su composición y propiedades físicas, y los refiere como “clase”; en tanto el ASTM norma los cementos por “tipos:

CLASE	TIPO / ASME	DENSIDAD DE LA LECHADA (lb/ gal)	RELACION AGUA/CEMENTO (gl/sxs)	PROFUNDIDAD (PIES)	TEMPERATURA DE FONDO (°F)
A	I	15.6	5.2	0 -6000	80 – 170
B	II	15.6	5.2	0 – 6000	80 - 170
C	III	14.8	6.3	0 – 6000	80 – 170
D	IV	16.4	4.3	6000 - 10000	170 - 230
E	V	16.4	4.3	6000 – 10000	170 – 230
F	VI	16.4	4.3	10000 – 16000	230 – 320
G	VII	15.8	5	0 - 8000	80 – 200
H	VIII	16.4	5	0 - 80000	80 - 200

Tabla I: tipos de cemento. Realizada por Maricela Lara.

2.3 Razones para cementar

- ✓ Soportar el casing y que se adhiera a la formación
- ✓ Sellar zonas de pérdidas de circulación
- ✓ Proteger el casing de la corrosión producida por las aguas subterráneas.
- ✓ Prevenir las surgencias (blow-outs) formando un sello alrededor de la formación
- ✓ Proteger el casing de las cargas y esfuerzos cuando se re-perfora (profundiza) el pozo
- ✓ Prevenir el movimiento de los fluidos entre zonas

2.4 Clasificación de las cementaciones

2.4.1 Cementaciones primarias

La cementación primaria es la que se realiza inmediatamente después que el revestidor ha sido corrido en el hoyo. Su función es realizar una separación zonal efectiva y ayudar a que la tubería se proteja a sí mismas colocando lechadas de cemento en el espacio anular entre el revestidor y las paredes del hoyo.

Es una de las etapas más críticas durante la perforación y completación de un pozo.

2.4.2 Cementaciones reparadoras (secundarias)

La cementación secundaria o Squeeze (cementación forzada) es el proceso de forzar una lechada de cemento en el pozo, que se realiza principalmente en reparaciones/reacondicionamientos o en tareas de terminación de pozos.

2.5 Condiciones óptimas de cementación

- ✓ Tener la densidad apropiada
- ✓ Ser fácilmente mezclable en superficie
- ✓ Tener propiedades reológicas óptimas para remover el lodo

- ✓ Mantener sus propiedades físicas y químicas mientras se está colocando
- ✓ Debe ser impermeable al gas en el anular, si estuviese presente
- ✓ Desarrollar esfuerzo lo más rápido posible una vez que ha sido bombeado
- ✓ Desarrollar una buena adherencia entre revestidor y formación
- ✓ Tener una permeabilidad lo más baja posible
- ✓ Mantener todas sus propiedades bajo condiciones severas de presión y temperatura

2.6 Diseño de la lechada

Para obtener una buena cementación en nuestro pozo, la lechada debe cumplir ciertas condiciones las cuales se detallan a continuación.

2.6.1 Densidad

Constituye uno de los factores más importantes debido a que la densidad de una lechada debe ser suficientemente elevada para impedir un "blow out" (surgencia) en el pozo y permitir la remoción del lodo, pero no tan pesada como para fracturar la formación y producir pérdidas de circulación.

Producto	Peso Lbs	Requerimiento de agua			
		%	Libras	Galones	Pies cúbicos
Cemento:					
Clase A & H*	94	46,0	43,2	5,19	0,693
Clase C	94	56,0	52,6	6,31	0,844
Clase G	94	44,0	41,4	4,96	0,663
Clase H*	94	38,0	35,7	4,28	0,572
Trinity Lite-Wate	75	65,0	48,8	5,85	0,781
		105,0	78,8	9,45	1,262
Fly ash (puzolana sintética)	1	40,0	0,4	0,048	0,0064
Bentonita (gel)	1	560,0	5,30	0,635	0,00849
Diancel D	1	380,0	3,80	0,456	0,0609
Gilsonita	1	45,0	0,45	0,054	0,0072
Perlita @ 0 psi	1	170,0	13,6	1,63	0,218
Polvo de sílice (S8)	1	35,0	0,35	0,042	0,0056
Arena de sílice (S-8C)	1	5,0	0,05	0,006	0,0008
Hematita	1	5,0	0,05	0,006	0,0008

Tabla II: Requerimientos de agua de algunos cementos seleccionados y aditivos. Realizada por Maricela Lara.

2.6.2 Lechadas livianas

Son más económicas que las lechadas que poseen mayor densidad. Estas lechadas de baja densidad contienen normalmente aditivos tales como la Bentonita (gel), Fly-ash (ceniza volcánica y/o puzolanas), silicato de sodio o algún otro extendedor que permiten y hacen necesario utilizar mayor volumen de agua en la mezcla, lo que aliviana la densidad de la mezcla e incrementa su rendimiento.

Aditivo	Rango de concentración del aditivo, % por peso de cemento (BWOC)	Rango de densidad, lb/gal
Bentonita	2 - 20	11,4 - 14,9
Perlita expandida	8 - 25	12,2 - 13,7
Thrifty Mix (A-2)	1 - 4	11,4 - 15,3
Thrifty Mix L (A-3L)	23 - 100*,+	11,4 - 15,3

*Galones por cada 100 sacos de cemento

+Mayores concentraciones de A-3L resultan muy difíciles de retardar a temperaturas de circulación de fondo de pozo (BHCT) superiores a 100°F

Tabla III: Aditivos utilizados para reducir la densidad de las lechadas. Realizada por Maricela Lara.

2.6.3 Lechadas pesadas

Lechadas pesadas. Pueden prepararse con mayor densidad (más pesadas) que lo normal mediante cualquiera de los dos métodos siguientes: reduciendo el agua de mezcla (densifying) de la lechada o agregando un aditivo de peso (weighting) a la lechada. Una lechada se densifica cuando se reduce la cantidad de agua de mezcla con respecto al valor normal. Ello incrementa la densidad y reduce el rendimiento. Cuando una lechada se densifica, se torna más pesada y gruesa, por lo que podría ser difícil o imposible de bombear. Para impedir este espesamiento, se agrega un dispersante.

2.6.4 Tiempo de espesamiento

A medida que las condiciones del pozo se tornan más críticas (mayor profundidad y/o presión) resulta necesario incluir otros factores en los

procedimientos de ensayos de lechadas. El tiempo de espesamiento (tiempo de bombeabilidad) es la propiedad de una lechada que recibe la mayor atención cuando no es suficiente para bombear la mezcla debido a sus evidentes consecuencias.

2.6.5 Resistencia a la compresión

Es la resistencia que ofrece el cemento a ser aplastado (resistencia a la compresión) o a ser tensionado (resistencia a la tensión). Evidentemente, los dos tipos de resistencia están relacionados, siendo la resistencia a la compresión entre 5 a 10 veces más elevada que la resistencia a la tensión en muestras similares de un cemento fraguado.

2.6.6 Viscosidad

La viscosidad óptima de una lechada de cemento debe oscilar entre 5 y 11 Bc. Las lechadas que presentan una viscosidad inferior a los 5 Bc normalmente poseen una cantidad excesiva de agua libre (superior al 1%), por lo que se producirá una sedimentación excesiva de partículas sólidas y más pesadas en las lechadas de cemento.

2.6.7 Control de la pérdida por filtrado

El control de pérdida de fluido por filtrado de una lechada de cemento es una consideración importante en el diseño de una lechada.

Una lechada con poca pérdida de agua es aquella que presenta una pérdida de agua inferior a 100 cc en 30 minutos (con 1000 psi y una temperatura de circulación de fondo de pozo simulada). Siendo baja la pérdida de fluido, una lechada permanecerá fluida mientras sea bombeada en el pozo, esta condición normalmente reduce las presiones de bombeo que son necesarias para ubicar la lechada.

Libro: BJ Services – EDC LAR Neuquén, Argentina.

CAPITULO 3

3. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CEMENTACIÓN

3.1 Definiciones

3.1.1 Revestidor

Es una tubería de acero diseñada y clasificada en función de su peso, diámetros y longitud con la finalidad de asegurar una sección perforada en un pozo.

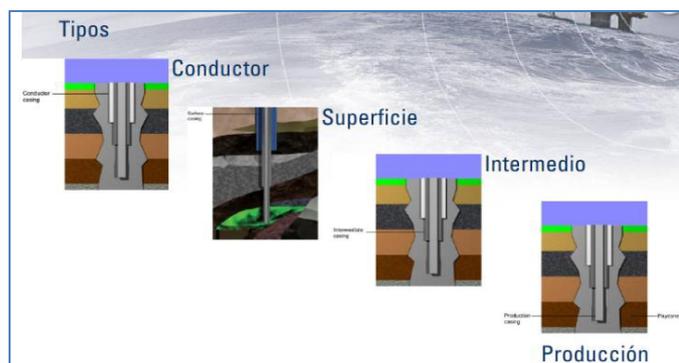


Figura 1: Revestidor. Fuente: "Internet"

3.1.2 Zapata flotadora

Se le conoce como zapata flotadora cuando es corrida con una válvula de bola. Perfil redondeado para asistir la corrida del agujero.



Figura 2: Zapata flotadora. Fuente: "Catálogo Weatherford"

3.1.3 Zapato guía

Es un cilindro de acero corto y pesado que se encuentra unido al extremo inferior del primer tramo del casing, tiene la punta redondeada y se utiliza para guiar el casing hasta la profundidad real (TD - True deep) a través de la perforación evitando que el casing tropiece con irregularidades, se incruste en la formación o vaya desmoronando la pared del pozo.

Siempre se utiliza el zapato guía independientemente de que se emplee, o no, un dispositivo de flotación.

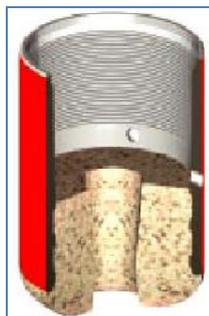


Figura 3: Zapato guía: “Catálogo Weatherford”

3.1.4 Collar flotador

Usualmente localizado 2 o 3 juntas sobre la Zapata y actúa como un alto para los tapones de cemento. El cuello flotador asegura que habrá cemento sellando las últimas juntas de la tubería de revestimiento cuando cese el bombeo, es decir, cuando el tapón sea “golpeado”. Algunos programas de perforación permiten un desplazamiento adicional hasta un máximo de la mitad de la pista de la zapata, en un intento por corregir un error de eficiencia de bombeo y observar un golpe de tapón.

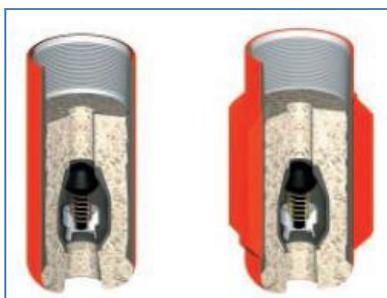


Figura 4: Collar flotador. Fuente: “Catálogo Weatherford”

3.1.5 Centralizadores de tubería revestimiento

Estos son ya sea de tipo de fleje con bisagra o sólidos de tipo espiral o "rígidos" y ambas sirven para centralizar la tubería de revestimiento en el hueco.



Figura 5: Centralizadores. Fuente: "Catálogo Weatherford"

Ventajas de una tubería centralizada:

- ✓ Mejora la eficiencia de desplazamiento (excentricidad mínima)
- ✓ Reduce el riesgo diferencial de atrapamiento
- ✓ Previene problemas clave de asentamiento
- ✓ Reduce el arrastre en pozos direccionales

3.1.6 Empacadores de tubería revestimiento

Es una herramienta de tipo mecánica para cementación de pozo. Es suministrado con conexión y desconexión, de cómoda operación. Baje el tubo mientras es girado, y los pines se deslizarán dentro la ranura alargada desde aquella corta. En consecuencia ocurrirá un movimiento relativo entre los ensanchadores y las cuñas de la

superficie del cono, y los ensanchadores abiertos se acoplarán al casing estrechamente para realizar el anclaje. Mientras tanto, parte del peso del conjunto abajo hace que el tubo de goma tenga compresión axialmente y tensión radialmente cerrando así el espacio anular entre el la tubería de producción y la tubería de revestimiento (casing). Para librar, basta con levantar el tubo.



Figura 6: Empacadores de la tubería de revestimiento. Fuente: “Catálogo Weatherford”

3.1.7 Cabezales de cementación

El cabezal de cemento conecta a la línea de descargue de la unidad de cemento hacia la parte superior de la tubería de revestimiento. Para una aplicación completa al agujero, la tubería de revestimiento es corrida de regreso al piso del equipo de perforación y los tapones son cargados a la superficie del cabezal de cementación. El lanzamiento incluye remover el reten y bombear el tapón adentro del hueco.

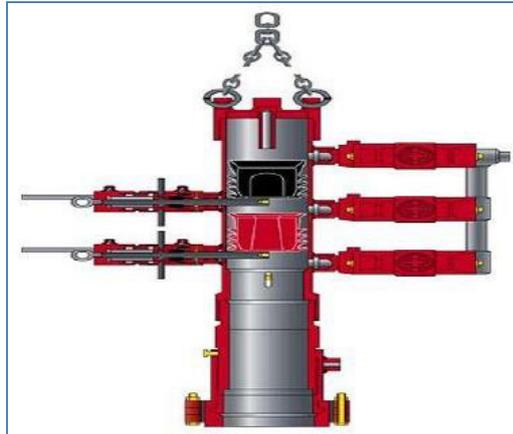


Figura 7: Cabezales de cementación. Fuente: “Catálogo Weatherford”

3.1.8 Tapones de cemento

Los tapones de cemento son utilizados para separar la lechada de cementación del espaciador o lodo y prevenir la contaminación. En corridas de tubería de revestimiento largas, tapones adicionales son bombeados antes y entre el tren de espaciadores para minimizar la contaminación causada por varios regímenes dentro de diferentes espaciadores y para maximizar su efectividad cuando salgan hacia el espacio anular. Los tapones son normalmente fabricados de goma. Varios aparatos propios son utilizados para "engancharse" los tapones unos a otros para permitir una perforación más fácil (muchas veces denominado perforable PDC). El tapón de fondo tiene un delgado diafragma en su centro. Después de que aterriza en el collar flotador, el diafragma se rompe cuando una presión diferencial predeterminada es alcanzada. Normalmente se lanza antes del espaciador o del cemento. El tapón de fondo tiene un centro sólido.



Figura 8: Tapones de cemento. Fuente: "Catálogo Weatherford"

CAPITULO 4

4. CEMENTACIÓN DETALLADA DEL POZO VILAGO19

Se da inicio a las operaciones de perforación del pozo VILAGO19 a las 16:30 PM del 15 de Octubre del 2013 y finalizó las operaciones el 10 de Noviembre del 2013 a las 15:00 PM. El pozo VILAGO19 es un pozo direccional tipo "S" cuyo objetivo primario fue la Arenisca Hollín inferior a 10170.90' TVD con hoyo de 8 ½".

4.1 Información del pozo

Hoyo ø	Desde	Hasta	Revestidor ø	Profundidad del Zapato	Tipo de Lodo	ρ, lpg
26"	0	181'	20"	150'	Gel / Polímero	8.5 - 8.6
16"	181'	6287'	13 ¾"	6285'	Gel / Polímero	8.6 - 10.8
12 ¼"	6287'	9958'	9 ⅝"	9958'	New Drill	9.5 - 10.6
8 ½"	9958'	10800'	7"	10798'	Perflex Drill In	8.9 - 9.0

Tabla IV: Pozo Vilago19. Realizada por Maricela Lara.

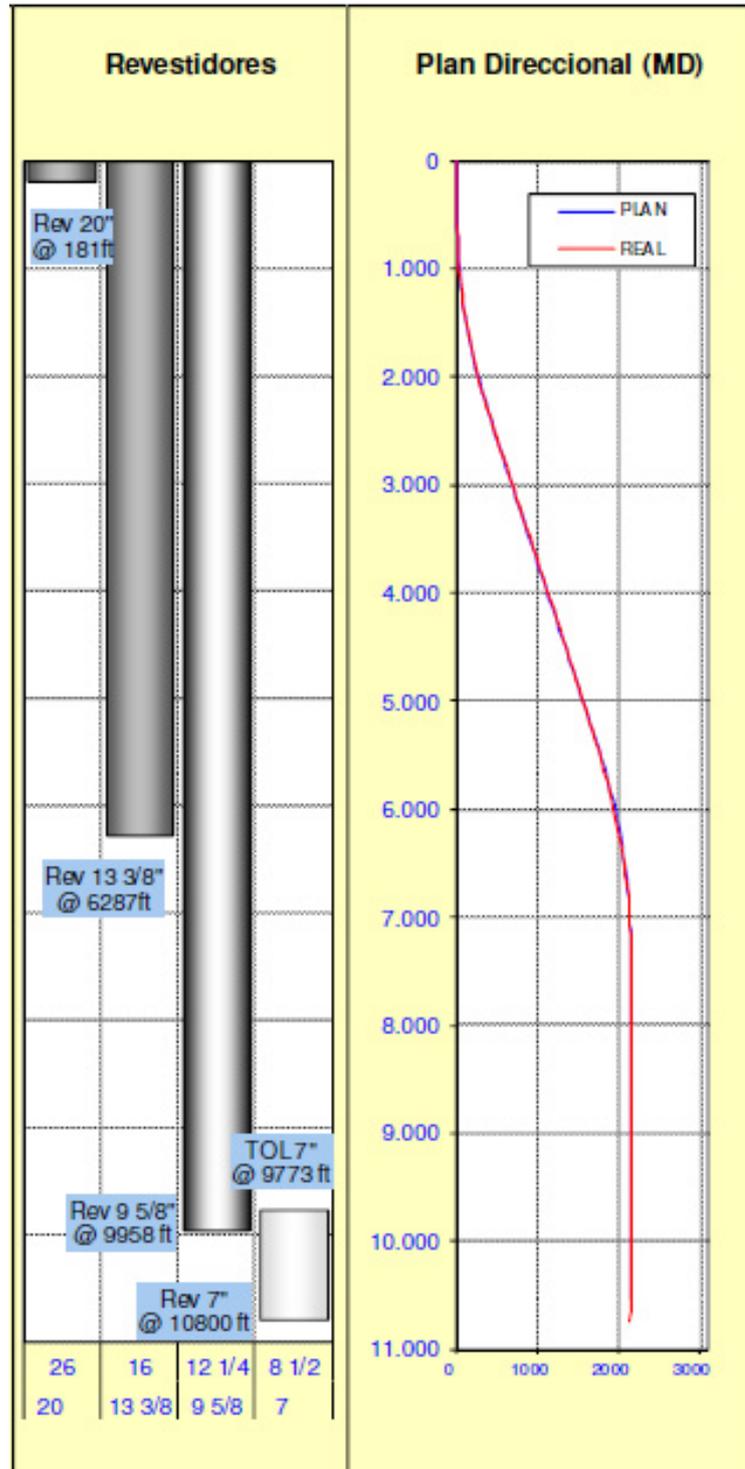


Figura 9: Curva de tiempo vs profundidad

4.2 Programa de cementación del casing de 20"

- ✓ Diámetro promedio de hoyo: 26"; Exceso anular: 100%.
- ✓ Se utilizará cemento "A".

4.2.1 Generalidades

Esta sección será perforada con broca de 26".

4.2.2 Objetivo

- ✓ Proveer de aislamiento en el zapato y proveer soporte para continuar perforando.
- ✓ Levantar el tope de cemento hasta superficie.

4.2.3 Pre-flujos y lechada

- ✓ Se bombeará una sola lechada con cemento clase "A". La lechada Tail será de una densidad de 15.2 ppg que cubrirá el anular hasta la superficie, la lechada será mezclada al vuelo.

4.2.4 Procedimiento operacional recomendado

1. Circular el pozo por lo menos un ciclo completo a 5 BPM y verificar que el pozo este totalmente limpio.
2. Probar las líneas de tratamiento con 1500 psi.
3. Bombear la siguiente secuencia de fluidos:

Agua Fresca	@ 8.34 ppg	10.0 bbl	@ 4 bpm
Lechada Tail	@ 15.2 ppg	86.0 bbl	@ 4 bpm

Se instaló y probó con 1500psi sin problemas, realizó trabajos de cementación bombeando 49 bls de cemento clase "A" de 15.2 lpg, realizó la desconexión y circuló hasta retornos limpios.

4.3 Programa de cementación del casing de 13 3/8"

- ✓ Se perfora con broca de 16"; Exceso estimado: 15% sobre lag test (16.4"), diámetro equivalente 16.8".
- ✓ Se utilizará cemento "A".

4.3.1 Generalidades

Esta sección será perforada con broca de 16" hasta 6287 ft punto de sentamiento del revestidor.

4.3.2 Objetivo

- ✓ Proveer de aislamiento zonal en el zapato y proveer soporte para continuar perforando.
- ✓ Levantar el tope de cemento hasta superficie.
- ✓ En esta sección no se corren registros eléctricos de OH ni de evaluación de cemento.

4.3.3 Pre-flujos y lechada

- ✓ Se bombearán al vuelo dos lechadas con cemento clase “A”. La lechada Tail será de una densidad de 15.2 ppg y cubrirá 1000 ft en el anular desde el zapato hacia arriba y la lechada Lead será de una densidad de 13.5 ppg y llegará hasta la superficie.

4.3.4 Presión de circulación

Una vez que el agujero se encuentre limpio, se debe evaluar la presión de circulación y determinar si el pozo se encuentra en condiciones para realizar o NO el trabajo de cementación.

Rate	Min. Circu. Time	Pressure	Pressure + 20%
bpm	min	Psi	Psi
6	30	220	264
8	30	234	280
10	30	250	300

Tabla V: Presión de circulación. Realizada por Maricela Lara.

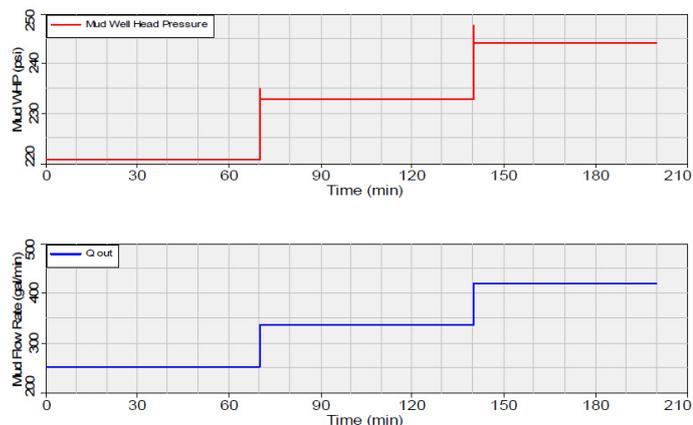


Figura 10: Presión de circulación. Fuente: “Schlumberger”

Se procederá con la cementación SI y SOLO SI los caudales y las presiones corresponden a los indicados en los gráficos de arriba con una variación máxima de 20%. La presión no debe exceder los 294 psi con 10 bpm.

4.3.5 Procedimiento operacional recomendado

1. Conectar cabeza de cementar y probar línea a 3000 psi. El control de apago de emergencia por presión se lo ajustará a 3000 psi.

2. Iniciar a bombear la siguiente secuencia de fluidos:

Mudpush II	@ 12.0 ppg	60 bbl	@ 5 bpm
------------	------------	--------	---------

Lanzar tapón suave

Lechada Lead	@ 13.5 ppg	546 bbl	@ 5 bpm
--------------	------------	---------	---------

Lechada Tail	@15.2 ppg	108 bbl	@ 5 bpm
--------------	-----------	---------	---------

3. Lanzar tapón duro y desplazar con 924 bbl de fluido como sigue:

Lechada Tail	3 bbl	@ 3 bpm	Bombas WS
--------------	-------	---------	-----------

Agua fresca	10 bbl	@ 5 bpm	Bombas WS
-------------	--------	---------	-----------

Lodo	896 bbl	@ 8.5 bpm	
------	---------	-----------	--

Lodo	15 bbl	@ 3 bpm	
------	--------	---------	--

Se instaló línea y probó con 3000 psi, posterior instaló cabezal de cementación y realizó trabajo de cementación según programa de la siguiente forma:

- ✓ Prueba líneas por 5 min con 3000 psi. OK.
- ✓ Libera Tapón de fondo.
- ✓ Mezcla y bombea 546 bbls de lechada fondo @ 13.5 ppg Cmtó.
Clase A (Rate 5 bls)
- ✓ Mezcla y bombea 108 bbls de lechada de cola @ 15.2 ppg
Cmtó. Clase A (Rate 5 bls)
- ✓ Libera Tapón de Tope.
- ✓ Inicia Desplazamiento
- ✓ 3 bbl de lechada Tail 15.00 ppg (Rate 3 bls)
- ✓ 10 bls de agua fresca (Rate 5 bls)
- ✓ Asienta tapón con 500 psi sobre presión final de 1800 psi
- ✓ Back Flow de 5 bls

4.4 Programa de cementación del casing de 9 5/8"

- ✓ Se perfora con broca de 12 1/4"; Exceso estimado: 0% sobre registros de hueco abierto.
- ✓ Se utilizará dos lechadas: una tail 15.8 ppg y una lead 13.5 ppg clase "G".

4.4.1 Generalidades

Esta sección será perforada con broca de 12 1/4" hasta (9958 ft) de asentamiento del revestidor.

4.4.2 Objetivo

- ✓ Lograr aislamiento zonal en el zapato y en Basal Tena.
- ✓ Proveer soporte para continuar perforando la siguiente etapa del pozo.
- ✓ En esta sección no se corren registros de evaluación de cemento

4.4.3 Pre-flujos y lechada

- ✓ Para el diseño de este pozo, se bombearon dos tipos de lechada:
Tail de 15.8 ppg que cubrirá una altura de 1000 ft y de relleno de 13.5 ppg, que cubrirá hasta 200 ft por encima del zapato anterior 13 3/8in (6285 ft); TOC @ 6085 ft MD.
- ✓ Ambas lechadas serán mezcladas al vuelo utilizando cemento clase "G".

4.4.4 Procedimiento operacional recomendado

1. Conectar cabeza de cementar y probar línea con 4000 psi.
2. Bombear la siguiente secuencia de fluidos:

Agua fresca @ 8.3 ppg 10 bbl @4- 5 bpm

Lanzar tapón de fondo

Espaciador ScavengerPlus @12.3 ppg 60 bbl @4-5 bpm

Lechada de Llenado @ 13.5 ppg 279 bbl @4- 5 bpm

Lechada Tail @ 15.8 ppg 61 bbl @ 4-5 bpm

3. Lanzar tapón de tope y desplazar con 725 bbl de fluido como sigue:

Tail Slurry 3 bbl @ 3 bpm

Agua 27resco 10 bbl @ 5 bpm

Lodo 697 bbl @ 8.5 bpm

Lodo 15.0 bbl @ 3 bpm

Se armó líneas y probó con 4000 psi e instalo cabeza de cementación y Realiza trabajo de cementación según programa como sigue:

- ✓ Bombeo 10 bls de agua fresca a razón de 5 bls.
- ✓ Lanza Tapón suave.
- ✓ Bombeo 280 bls lechada Lead @ 13.5 ppg a 5 bls.
- ✓ Bombeo 61 bls lechada Tail @ 15.8 ppg a 5 bls.
- ✓ Lanza Tapon duro (Desp.=724)
- ✓ Bombeo 3 bls de lechada Tail a 3 bls
- ✓ Bombeo 10 bls de agua 5 bls.

Asienta tapón con 1700 psi y presión final 2300 psi, espera 10 minutos y observa Back Flow de 6 bls.

Se retira líneas y cabeza de cementación

4.5 Programa de cementación del casing de 7"

- ✓ Diámetro del agujero dado por registros eléctricos. Se utilizará 20% de exceso sobre el registro de caliper.

4.5.1 Generalidades

Esta sección será perforada con broca de 8 ½".

4.5.2 Objetivo

- ✓ Las zonas objetivo determinadas por el cliente para aislamiento son las arenas "Hollin inf" (10599 ft, MD), "T inf" (10355 ft, MD) y "U inf" (10170 ft).
- ✓ El tope de cemento se ha establecido 50 ft sobre la altura del colgador (9724 ft).

4.5.3 Pre-flujos y lechada

Se colocó una sola lechada ISOBLOK* premezclada @ 16.5 ppg con cemento clase "G", una con tiempo bombeable de 4 horas para cubrir las zonas de interés hasta 50 ft sobre el tope del colgador (9724 ft). La lechada tendrá 1 lb/bbl de CemNET para evitar pérdidas de circulación durante el desplazamiento.

4.5.4 Procedimiento operacional recomendado

1. Realizar prueba de línea a 6000 psi.
2. Una vez que el hoyo se encuentre limpio, y solo entonces, proceder a acondicionar el lodo para bajar las condiciones reológicas tanto como sea posible a Ty +/- 17 lbf/100 ft², Pv +/- 15 cp
3. Una vez el lodo este acondicionado, proceder a bombear los fluidos como sigue:

ClearPill	@ 8.38 ppg	30 bbl	@ 4 bpm
Mudpush	@ 12.0 ppg	50 bbl	@ 4 bpm
isoblok	@ 16.5 ppg	38 bbl	@ 4 bpm

Se instaló líneas y probó con 6000 psi

Se realiza trabajo de cementación según programa:

Se bombeó 40 bls de lechada de 16.5 ppg Cemento tipo "G".

Circuló exceso de cemento sobre el tope de liner, observando 30 bls de espaciador y 13 bls de cemento contaminado.

Se retira línea y cabeza de cementación, se realiza expansión de liner hanger y liberó Setting Tool. Prueba hermeticidad en tope de liner con 1000 psi.

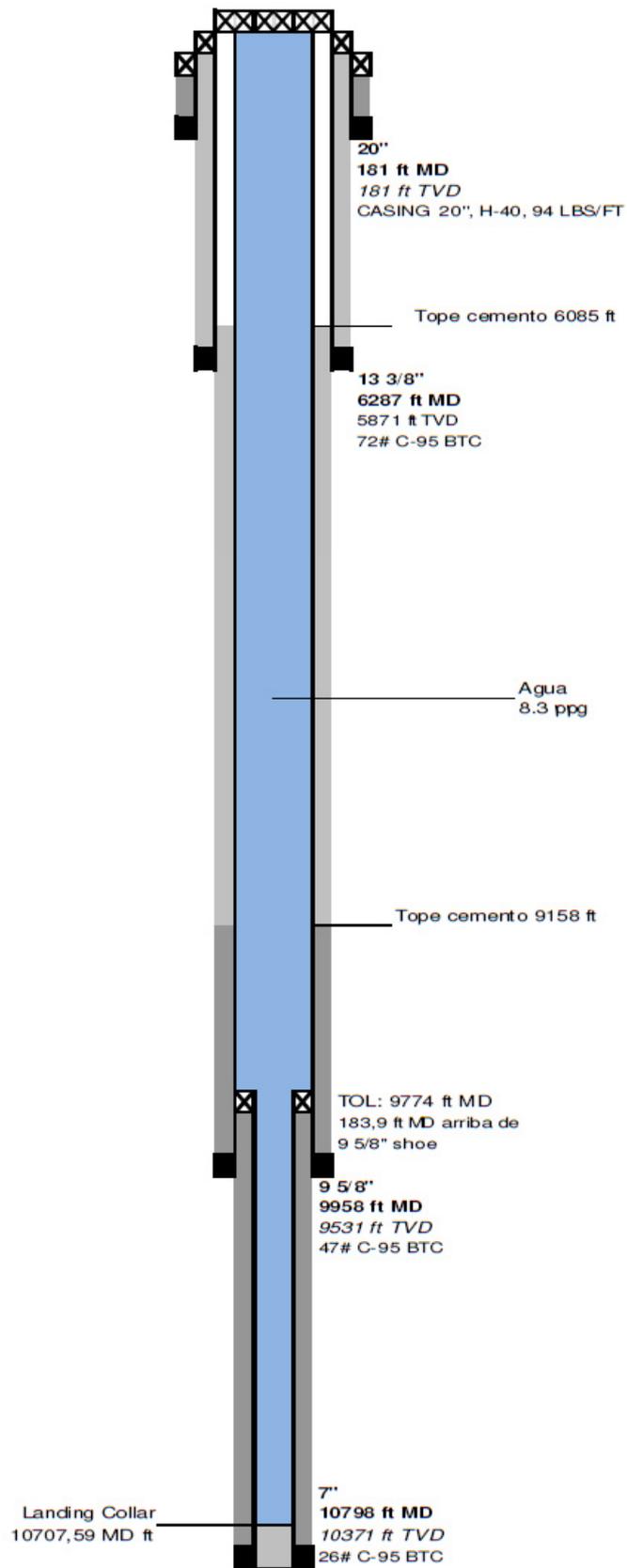


Figura 11: Diagrama Mecánico Final con Liner Setting Tool en Superficie. Fuente: "Schlumberger"

CAPITULO 5

5. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE CEMENTACIÓN

Los cálculos para una Lechada o mezcla de Cemento (volumen, densidad, rendimiento) son muy simples y la base de todo es un cálculo de Balance de masas. Los cálculos de cemento con aditivos sean líquidos o sólidos son fácil de entender. Sin embargo, lechadas complejas como el cemento espuma son casi imposibles de realizar a mano debido a la complejidad que presentan, en cuyos casos se requiere del Programa de una compañía de Servicios de Cementación para realizar el trabajo.

5.1 Cálculos para la cementación de la sección 26"

- Capacidad anular.

$$C1 = \frac{OD^2 - ID^2}{1029.4}$$

$$C1 = \frac{(26)^2 - (20)^2}{1029.4}$$

$$C1 = 0.2681 \frac{bbls}{ft}$$

- Volumen de la lechada de cola.

$$V_{cola1} = C_1 \times H_1$$

$$V_{cola1} = 0.2681 \times 181$$

$$V_{cola1} = 49 \text{ bbls.}$$

- Volumen de desplazamiento.

$$V_d1 = \frac{ID^2}{1029.4} \times H_1$$

$$V_d1 = \frac{(19.124)^2}{1029.4} \times (181)$$

$$V_d1 = 64 \text{ bbls}$$

- Cantidad de sacos de lechada de cola

$$Sx1 = \frac{V_{cola1} \times 5.615}{R_1}$$

$$Sx1 = \frac{48.53 \times 5.615}{1.32}$$

$$Sx1 = 206 \text{ sk}$$

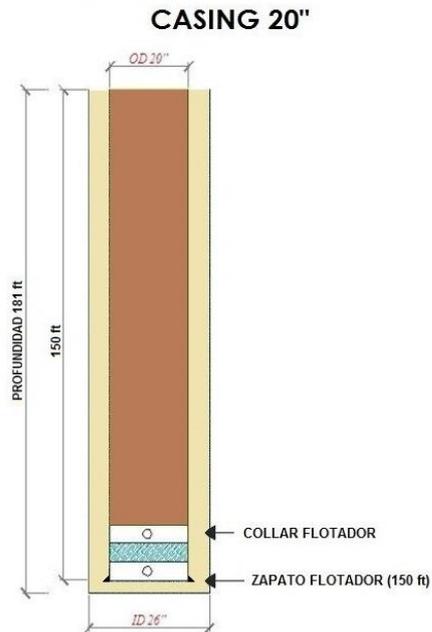


Figura 12: Casing 20". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"

5.2 Cálculos para la cementación de la sección 16"

- Capacidad anular #2

$$C2 = \frac{OD^2 - ID^2}{1029,4}$$

$$C2 = \frac{(16)^2 - (13 \ 3/8)^2}{1029.4}$$

$$C2 = 0.075 \frac{bbls}{ft}$$

- Volumen de la lechada de relleno #2.

$$V_{rell2} = C_2 \times H_2$$

$$V_{rell2} = 0.075 \times 5287$$

$$V_{rell2} = 397 \text{ bbls.}$$

- Volumen de desplazamiento #2.

$$V_{d2} = \frac{ID^2}{1029.4} \times H_2$$

$$V_{d2} = \frac{(12.347)^2}{1029.4} \times (5287)$$

$$V_{d2} = 783 \text{ bbls}$$

- Cantidad de sacos de lechada de relleno #2.

$$Sx2 = \frac{V_{rell} \times 5.615}{R_2}$$

$$Sx2 = \frac{397 \times 5.615}{1.96}$$

$$Sx2 = 1037 \text{ sk}$$

- Volumen de la lechada de cola #2.

$$V_{cola2} = C2 \times H_2'$$

$$V_{cola2} = 0.075 \times 1000$$

$$V_{cola2} = 75 \text{ bbls.}$$

- Cantidad de sacos de lechada de cola #2.

$$Sx 2' = \frac{V_{cola2} \times 5.615}{R_1}$$

$$Sx 2' = \frac{75 \times 5.615}{1.32}$$

$$Sx 2' = 214 \text{ sk}$$

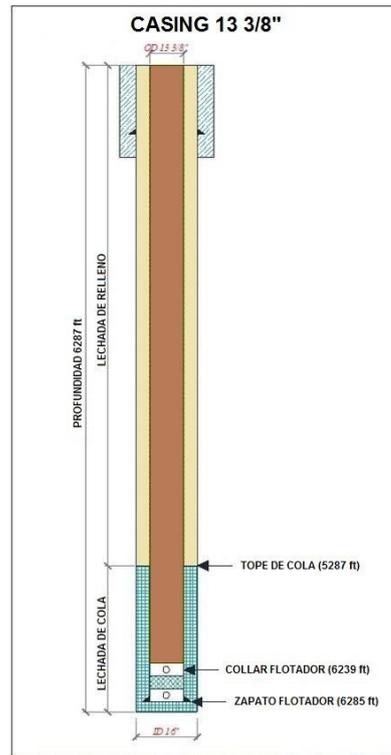


Figura 13: Casing 13 3/8". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"

5.3 Cálculos para la cementación de la sección 12 1/4"

- Capacidad anular #3.

$$C3 = \frac{OD^2 - ID^2}{1029.4}$$

$$C3 = \frac{(12\ 1/4)^2 - (9\ 5/8)^2}{1029.4}$$

$$C3 = 0.056 \frac{bbls}{ft}$$

- Volumen de la lechada de relleno #3.

$$V_{rell3} = C3 \times H_3$$

$$V_{rell3} = 0.056 \times 2873$$

$$V_{rell3} = 161 \text{ bbls.}$$

- Volumen de desplazamiento #3.

$$V_d3 = \frac{ID^2}{1029.4} \times H_3$$

$$V_d3 = \frac{(8.681)^2}{1029.4} \times (2873)$$

$$V_d3 = 210 \text{ bbls}$$

- Cantidad de sacos de lechada de relleno #3.

$$Sx3 = \frac{V_{rell3} \times 5.615}{R_3}$$

$$Sx3 = \frac{161 \times 5.615}{1.67}$$

$$Sx3 = 541 \text{ sk}$$

- Volumen de la lechada de cola #3.

$$V_{cola3} = C3 \times H_3,$$

$$V_{cola3} = 0.056 \times 1000$$

$$V_{cola3} = 56 \text{ bbls.}$$

- Cantidad de sacos de lechada de cola #3.

$$Sx\ 3' = \frac{V_{cola} \times 3 \times 5.615}{R_4}$$

$$Sx\ 3' = \frac{56 \times 5.615}{1.35}$$

$$Sx\ 3' = 233\ sk$$

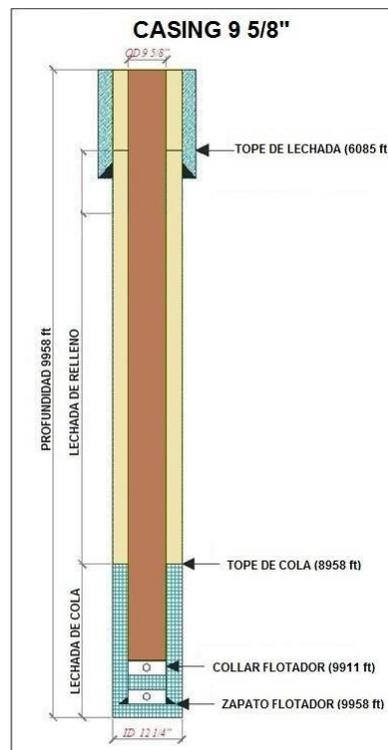


Figura 14: Casing 9 5/8". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"

5.4 Cálculos para la cementación de la sección 8 1/4"

- Capacidad anular #4.

$$C4 = \frac{OD^2 - ID^2}{1029.4}$$

$$C4 = \frac{(8 \frac{1}{2})^2 - (7)^2}{1029.4}$$

$$C4 = 0.0226 \frac{bbls}{ft}$$

- Volumen de la lechada de Isoblok #4.

$$V_{Isob}4 = C4 \times H_4$$

$$V_{Isob}4 = 0.0226 \times 1025.9$$

$$V_{Isob}4 = 23 \text{ bbls.}$$

- Volumen de desplazamiento #4.

$$V_d4 = \frac{ID^2}{1029.4} \times H_4$$

$$V_d4 = \frac{(6.275)^2}{1029.4} \times (1025.9)$$

$$V_d4 = 39 \text{ bbls}$$

Cantidad de sacos de lechada de Isoblok #4.

$$Sx4 = \frac{V_{Isob}4 \times 5.615}{R_1}$$

$$Sx4 = \frac{23 \times 5.615}{1.32}$$

$$Sx4 = 98 \text{ sk}$$

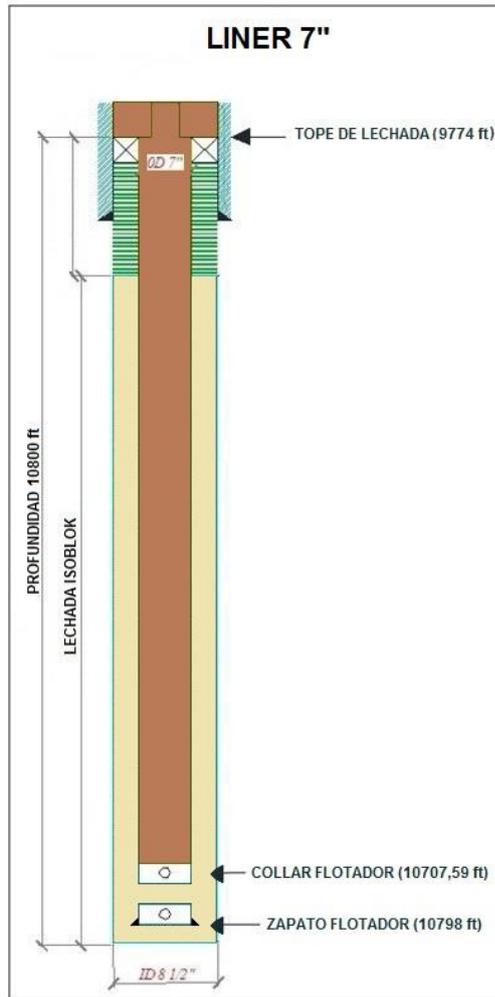


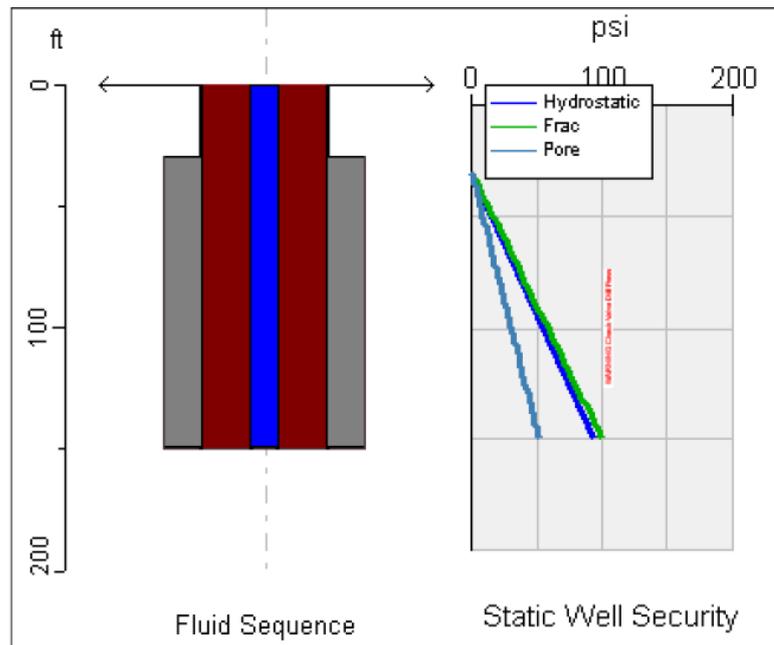
Figura 15: Liner 7". Fuente: "Realizado por Maricela Lara"

APÉNDICES

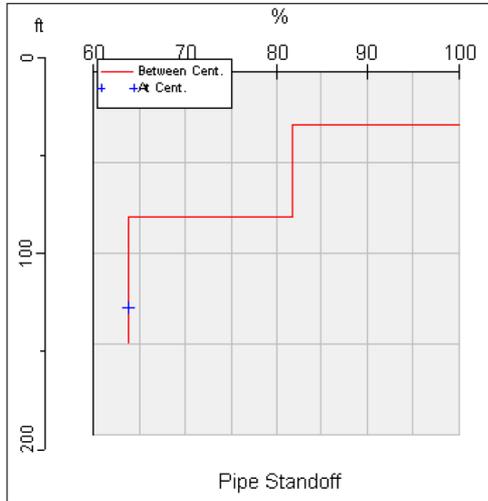
APÉNDICE A

Casing 20"

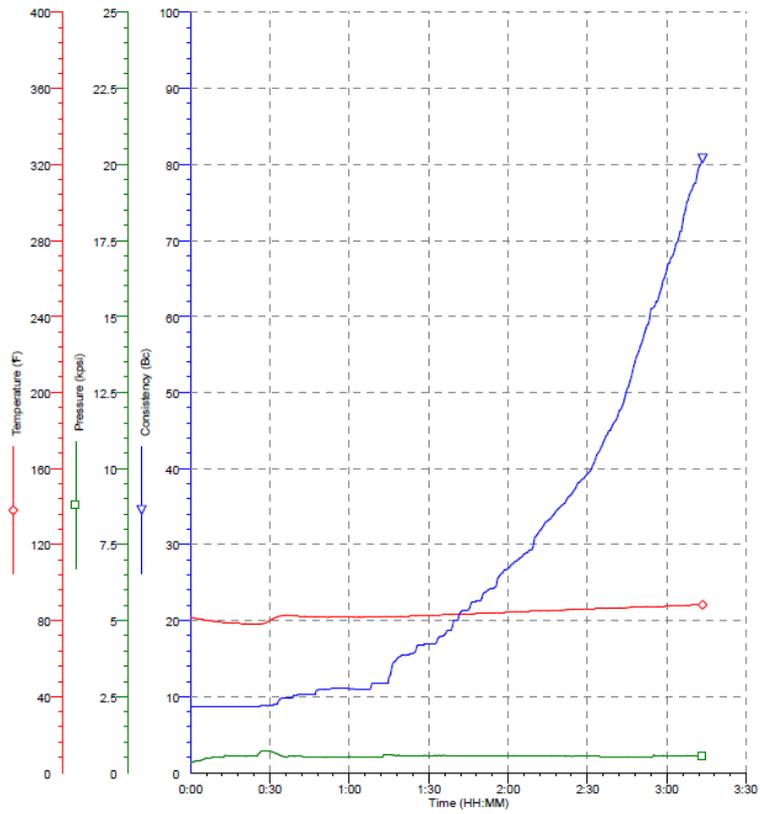
Secuencia de fluido



Colocación del centralizador



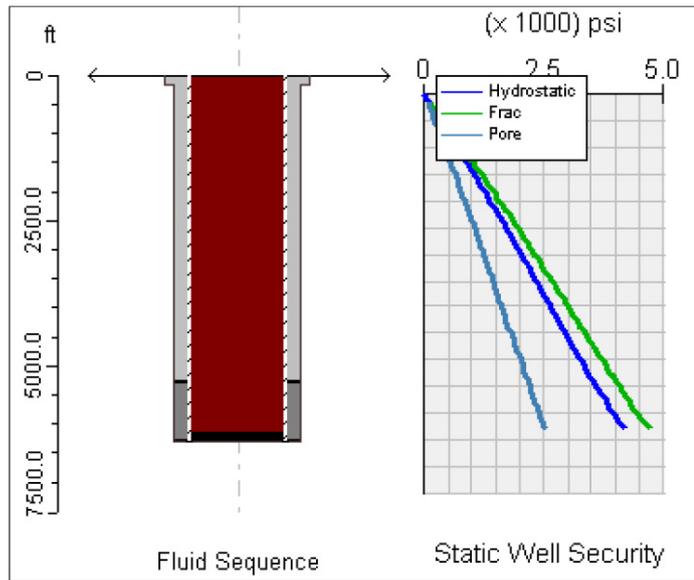
Pruebas



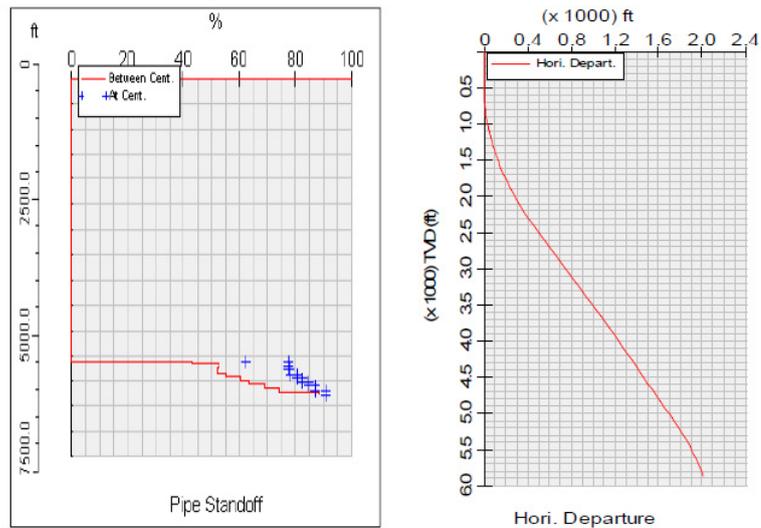
APÉNDICE B

Casing 13 3/8"

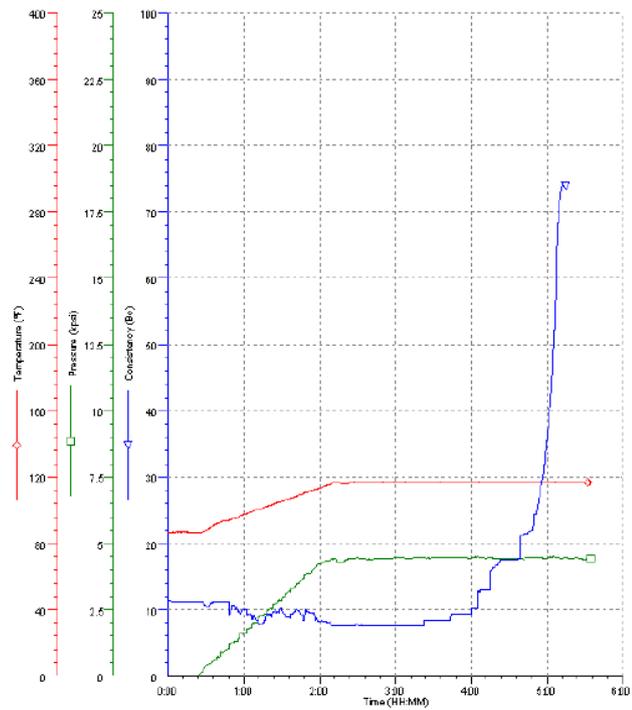
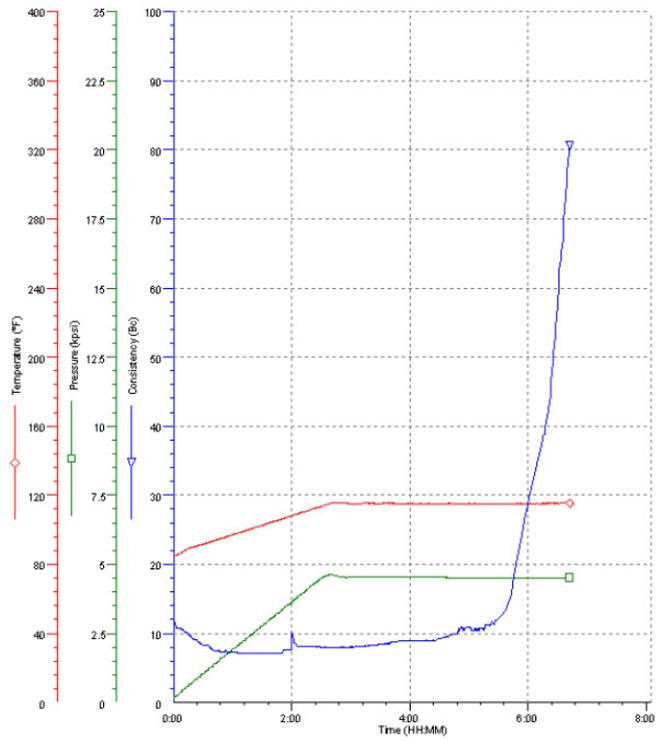
Secuencia de fluido



Colocación del centralizador

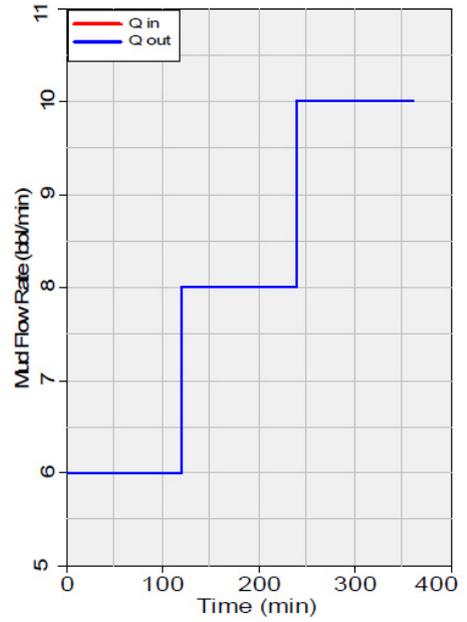
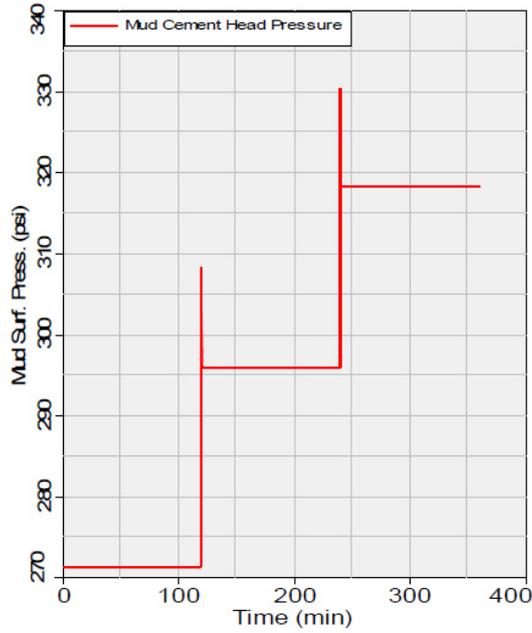


Pruebas

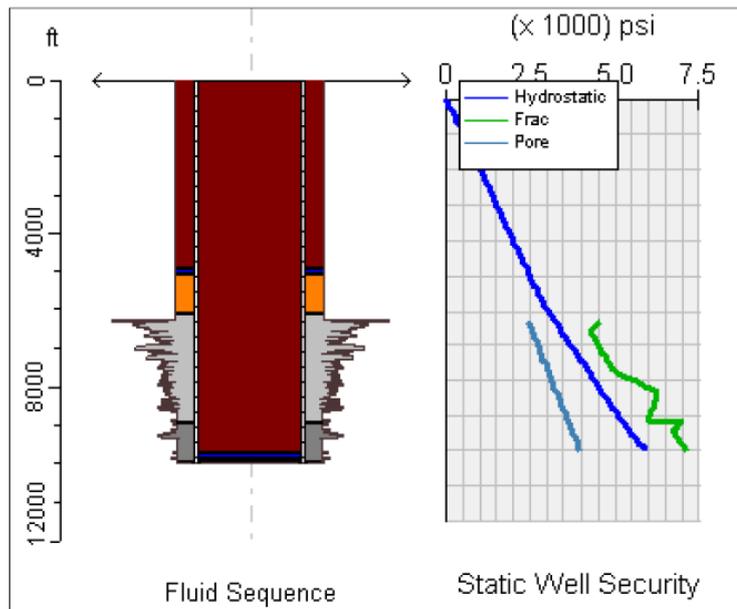


APÉNDICE C

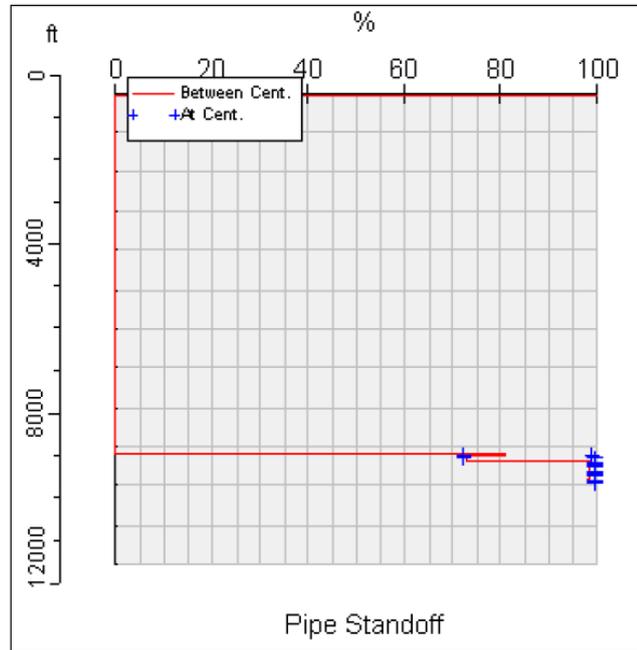
Casing 9 5/8"



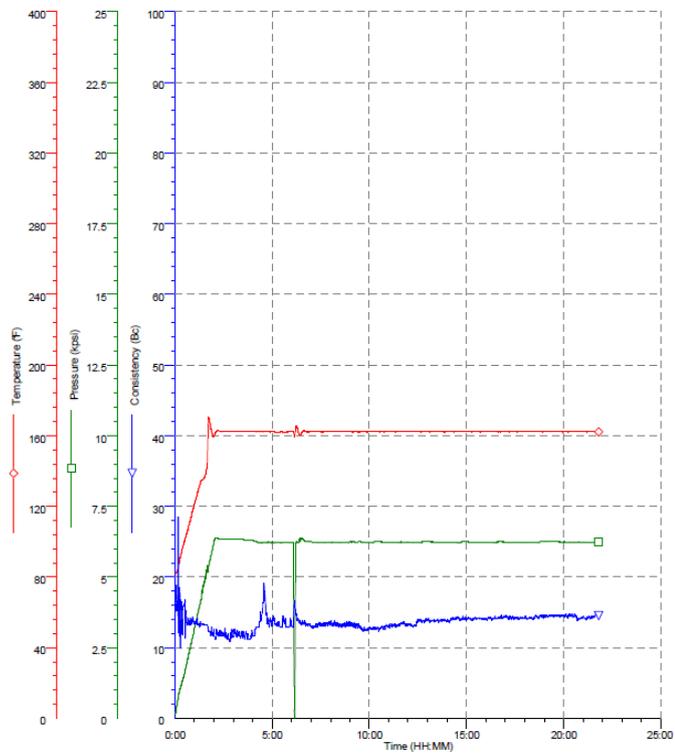
Secuencia de fluido

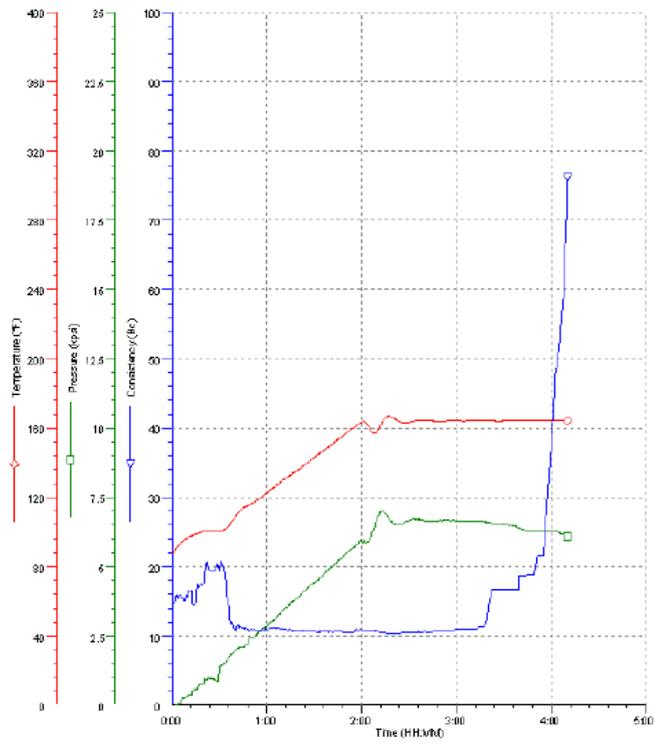
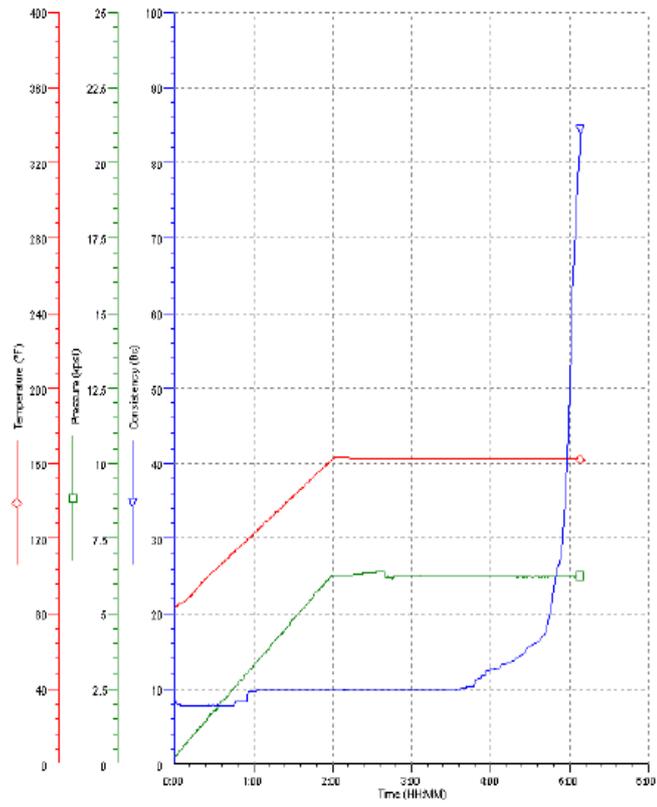


Colocación del centralizador



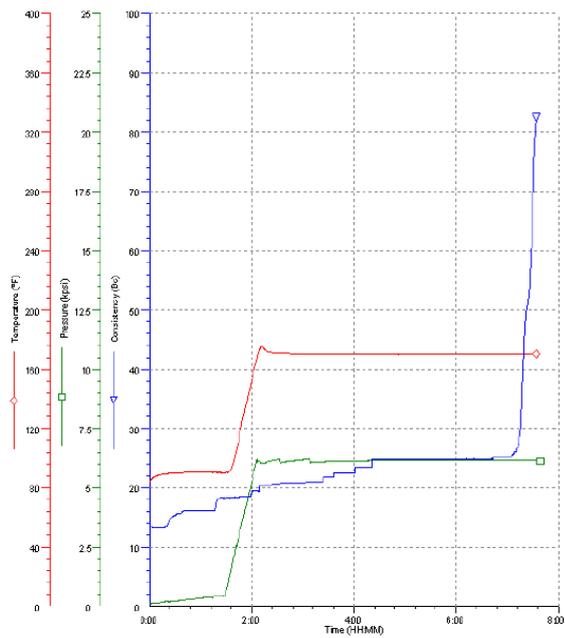
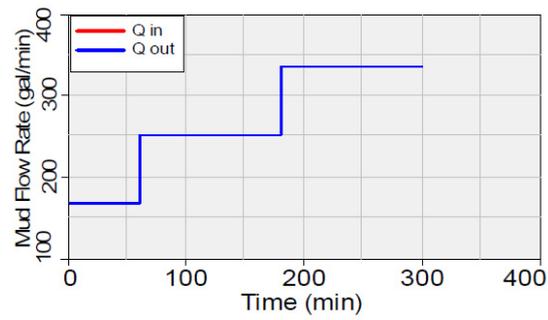
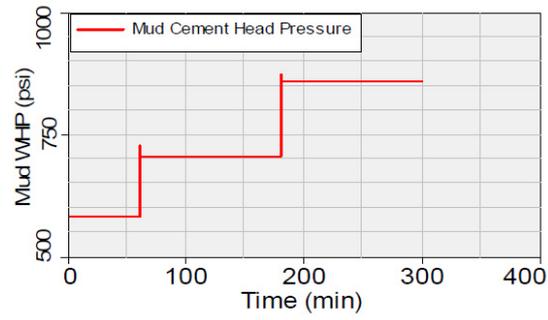
Pruebas



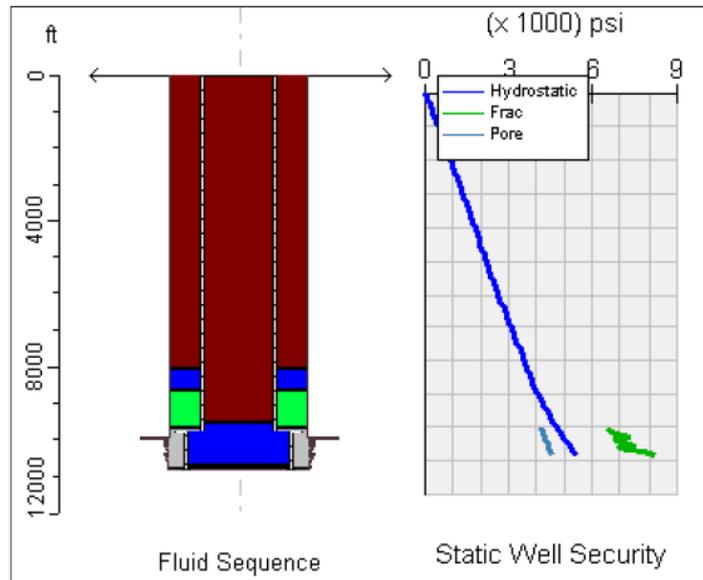


APÉNDICE D

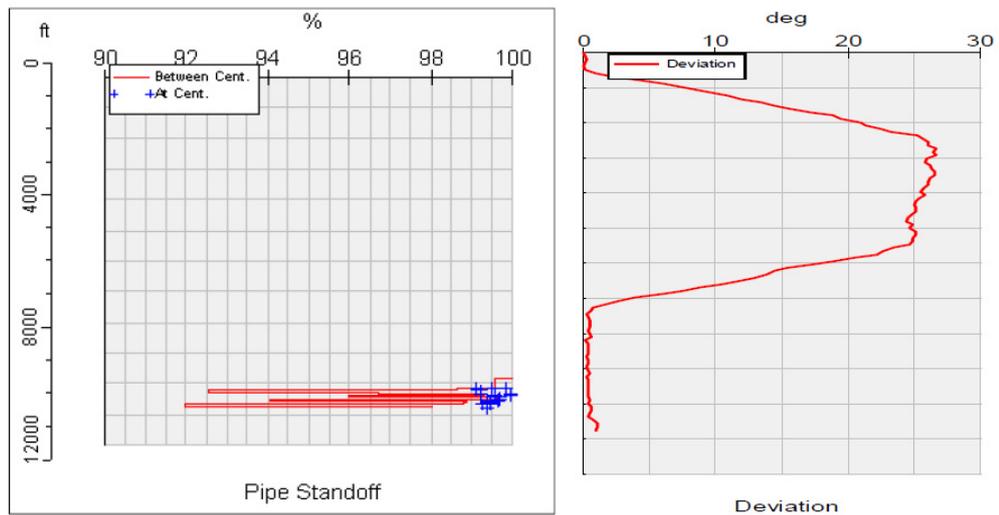
Casing 7"



Secuencia de fluido



Colocación del centralizador



CONCLUSIONES

1. Mediante la información detallada del proceso de cementación obtenida del pozo Vilago19 se definieron las diferentes clases de lechada y se determinaron los respectivos cálculos volumétricos de las distintas secciones del pozo a cementar sin ningún inconveniente.
2. La cementación se realizó satisfactoriamente debido a que se siguió con el programa de cementación planificado.
3. En el liner producción de 7" se utilizó 1 lb/bbl de cemNET para evitar pérdidas de circulación durante el desplazamiento.
4. La cementación se concluyó exitosamente ya que no se presentaron problemas una vez terminada la cementación.

RECOMENDACIONES

1. Ciertos procedimientos de cementación pueden tener dificultades por lo que es importante realizar una planificación de todas las operaciones que se llevarán a cabo. Se deberá presentar un plan de trabajo detallado que será revisado por técnicos especialistas. En el plan de trabajo se detallaran las operaciones y se relacionarán los medios técnicos y humanos con que se va a contar.
2. En cementaciones de tuberías, éstas deben estar correctamente centradas en la perforación (centradores), existiendo suficiente margen de diámetro entre tubería y perforación (al menos 50-100 mm).
3. El anular debe estar ausente de sustancias contaminantes.
4. La tubería debe estar limpia, sin grasas, de modo que facilite la adherencia del cemento.
5. Preparación adecuada de la lechada de cemento en composición, volumen y tiempo.
6. La lechada una vez preparada no debe permanecer más de dos horas en la cuba de mezcla o en las canalizaciones del circuito, ya que tienden a perder sus propiedades reológicas.
7. Se recomienda monitorear constantemente la llegada de cemento a superficie. Una vez que retorne cemento NO contaminado (15.2 ppg) a superficie, parar la mezcla de cemento e iniciar el desplazamiento.

8. Se recomienda subdesplazar al menos 1 bbl del volumen total del desplazamiento.
9. Es recomendable encadenar el casing para evitar que el casing flote después de terminar la cementación.
10. Antes de iniciar la operación de cementación discuta los planes de contingencia a seguir en caso que se tenga flujo en el anular CSG-DP.
11. Planee y tenga listo las facilidades en superficie para recibir todo el exceso de cemento bombeado.
12. Si durante la etapa de cementación se presentara pérdidas de circulación, se recomienda reducir el caudal de desplazamiento hasta recuperar circulación y minimizar las pérdidas. Mínimo caudal de bombeo 1BPM. Siempre tener en cuenta el tiempo bombeable de la lechada.
13. Se recomienda no usar la cabeza de cementación como herramienta de circulación ya que no permite obtener caudales suficientes para limpieza durante circulaciones prolongadas de la tubería.
14. Monitorear constantemente retornos, si se pierde circulación durante la cementación, reducir el caudal de bombeo hasta recuperar circulación, no detener el bombeo. Personal de lodo debe encargarse del monitoreo del volumen de los tanques antes y después de la operación de cementación para detectar posibles pérdidas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bermúdez Raúl - Schlumberger - Cementación de Pozos Petroleros: Principios y tecnologías 16/11/2007.
2. Rodríguez Javier BHIO y Córdova Oscar BHIO – Compañía Baker Hughes - Datos del Pozo. Quito, Agosto 2011.
3. Compañía BJ Service - Libro BJ Service – EDC LAR. Neuquén, Argentina - Junio 1991.
4. Celleri Diego - Schlumberger – Drilling school – Sección 8: Cementación.
5. Cementaciones de Pozos Petroleros.
<http://es.scribd.com/doc/55683491/Cementacion-de-Pozos-Petroleros>
6. <http://es.scribd.com/doc/25291115/Cementacion-de-Pozos>