



# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“Diseño, Corrida Y Cementación De Liner De Producción  
En El Pozo ESPOL X-4H En El Oriente Ecuatoriano”**

### **INFORME DE MATERIA DE GRADUACION**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN PETROLEO**

Presentado por:

**VICENTE AGUIRRE O.**

**JAVIER LOPEZ V.**

**HENRY MUÑOZ S.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR  
2012**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación y en especial al catedrático: Msc. Xavier Vargas por el apoyo brindado para la culminación del mismo; y demás catedráticos que nos guiaron durante nuestra vida estudiantil.

## DEDICATORIA

A Dios por llevarme por un camino de éxito y permitirme concluir con dicha, esta etapa de mi vida.

A mis amados padres Edwin López Guerra y Nina Viteri Viteri por su confianza y sacrificio en aras de mi aprendizaje.

A mi hermana Paola por quien todo esfuerzo vale la pena.

Javier Eduardo López Viteri

En primer lugar doy gracias a Dios por permitirme culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres Leonor Ordóñez y Vicente Aguirre por su apoyo incondicional.

A mis hermanos y sobrino que son parte de este logro.

Vicente David Aguirre Ordóñez.

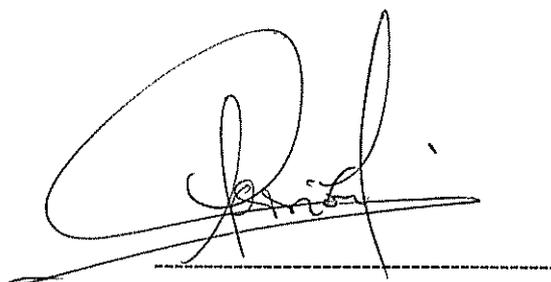
Primero agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y conocimientos para culminar esta primera etapa profesional de mi vida.

A mis padres Henry Muñoz y Sonia Salinas por su apoyo incondicional brindado, por los valores que me enseñaron y me ayudaron a fomentar la perseverancia para no decaer en alcanzar el objetivo planteado.

A mi hermano Daniel quien con su alegre forma de ser me ayudaba con el lidiar de algún momento difícil.

Henry Eduardo Muñoz Salinas

## TRIBUNAL DE GRADUACION

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paúl Carrión Mero', is written over a horizontal dashed line. The signature is stylized with large loops and a long horizontal stroke at the end.

**Dr. Paúl Carrión Mero**

**DECANO**

---

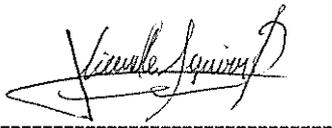
**Ing. Xavier Vargas G., M.Sc.**

**PROFESOR**

## DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Informe de Materia de Graduación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la "ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



**Vicente Aguirre O.**



**Javier López V.**



**Henry Muñoz S.**

## RESUMEN

En este trabajo se presenta los diseños de revestimiento y cálculo de volúmenes en el programa de cementación del pozo ESPOL # 87, además el diseño corrida y cementación de liner con el nuevo sistema de colgadores de liner expandible TruForm de la empresa Weatherford.

En el capítulo 1, se detalla la geología general del Oriente Ecuatoriano así como la historia del campo donde se encuentra el pozo ESPOL X-4H, incluyendo su ubicación geográfica, características petrofísicas, la litología presente en el pozo y las formaciones objetivos alcanzados.

En el capítulo 2, se presenta el programa de perforación, fluidos de perforación y los tipos de brocas utilizadas en el pozo ESPOL X-4H.

En el capítulo 3, se describe el proceso para la selección adecuada de la tubería de revestimiento en cada sección del pozo, tomando en cuenta los respectivos factores de seguridad así como: los esfuerzos de colapso, tensión y estallido.

En el capítulo 4, se muestra el programa de cementación primaria de una sola etapa, utilizando cementos A y G, y el cálculo de volúmenes de cemento.

En el ultimo capitulo se presenta la información del Liner de producción, así como las características del sistema de colgador de liner expandible, también el diseño, corrida y cementación del liner con su respectiva secuencia operacional para el pozo ESPOL X-4H.

## INDICE GENERAL

|  |     |
|--|-----|
| RESUMEN .....  | vi  |
| INDICE GENERAL.....                                  | vii |
| ABREVIATURAS .....                                   | x   |
| SIMBOLOGIA .....                                     | xi  |
| INDICE DE TABLAS .....                               | xii |
| INTRODUCCIÓN .....                                   | xiv |
| <br>   |     |
| CAPÍTULO 1.....                                      | 2   |
| 1.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....                          | 2   |
| 1.1.1. Geología general del Oriente Ecuatoriano..... | 2   |
| 1.2. HISTORIA DEL CAMPO .....                        | 4   |
| 1.2.1. Información del Campo .....                   | 4   |
| 1.2.2. Geología del Campo.....                       | 5   |
| 1.2.3. Pozos perforados .....                        | 6   |
| 1.2.4. Mecanismos de empuje.....                     | 6   |
| 1.2.5. Métodos de producción .....                   | 7   |
| 1.2.6. Características de los Fluidos.....           | 8   |
| 1.2.7. Historia de Producción .....                  | 9   |
| 1.3. GEOLOGÍA DEL POZO .....                         | 12  |

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO 2.....   | 32 |
| 2.1. PROGRAMA DE PERFORACIÓN.....                               | 19 |
| <br>  |    |
| CAPÍTULO 3.....   | 26 |
| 3.1. DISEÑO DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO.....                    | 26 |
| 3.2. PROGRAMA DE DISEÑO DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO:.....       | 29 |
| 3.2.1. Diseño de Revestimiento Superficial de 13 3/8":.....     | 30 |
| 3.2.2. Diseño de revestimiento Intermedio de 9 5/8":.....       | 33 |
| 3.3. PROGRAMAS DE REVESTIMIENTO.....                            | 36 |
| <br>  |    |
| CAPÍTULO 4.....   | 37 |
| 4.1. DISEÑO DEL PROGRAMA DE CEMENTACION.....                    | 37 |
| 4.1.1. Cementación de Revestimiento Superficial de 13 3/8"..... | 38 |
| 4.1.1.1. Secuencia Operacional de Revestimiento 13 3/8".....    | 41 |
| 4.1.2. Cementación de Revestimiento Intermedio de 9 5/8".....   | 43 |
| 4.1.2.1. Secuencia Operacional de Revestimiento 9 5/8".....     | 47 |
| <br>  |    |
| CAPÍTULO 5.....   | 50 |
| 5.1. INFORMACION SOBRE EL LINER DE PRODUCCION.....              | 50 |
| 5.2. DISEÑO DEL LINER DE PRODUCCION.....                        | 72 |
| 5.3. CORRIDA DE LINER DE PRODUCCION.....                        | 74 |

|  |       |
|--|-------|
| 5.4. CEMENTACION DE LINER DE PRODUCCION.....               | 85100 |
| 5.4.1. Secuencia Operacional de la Zona Productora .....   | 90    |
| 5.4.2. Secuencia Operacional de la Zona No Productora..... | 91    |
| <br>   |       |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                       | 93    |
| BIBLIOGRAFÍA.....  | 118   |

## ABREVIATURAS

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| BHA                  | Ensamblaje de fondo                 |
| BPM                  | Barriles por minuto                 |
| bbl/ft               | Barriles por pie                    |
| bbl/sx               | Barriles por saco                   |
| Cto.                 | Cemento                             |
| FST                  | Factor de seguridad de tensión      |
| FSE                  | Factor de seguridad de estallido    |
| FSC                  | Factor de seguridad de colapso      |
| ft                   | Pie                                 |
| ft <sup>3</sup>      | Pie cúbico                          |
| ft <sup>3</sup> /bbl | Pie cúbico por barril               |
| ft <sup>3</sup> /sx  | Pie cúbico por saco                 |
| gal/sx               | Galón por saco                      |
| ID                   | Diámetro interno                    |
| lb.                  | Libra                               |
| lb/gal – lpg         | Libra por galón                     |
| lb/ft                | Libra por pie                       |
| m.                   | Metro                               |
| MD                   | Profundidad medida                  |
| min.                 | Minuto                              |
| OD                   | Diámetro externo                    |
| psi.                 | Libras por pulgada cuadrada         |
| psi/ft               | Libras por pulgada cuadrada por pie |
| pulg.                | Pulgada                             |
| tk                   | Tanque                              |
| TR                   | Tubería de Revestimiento            |
| TVD                  | Profundidad verdadera               |
| USD                  | Dólares americanos                  |
| USD/ft               | Dólares americanos por pie          |

## SIMBOLOGIA

|            |  |
|------------|--|
| $A$        | Área plana                                   |
| $C$        | Capacidad                                    |
| $D$        | Profundidad                                  |
| $D_x$      | Profundidad de resistencia al estallido      |
| $L_{xi}$   | Longitud de resistencia al colapso           |
| $P_b$      | Presión de burbuja                           |
| $P_s$      | Presión de superficie                        |
| $SG_{oil}$ | Gravedad específica del petróleo             |
| $S_w$      | Saturación de agua                           |
| $Sx$       | Sacos de cemento                             |
| $T$        | Temperatura                                  |
| $V$        | Volumen                                      |
| $V_{agua}$ | Volumen de agua                              |
| $V_r$      | Volumen de lechada de relleno                |
| $V_c$      | Volumen de lechada de cola                   |
| $V_d$      | Volumen de desplazamiento                    |
| $\rho$     | Densidad                                     |
| $\phi$     | Porosidad                                    |
| $\beta_o$  | Factor volumétrico de formación del petróleo |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>TABLA 1:</b> NUMERO DE POZOS EN EL CAMPO SECOYA.....  | 19 |
| <b>TABLA 2:</b> POZOS Y TASA DE PRODUCCIÓN POR MÉTODO<br>MECÁNICO EN EL CAMPO SECOYA.....        | 20 |
| <b>TABLA 3:</b> POZOS Y TASA DE PRODUCCIÓN POR MÉTODO<br>HIDRÁULICO YET EN EL CAMPO SECOYA ..... | 20 |
| <b>TABLA 4:</b> POZOS Y TASA DE PRODUCCIÓN POR MÉTODO DE<br>PISTÓN EN EL CAMPO SECOYA.....       | 20 |
| <b>TABLA 5:</b> POZOS Y TASA DE PRODUCCIÓN POR MÉTODO DE BES<br>EN EL CAMPO SECOYA.....          | 21 |
| <b>TABLA 6:</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS PRODUCIDOS DEL<br>CAMPO SECOYA.....               | 21 |
| <b>TABLA 7:</b> FORECAST CON DATOS DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO<br>SECOYA.....                        | 24 |
| <b>TABLA 8:</b> GEOLOGÍA DEL POZO.....   | 25 |
| <b>TABLA 9:</b> GEOLOGÍA DEL POZO ESPOL X-4H .....   | 26 |
| <b>TABLA 10:</b> PROPIEDADES DEL LODO AGUJERO SUPERFICIAL.....                                   | 35 |
| <b>TABLA 11:</b> PROPIEDADES DEL LODO AGUJERO INTERMEDIO.....                                    | 35 |
| <b>TABLA 12:</b> PROPIEDADES DEL LODO AGUJERO PRODUCCIÓN.....                                    | 36 |
| <b>TABLA 13:</b> PROGRAMA DE BROCAS DEL POZO ESPOL X-4H .....                                    | 37 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>TABLA 14:</b> PROFUNDIDAD ESTIMADA DE ASENTAMIENTO DE REVESTIDORES POZO ESPOL X-4H ..... | 42  |
| <b>TABLA 15:</b> CARACTERÍSTICAS CASING 13 3/8" C-95, 72 LB/FT .....                        | 44  |
| <b>TABLA 16:</b> CARACTERÍSTICAS CASING 9 5/8" N-80, 53.5 LB/FT .....                       | 47  |
| <b>TABLA 17:</b> PROGRAMA DE REVESTIMIENTO ACTUAL .....                                     | 49  |
| <b>TABLA 18:</b> PROGRAMA DE REVESTIMIENTO ALTERNO.....                                     | 49  |
| <b>TABLA 19:</b> DATOS CEMENTACIÓN REVESTIMIENTO SUPERFICIAL                                | 51  |
| <b>TABLA 20:</b> DATOS CEMENTACIÓN REVESTIMIENTO INTERMEDIO .                               | 56  |
| <b>TABLA 21:</b> CARACTERÍSTICAS CASING 7" N-80, 29 LB/FT .....                             | 87  |
| <b>TABLA 22:</b> DATOS CEMENTACIÓN LINER .....  | 100 |

## INTRODUCCIÓN

La etapa de perforación de un pozo petrolero es una de las más importantes para una óptima producción, nuestro reporte se basa en el diseño, la corrida y la cementación del liner; optimizando el trabajo y reduciendo costos utilizando los diferentes grados de tubería existentes en el mercado.

Como es de conocimiento el liner se lo asienta en el casing intermedio, en el pozo ESPOL X-4, se ha utilizado un colgador expandible que pertenece a la tecnología TruForm, en la cual el colgador es de un solo cuerpo permitiendo de esta manera que la presión se mantenga tanto por debajo como por encima del elemento expandible, funcionando así no solo como colgador sino también como packer.

Nuestra tarea se enfoca a diseñar el liner cumpliendo todos los parámetros de seguridad y reduciendo los costos, de esta manera se variaría el grado de la tubería de revestimiento, dependiendo la profundidad a la que se la corra.

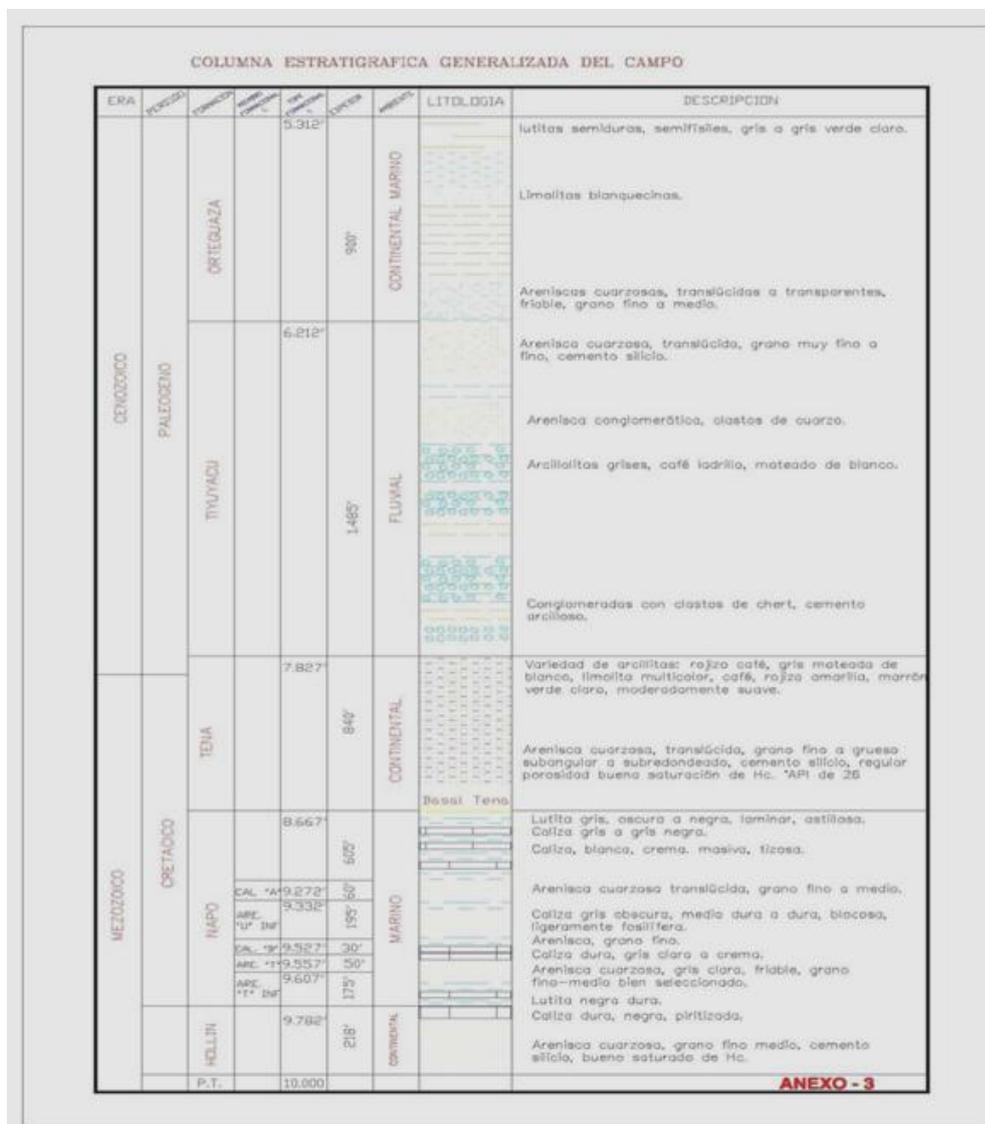
# **CAPÍTULO 1**

## **1.1. GEOLOGÍA REGIONAL**

### **1.1.1. Geología general del Oriente Ecuatoriano**

La geología regional del Oriente Ecuatoriano está conformada, por dos regiones distintas: La Cuenca Amazónica Superior o Cuenca Oriental, que constituye la Cuenca Napo y la plataforma de Tiputini, al norte; y la Cuenca de Pastaza, al sur. Esta región, constituida por mesetas y terrazas interrumpidas, se encuentra cubiertas por sedimentos terciarios sub – horizontales. La otra región se la conoce como Zona Sub andina, que comprende las estribaciones orientales de la cordillera Real. Se caracteriza por empinadas montañas de espesa vegetación y difícil acceso. La zona sub andina, lo constituye el levantamiento Napo, la cordillera de Lumbaqui y Galeras, al Norte; y las cordilleras de Cutucú y el Cóndor, al Sur; en los que sedimentos mesozoicos cabalgados y plegados se hallan expuestos. La Mayoría de los reservorios en las areniscas fluvio-deltaicas y marinas de las

formaciones Hollín y Napo son anticlinales, poco orientadas de norte a sur, asociados con fallas normales o inversas.



**Figura 1.1 Columna Estratigráfica Generalizada del Campo**

Las principales unidades de reservorio la constituyen las areniscas basales de la formación Terciaria Tena; las areniscas

“M-1”, “M-2”, “U” y “T” de la formación Cretácico Napo y la formación Hollín del cretácico inferior

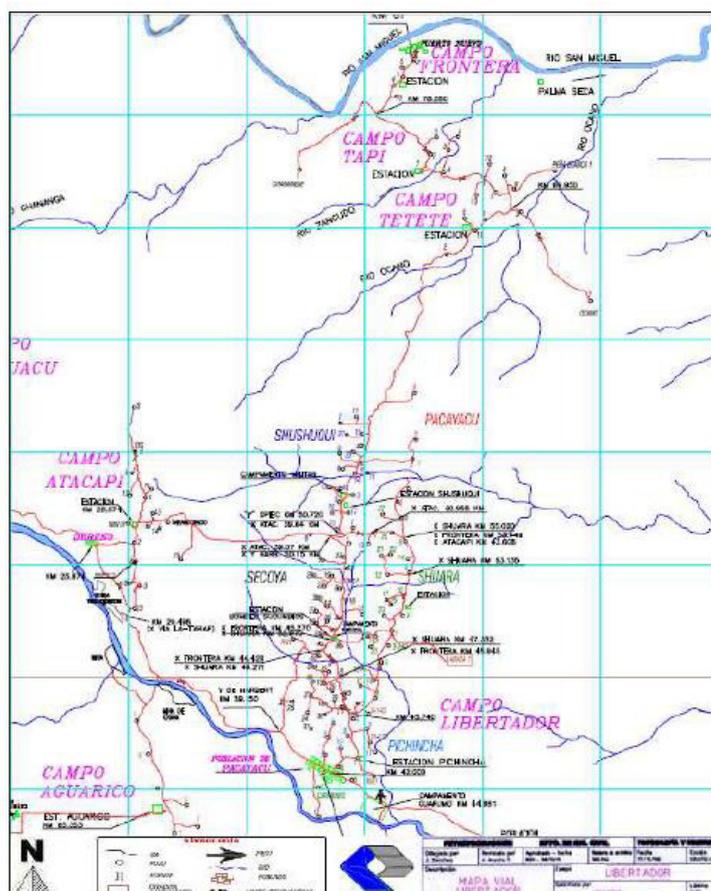
Las Calizas “A”, “B” y la arenisca “M-2” de Napo, así como los depósitos conglomerados de Tiyuyacu, se consideran reservorios marginales.

## **1.2. HISTORIA DEL CAMPO**

### **1.2.1. Información del Campo**

El campo Secoya se encuentra ubicado en la Región Amazónica, en la parte Sur-Occidente del Campo Libertador junto al campo Shuara,, al Sur del campo Shushuqui, rodeada por los campos Aguarico y Atacapi. Su estructura fue descubierta con la perforación del pozo SEC – 01 entre enero y febrero de 1980. Tiene una extensión de aproximadamente 684.5 km<sup>2</sup>

El campo Secoya empezó su producción en el año de 1982.



**Figura 2. Mapa Vial Libertador**

(Ep Petroecuador)

### 1.2.2. Geología del Campo

El campo Secoya muestra una estructura anticlinal, limita en la parte Este, por una falla que corre de Norte a Sur; y por el Norte, Sur y Oeste por los cierres estructurales de Ui (8186 ft) y T (8357 ft); coincidiendo este último cierre estructural con la protección de CAP del pozo vecino SHU-01

### 1.2.3. Pozos perforados

En la actualidad, se han perforado un total de 40 pozos en el Campo Secoya y como bien se conoce la perforación de un pozo no sólo se la realiza con el fin de producir el petróleo de alguna formación de interés, también puede tener otros objetivos tales como pozos inyectoros, pozos de reparación, etc. A continuación en la Tabla 1 damos a conocer el número de pozos perforados y su respectivo uso:

**Tabla 1**  
**NÚMERO DE POZOS EN EL CAMPO SECOYA**

| Número de pozos del Campo Secoya |                     |                            |                              |               |                |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|---------------|----------------|
| Pozos en producción              | Pozos en reparación | Pozos esperando reparación | Pozos para inyección de agua | Pozos muertos | Total de pozos |
| 28                               | 3                   | 2                          | 2                            | 5             | 40             |

Fuente: EP Petroecuador

### 1.2.4. Mecanismos de empuje

En todos los reservorios del Campo Secoya, existe empuje lateral hidráulico, en el cual la presión inicial es mayor que la presión del punto de burbuja. Por la producción de fluidos del yacimiento, la presión de este se reduce, dando paso a una diferencia de presión a través del contacto agua-petróleo. De acuerdo con las leyes básicas de flujo de fluidos en medio reservorio de petróleo originando Intrusión o Influjo lo cual no

solo ayuda a mantener la presión, sino que permite un desplazamiento inmiscible del petróleo que se encuentra en la parte invadida.

### 1.2.5. Métodos de producción

**Tabla 2**  
**Pozos y Tasa de Producción por Método Mecánico en el Campo Secoya**

| <b>Mecánico</b>    |               |              |             |             |
|--------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>Estado</b>      | <b>Número</b> | <b>Pozos</b> | <b>BFPD</b> | <b>BPPD</b> |
| <b>Produciendo</b> | 1             | SEC-04       | 125         | 100         |
| <b>Cerrados</b>    | -             | -            | -           | -           |

**Tabla 3**  
**Pozos y Tasa de Producción por Método Hidráulico Yet en el Campo Secoya**

| <b>Hidráulico Yet</b> |               |              |             |             |
|-----------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>Estado</b>         | <b>Número</b> | <b>Pozos</b> | <b>BFPD</b> | <b>BPPD</b> |
| <b>Produciendo</b>    | 1             | SEC-39D      | 517         | 496         |
| <b>Cerrados</b>       | 1             | SEC-12       | -           | -           |

**Tabla 4**  
**Pozos y Tasa de Producción por Método de Pistón en el Campo Secoya**

| <b>Pistón</b>      |               |              |             |             |
|--------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>Estado</b>      | <b>Número</b> | <b>Pozos</b> | <b>BFPD</b> | <b>BPPD</b> |
| <b>Produciendo</b> | -             | -            | -           | -           |
| <b>Cerrados</b>    | -             | -            | -           | -           |

**Tabla 5**  
**Pozos y Tasa de Producción por Método de BES en el Campo Secoya**

| <b>BES</b>         |               |              |             |             |
|--------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>Estado</b>      | <b>Número</b> | <b>Pozos</b> | <b>BFPD</b> | <b>BPPD</b> |
| <b>Produciendo</b> | 18            | SEC-01       | 21249       | 3637        |
|                    |               | SEC-03       |             |             |
|                    |               | SEC-05       |             |             |
|                    |               | SEC-08       |             |             |
|                    |               | SEC-10       |             |             |
|                    |               | SEC-14       |             |             |
|                    |               | SEC-15       |             |             |
|                    |               | SEC-16       |             |             |
|                    |               | SEC-17       |             |             |
|                    |               | SEC-19       |             |             |
|                    |               | SEC-22       |             |             |
|                    |               | SEC-27       |             |             |
|                    |               | SEC-28       |             |             |
|                    |               | SEC-32       |             |             |
|                    |               | SEC-33B      |             |             |
|                    |               | SEC-37D      |             |             |
|                    |               | SEC-38D      |             |             |
|                    |               | SEC-40D      |             |             |
| <b>Cerrados</b>    | 7             | SEC-02       | 4869        | 496         |
|                    |               | SEC-07B      |             |             |
|                    |               | SEC-13       |             |             |
|                    |               | SEC-23       |             |             |
|                    |               | SEC-26       |             |             |
|                    |               | SEC-35       |             |             |
| SEC-36             |               |              |             |             |

**Fuente: EP Petroecuador - Producción Secoya @ 09-02-2012**

### **1.2.6. Características de los Fluidos**

En la producción del fluido de la formación de interés no solo encontraremos petróleo sino también gas y agua, de tal manera que en la tabla 1.3 mostraremos las principales características de los fluidos producidos.

**Tabla 6**  
**Características de los fluidos producidos del campo Secoya**

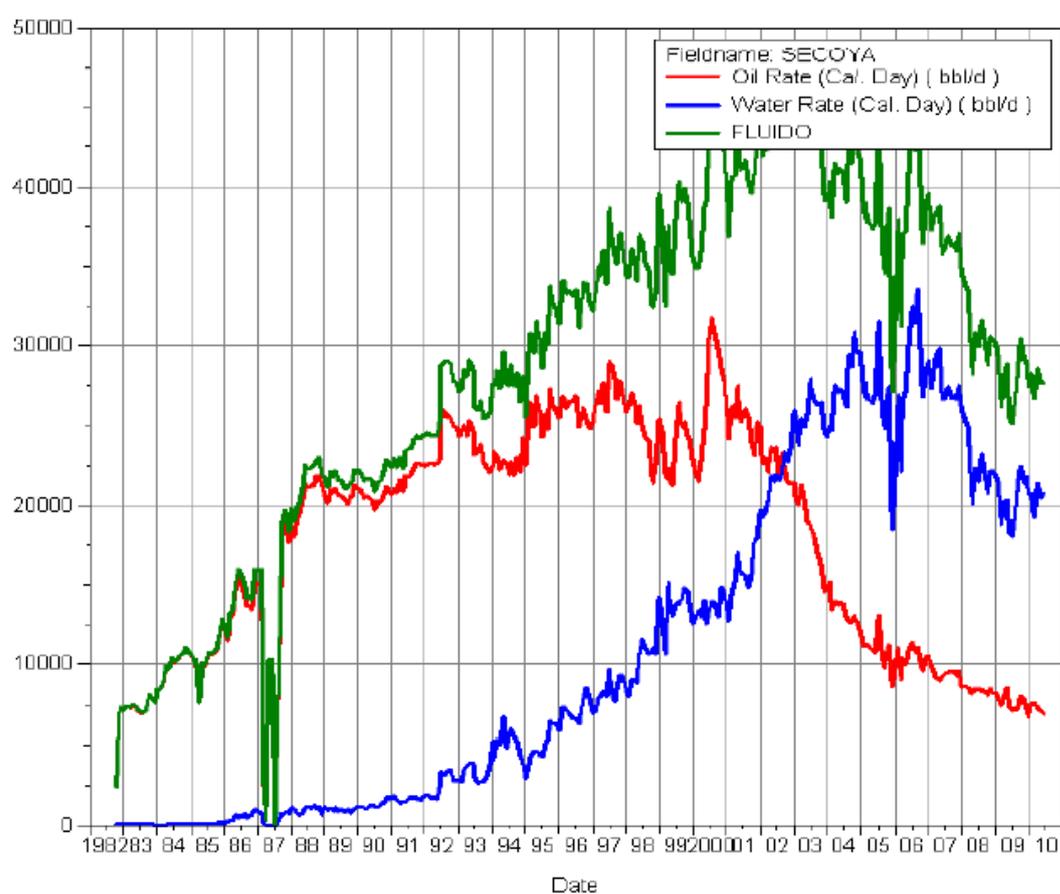
| <b>Características de los fluidos del Campo Secoya</b>      |                  |              |
|---|------------------|--------------|
| <b>Descripción</b>  | <b>Símbolo</b>   | <b>Valor</b> |
| Caudal de Petróleo  | $Q_o$ (BPPD)     | 16644        |
| Caudal de agua  | $Q_w$ (BWPD)     | 42169        |
| Caudal de gas   | $Q_g$ (MMSCFD)   | 0.280        |
| Caudal total  | $Q_o$ (BFPD)     | 58813        |
|   |                  |              |
| Grado API   | $^{\circ}$ API   | 29           |
| Gravedad específica del petróleo                            | $\gamma_o$       | 0.8816       |
| Gravedad específica del agua                                | $\gamma_w$       | 1.07         |
| Gravedad específica del gas                                 | $\gamma_g$       | 1.182        |
| Viscosidad del petróleo                                     | $\mu_o$          | 13.520       |
| Viscosidad del gas  | $\mu_g$          | 0.0102       |
| Factor de compresibilidad del gas                           | Z                | 0.988        |
| Diámetro asumido de las gotas de suspensión (fase continua) | $d_m$ (micrones) | 500          |
| Diámetro asumido de las gotas de suspensión (fase gaseosa)  | $d_m$ (micrones) | 100          |
| Relación gas-petróleo                                       | GOR<br>(SCF/BPD) | 282          |

**Fuente: EP Petroecuador**

### 1.2.7. Historia de Producción

El mayor aporte para el campo Libertador proviene del Campo Secoya, con una producción diaria de 58813 BFPD con un BSW del 75%. Toda la producción del campo es dirigida a la estación de producción-bombeo que lleva su mismo nombre, a excepción de la proveniente de los pozos: SEC-11, SEC-18, SEC-21, SEC-24, SEC-29 y SEC-30 que es receptada en la estación Pichincha.

En la Tabla 1.2 mostraremos el Forecast de los datos de producción del Campo Secoya por cada pozo que se ha puesto en producción, su respectivo aporte con el volumen total de petróleo producido por el campo y los datos de BSW y °API del petróleo producido en cada pozo.



**Figura 3. Historial de Producción del Campo Secoya**  
Fuente: EP Petroecuador

**Tabla 7**  
**Forecast con datos de producción del Campo Secoya**

| <b>Pozo</b>             | <b>Promedio (BFPD)</b> | <b>Máximo (BPPD)</b> | <b>BSW (%)</b> | <b>°API</b> | <b>Gas (MMSFCD)</b> | <b>Aporte (%)</b> |
|-------------------------|------------------------|----------------------|----------------|-------------|---------------------|-------------------|
| SEC-01                  | 2945                   | 3034                 | 87.1           | 29.5        | 125.2               | 5.2               |
| SEC-02                  | 1661                   | 2617                 | 76.9           | 30.0        | 334.9               | 4.4               |
| SEC-03                  | 1858                   | 3071                 | 78.2           | 29.0        | 180.9               | 5.2               |
| SEC-04                  | 177                    | 272                  | 16.9           | 30.0        | 74.2                | 0.5               |
| SEC-05                  | 4470                   | 4610                 | 86.9           | 29.0        | 276.2               | 7.8               |
| SEC-08                  | 3139                   | 3889                 | 70.4           | 30.0        | 434.3               | 6.6               |
| SEC-10                  | 971                    | 1144                 | 66.3           | 32.8        | 155.9               | 1.9               |
| SEC-11                  | 2197                   | 3555                 | 79.6           | 28.3        | 224.6               | 6.0               |
| SEC-12                  | 100                    | 140                  | 3.0            | 29.0        | 138.6               | 0.2               |
| SEC-14                  | 4209                   | 4581                 | 72.8           | 29.0        | 360.2               | 7.8               |
| SEC-15                  | 1429                   | 1476                 | 82.2           | 30.0        | 119.6               | 2.5               |
| SEC-16                  | 3654                   | 3921                 | 80.0           | 29.0        | 268.8               | 6.7               |
| SEC-17                  | 790                    | 1317                 | 55.9           | 28.0        | 574.6               | 2.2               |
| SEC-18                  | 2204                   | 2666                 | 75.2           | 29.0        | 165.4               | 4.5               |
| SEC-19                  | 1026                   | 1164                 | 71.3           | 29.0        | 127.6               | 2.0               |
| SEC-20                  | 303                    | 385                  | 18.0           | 27.5        | 89.3                | 0.7               |
| SEC-21                  | 1252                   | 1349                 | 68.6           | 30.0        | 125.7               | 2.3               |
| SEC-22                  | 1076                   | 1867                 | 62.4           | 27.0        | 148.8               | 3.2               |
| SEC-23                  | 471                    | 641                  | 81.1           | 29.0        | 77.9                | 1.1               |
| SEC-24                  | 521                    | 549                  | 43.8           | 36.7        | 102.2               | 0.9               |
| SEC-26                  | 377                    | 717                  | 77.4           | 27.0        | 111.8               | 1.2               |
| SEC-27                  | 2248                   | 2639                 | 80.7           | 30.2        | 170.2               | 4.5               |
| SEC-28                  | 695                    | 1378                 | 74.3           | 29.0        | 111.1               | 2.3               |
| SEC-29                  | 1246                   | 1434                 | 68.0           | 29.0        | 133.5               | 2.4               |
| SEC-30                  | 581                    | 992                  | 64.7           | 30.0        | 195.4               | 1.7               |
| SEC-32                  | 1065                   | 1188                 | 37.5           | 28.7        | 262.6               | 2.0               |
| SEC-33                  | 2620                   | 3189                 | 47.7           | 31.0        | 885.5               | 5.4               |
| SEC-33B                 | 2307                   | 2345                 | 78.2           | 39.7        | 537.7               | 4.0               |
| SEC-34                  | 734                    | 823                  | 76.7           | 30.2        | 64.7                | 1.4               |
| SEC-35                  | 688                    | 925                  | 55.9           | 33.5        | 210.2               | 1.6               |
| SEC-36                  | 801                    | 935                  | 31.2           | 29.6        | 163.1               | 1.6               |
| <b>Producción total</b> |                        |                      |                |             | <b>58813 BFPD</b>   |                   |

**Fuente: EP Petroecuador**

## 1.3. GEOLOGÍA DEL POZO

**Tabla 8.**  
**Geología del Pozo**

| CRONO-ESTRATIGRAFIA |                          | FORMACION | LITOLOGIA           | MIEMBRO               | PROFUNDIDAD (PIES)                          |              |             |
|---------------------|--------------------------|-----------|---------------------|-----------------------|---|--------------|-------------|
| HEGEOENO            | PLIOCENO                 |           |                     |                       | PM  | PVV          | PVV (BNM)   |
|                     | MIOCENO                  | CHALCANA  |                     | CHALCANA SUPERIOR     |   |              |             |
|                     |                          |           |                     | CHALCANA INFERIOR     |   |              |             |
| FALEOGENO           | OLIGOCENO                | ORTEGUAZA |                     | ORTEGUAZA             | NOTA: INICIO DEL CONTROL LITOLOGICO A 5297' |              |             |
|                     |                          |           |                     | TIYUYACU              | 5847  | 5759         | -4879       |
|                     | EOCENO                   | TIYUYACU  |                     | CONGL. SUPERIOR       | 6138  | 6050         | -5170       |
|                     |                          |           |                     | CONGL. INFERIOR       | 7180  | 7083         | -6203       |
|                     | PALEOCENO                | TENA      |                     | TENA                  | 7756  | 7616         | -6736       |
|                     |                          |           | ARENISCA BASAL TENA | 8697                  | 8286  | -7406        |             |
| CRETACICO           | TARDIO                   | NAP0      |                     | NAPO                  | 8720  | 8299         | -7419       |
|                     |                          |           |                     | CALIZA "M2"           | 9516  | 8777         | -7897       |
|                     | TEMPRANO                 | NAP0      |                     | CALIZA "A"            | 9616  | 8839         | -7959       |
|                     |                          |           |                     | ARENISCA "U" SUPERIOR | 9960  | 8868         | -7988       |
|                     |                          |           |                     | ARENISCA "U" INFERIOR | 9814  | 8966         | -8086       |
|                     |                          |           |                     | CALIZA "B"            | 9990  | 9082         | -8202       |
|                     |                          |           |                     | ARENISCA "T" SUPERIOR | 10021                                       | 9102         | -8222       |
|                     |                          |           |                     | ARENISCA "T" INFERIOR | 10110                                       | 9159         | -8279       |
|                     |                          | HOLLIN    |                     | HOLLIN SUPERIOR       | 10336                                       | 9292         | -8412       |
|                     | <b>PROFUNDIDAD TOTAL</b> |           |                     |                       |   | <b>10410</b> | <b>9334</b> |

**Tabla 9.**  
**Geología del Pozo ESPOL X-4H**

| <b>Formación</b>                      |                     | <b>Descripción</b>   | <b>Profundidades</b>   |
|---------------------------------------|---------------------|--|--|
| <b>ORTEGUAZA</b>                      | <b>Arcillolita</b>  | Gris verdosa, gris clara, moderadamente firme a suave, en sub bloques a bloque, textura lisa, ocasionalmente terrosa, no calcárea.   |  |
|                                       | <b>Limolita</b>     | Café clara, gris verdosa, en parte café amarillenta, moderadamente firme, en bloque a sub bloques, no calcárea, con inclusiones de glauconita.   |  |
| <b>TIYUYACU</b>                       | <b>Arenisca</b>     | Cuarzosa, blanca, gris clara, friable a moderadamente consolidada, translúcida a sub-transparente, grano fino, sub-redondeada a angular, buena selección, matriz calcárea, cemento calcáreo, porosidad no visible. Sin presencia de hidrocarburo.  | (5847' – 7756') PM<br>(5759' – 7616') PVV<br>(-4879' –6736') SSPVV |
|                                       | <b>Arcillolita</b>  | Gris verdosa, gris clara, suave a moderadamente firme, localmente soluble, sub-bloque a bloque, textura terrosa, no calcárea, ocasionalmente con inclusiones de glauconita.  |  |
|                                       | <b>Limolita</b>     | Gris clara, gris verdosa clara, moderadamente firme, sub-bloque a irregular, no calcárea, en parte grada a arenisca de grano muy fino, ocasionalmente con inclusiones de glauconita.   |  |
| <b>CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU</b> | <b>Conglomerado</b> | Chert, amarillo, negro, gris oscuro, gris claro, mostaza, muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea, asociada con arenisca: Cuarzosa a lítica, gris oscura, blanca amarillenta, translúcida a opaca, grano medio a grueso, sub-redondeado, pobre selección, no visible matriz y cemento, no visible porosidad, sin presencia de hidrocarburo. | (6138'–7180') PM<br>(6050'–7083') PVV<br>(-5170'6203') PVV         |
|                                       | <b>Arenisca</b>     | Cuarzosa, gris clara, blanca, translúcida a transparente, suelta, de grano fino a muy fino, sub-angular a sub-redondeado, regular selección, matriz y cemento no visible, sin presencia  |  |

|                                       |                     |  |  |
|---------------------------------------|---------------------|--|--|
|                                       |                     | de hidrocarburo.   |  |
|                                       | <b>Arcillolita</b>  | Rojo ladrillo, café rojizo, suave a moderadamente firme, sub-bloque a bloque, textura terrosa, no calcárea.  |  |
| <b>CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU</b> | <b>Conglomerado</b> | Chert, amarillo, negro, gris oscuro, gris claro, mostaza, muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea, asociada con arenisca: Cuarzosa a lítica, gris oscura, blanca amarillenta, translúcida a opaca, grano medio a grueso, sub-redondeado, pobre selección, no visible matriz y cemento, no visible porosidad, sin presencia de hidrocarburo. | (7180'–7756') PM<br>(7083'–7616') PVV<br>(6203'6736') PVV    |
|                                       | <b>Arenisca</b>     | Cuarzosa, blanca, blanca amarillenta, hialina, gris oscura, sub-translúcida, sub-transparente, suelta, grano fino a medio, ocasionalmente grano grueso, mala selección, no visible cemento y matriz, no visible porosidad, sin manifestación de hidrocarburo.  |  |
|                                       | <b>Arcillolita</b>  | Café rojizo, café clara, rojo ladrillo, blanda a moderadamente dura, sub-bloque a bloque, textura terrosa, no calcárea.  |  |
|                                       | <b>Limolita</b>     | Café clara, gris clara, café amarillenta, moderadamente dura a blanda, bloque a sub-bloque, terrosa, gradando a arenisca de grano muy fino, no calcárea.   |  |
| <b>TENA</b>                           | <b>Arcillolita</b>  | Café oscura, café amarillenta, café rojiza, gris clara, crema, café oscura moteada con crema, moderadamente dura a blanda, sub-bloque a bloque, textura terrosa, no calcárea.  | (7756'–8720') PM<br>(7616'–8299') PVV<br>(6736'–7419') SSPVV |
|                                       | <b>Limolita</b>     | Gris clara, café clara, café amarillenta, moderadamente dura a blanda, sub-bloque a bloque, terrosa, gradando a arenisca de grano muy fino, con inclusiones de glauconita, en partes calcárea.   |  |
|                                       | <b>Arenisca</b>     | Cuarzosa, gris clara, translúcida, transparente, suelta a friable, grano muy fino a fino, regular selección, en partes matriz arcillosa, no visible cemento y porosidad, sin presencia de hidrocarburo.  |  |

|                   |                    |   |  |
|-------------------|--------------------|---|--|
| <b>BASAL TENA</b> | <b>Arenisca</b>    | Cuarzosa, blanca, clara, sub-translúcida a sub-transparente, friable, en parte suelta, grano fino a muy fino, redondeada a sub-redondeada, clasificación regular, matriz argilacea, cemento calcáreo, porosidad no visible. Sin manifestación de hidrocarburo | (8697' – 8720') PM<br>(8286' – 8299') PVV<br>(-7406' – -7419') SSPVV |
|                   | <b>Arcillolita</b> | Café chocolate, café amarillenta, en menor cantidad café rojiza moteada con gris, café clara, gris clara, firme a moderadamente firme, en sub-bloque a bloques, no calcárea   |  |
|                   | <b>Limolita</b>    | Café amarillenta, café clara, gris clara, moderadamente dura a blanda, sub-bloque a bloque, terrosa, gradando a arenisca de grano muy fino, en partes ligeramente calcárea  |  |
| <b>NAPO</b>       | <b>Lutita</b>      | Gris, gris oscura, firme, sub-laminar, a laminar, sub-fisil, fisil, quebradiza, no calcárea   | (8782' –9854') PM<br>(8482' –9554') PVV<br>(-7599' – 8671') SSPVV    |
|                   | <b>Caliza</b>      | Empaquetada, crema, gris, gris moteada con crema, moderadamente dura a dura, sub-bloque a bloque, no visible porosidad. Sin manifestación de hidrocarburo.  |  |
| <b>CALIZA M-1</b> | <b>Caliza</b>      | Empaquetada, en partes lodosa, gris clara, crema, ocasionalmente gris oscura moteada con crema, moderadamente dura a dura, en sub-bloque a bloque, porosidad no visible. Sin manifestación de hidrocarburo  | (9127'–9516') PM<br>(8528' –8777') PVV<br>(-7648' – -7897') SSPVV    |
|                   | <b>Lutita</b>      | Gris oscura, gris clara, negra, moderadamente dura a firme, sub-fisil, sub-laminar a laminar, quebradiza, textura lisa a terrosa, no calcárea   |  |
| <b>CALIZA M-2</b> | <b>Caliza</b>      | Empaquetada a lodosa, gris oscura, gris clara, gris oscura moteada con crema, en bloque a sub-bloque, muy dura, no visible porosidad. Sin manifestación de hidrocarburo   | (9516'– 9616') PM<br>(8777'– 8839') PVV<br>(-7897 – -7959') SSPVV    |
|                   | <b>Lutita</b>      | Gris oscura, gris clara, negra, moderadamente dura a firme, sub-fisil, laminar, en partes planar, quebradiza, textura lisa a terrosa, no calcárea. Con inclusiones de micropirita   |  |

|                            |                 |  |  |
|----------------------------|-----------------|--|--|
| <b>CALIZA A</b>            | <b>Caliza</b>   | Empaquetada a lodosa, crema, gris clara, blanca, gris moteada con crema, moderadamente dura sub-bloque a bloque, no visible porosidad, sin manifestación de hidrocarburo   | (9324'– 9395') PM<br>(9024'– 9095') PVV<br>(-8141' – -8211') SSPVV |
|                            | <b>Lutita</b>   | Gris oscura, negra, moderadamente dura a firme, sub-fisil, laminar, en partes planar, quebradiza, textura lisa, micropirítica, no calcárea   |  |
| <b>ARENISCA U SUPERIOR</b> | <b>Arenisca</b> | Cuarzosa, gris clara, translúcida, transparente, friable a moderadamente consolidada, en partes suelta, grano fino a muy fino, en partes grano medio, sub-redondeado a sub-angular, regular selección, matriz argilácea, no visible cemento, porosidad no visible con inclusiones glauconíticas. En partes con manchas puntuales de hidrocarburo café oscuro, Fluorescencia natural amarilla pálida, Fluorescencia al corte rápido blanco lechoso en corrientes, Fluorescencia residual amarilla clara, Anillo residual no visible en luz natural. Pobre manifestación de hidrocarburos. | (9660'– 9814') PM<br>(8868'– 8966') PVV<br>(7988'– 8086') SSPVV    |
|                            | <b>Lutita</b>   | Gris oscura, negra, moderadamente dura a firme, sub-fisil, laminar, en partes planar, quebradiza, textura lisa, micropirítica, no calcárea   |  |
|                            | <b>Caliza</b>   | Empaquetada, gris clara, crema, menor blanca, gris moteada con crema, moderadamente dura a dura, sub-bloque a bloque, microcristalina, no visible porosidad  |  |
| <b>ARENISCA U INFERIOR</b> | <b>Arenisca</b> | Cuarzosa, café clara, translúcida, transparente, suelta a friable, de grano fino a medio, menor grano grueso, sub-angular a sub-redondeado, pobre selección, no visible matriz y cemento, porosidad no visible. Con manchas de hidrocarburo café oscuro, Fluorescencia natural amarilla pálida, Fluorescencia al corte rápido blanco lechoso en nubes y corrientes, Fluorescencia  | (9510'– 9609') PM<br>(9210'– 9309') PVV<br>(8327'–8426') SSPVV     |

|                            |                 |   |  |
|----------------------------|-----------------|---|--|
|                            |                 | residual amarilla verdosa clara, Anillo residual no visible. Pobre manifestación de hidrocarburos   |  |
|                            | <b>Lutita</b>   | Negra, gris oscura, moderadamente dura, sub-físil a físil, laminar, en partes planar, quebradiza, textura lisa, micropirítica, no calcárea  |  |
| <b>CALIZA B</b>            | <b>Caliza</b>   | Gris, crema, menor blanca, gris moteada con crema, moderadamente dura a dura, sub-bloque a bloque, empaquetada, no visible porosidad  | (9990'–10021') PM<br>(9082'–9102') PVV<br>(9962'–8222') SSPVV  |
|                            | <b>Lutita</b>   | Negra, gris oscura, firme a moderadamente dura, sub-planar a planar, sub-laminar a laminar, quebradiza, sub-físil a físil, alargada, textura lisa y terrosa, no calcárea.   |  |
| <b>ARENISCA T SUPERIOR</b> | <b>Arenisca</b> | Cuarzosa, gris clara, translúcida a sub-translúcida, friable a moderadamente consolidada, grano fino a muy fino, sub-redondeado a redondeado, buena selección, matriz argilácea, cemento calcáreo, porosidad no visible, con inclusiones de glauconita. No visible manchas. Fluorescencia natural amarillo oscuro, Fluorescencia al corte lento blanco amarillento en corrientes, Fluorescencia residual amarillo verdoso claro, Anillo residual no visible. Pobre manifestación de hidrocarburos | (10021'–10110') PM<br>(9102'–9159') PVV<br>(8222'–8279') SSPVV |
|                            | <b>Lutita</b>   | Negra, gris oscura, firme a moderadamente dura, sub-planar a planar, sub-laminar a laminar, quebradiza, sub-físil a físil, alargada, textura lisa y terrosa, no calcárea  |  |
| <b>ARENISCA T INFERIOR</b> | <b>Arenisca</b> | Cuarzosa, clara, translúcida a sub-translúcida, suelta, grano fino a medio, menor grano grueso, sub-redondeado a sub-angular, regular a pobre selección, no visible matriz y cemento, porosidad no visible. Trazas de hidrocarburos   | (10110'–10336') PM<br>(9159'–9292') PVV<br>(8222'–8412') SSPVV |
|                            | <b>Lutita</b>   | Gris oscura, café grisácea, menor negra, firme a moderadamente dura, sub-planar a planar, sub-laminar a laminar, quebradiza,  |  |

|               |                 |   |  |
|---------------|-----------------|---|--|
|               |                 | sub-físil a físil, alargada, textura lisa y terrosa, no calcárea  |  |
|               | <b>Caliza</b>   | Café oscura, Gris oscura, moderadamente dura a dura, sub-bloque a bloque, lodos, en parte empaquetada, no visible porosidad   |  |
| <b>HOLLIN</b> | <b>Arenisca</b> | Cuarzosa, clara, translúcida, transparente, suelta, grano fino a medio, sub-redondeado a sub-angular, regular selección, no visible matriz y cemento, porosidad no visible. Sin manifestación de hidrocarburo | (10336'–10410') PM<br>(9292'– 9334') PVV<br>(8412' –8454') SSPVV |
|               | <b>Lutita</b>   | Gris oscura, café grisácea, menor negra, firme a moderadamente dura, sub-planar a planar, sub-laminar a laminar, quebradiza, sub-físil a físil, alargada, textura lisa y terrosa, no calcárea                 |  |

**PROFUNDIDAD TOTAL @ 10410' PM / 9334' PVV.**

# CAPÍTULO 2

## 2.1. PROGRAMA DE PERFORACIÓN

El pozo direccional tipo Horizontal denominado ESPOL X-4H productor, localizado en el campo SECOYA, propuesto para producir de la formación U Inferior. La profundidad final fue alcanzada con el uso de motores de fondo estándar así como tecnología MWD de pulso positivo.

El pozo se perforara en 4 secciones:

- **Fase 26"**

La sección de 26" se perforó hasta 255 pies, bajando y cementando el revestimiento de 20" a 255 pies.

- **Fase 16"**

Según plan direccional es iniciar el **KOP** a los 1000 pies, construir a una tasa de 2°/100 pies en dirección 300°. Hasta alcanzar 15° de inclinación a 1750 pies. Generando una sección vertical negativa de

94 pies. Continuar perforando tangencialmente hasta 3800 pies. Desde donde se iniciara el **Drop Off** a una tasa de 1.5°/100 pies. Hasta verticalizar el pozo a los 4800 pies. Continuar perforando hasta el punto de Revestidor de 13 3/8" a 5302 pies de profundidad medida. Se realizará un viaje de acondicionamiento a las 36 horas de perforación hasta la zapata de 20" y luego regresara a fondo a continuar perforando hasta el punto de revestidor.

- **Fase 12 1/4"**

Se continuará perforando verticalmente el pozo hasta la profundidad planeada de 6500 pies. Y posteriormente construir a una tasa de 2.5°/pies.

Hasta 7878 pies y alcanzar los 34.5°. Profundidad a la cual se bajara revestidor de 9 5/8". Se perfora las formaciones Ortegua y Tiyuyacu.

Se bajará un nuevo ensamblaje para continuar perforando verticalmente el pozo hasta la profundidad de 6500 pies MD, para realizar el KOP#2, y construir inclinación a razón de 2.5°/100', con un azimuth de 111.18°, hasta llegar a la profundidad de 7878 pies MD, profundidad planeada para el asentamiento del revestimiento de 9 5/8.

Se continuará con un ensamblaje para seguir construyendo inclinación a razón de  $2.5^{\circ}/100'$ , con un azimuth de  $111.18^{\circ}$ , hasta llegar a la profundidad de 7878 pies MD, profundidad planeada para el asentamiento del revestimiento de  $9\ 5/8$ .

- **Fase  $8\ 1/2''$**

En esta Corrida se pretende perforar toda la sección de  $8\ 1/2''$ , construyendo inclinación a razón de  $2.5^{\circ}/100'$ , con un azimuth de  $111.18^{\circ}$ , hasta la profundidad de 8620 pies MD, a partir de esta profundidad se mantendrá una tangente hasta la profundidad final, atravesando la arenisca U Inferior, objetivo del pozo piloto.

Se acondicionará el hoyo para la bajada de liner de  $7''$ .

Las propiedades de lodo de perforación utilizado en cada sección del pozo ESPOL X-4H se especifican en las tablas: Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12. Mientras que el esquema del pozo y las brocas de perforación utilizadas en el mismo, se especifican en la Figura 4 y en la Tabla 13 respectivamente.

**Tabla 10**  
**Propiedades del lodo agujero superficial.**

| <b>Propiedades</b>            | <b>Límites del programa</b> |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Densidad (lpg)                | 8,4 – 10,2                  |
| Viscosidad (seg/qt)           | 28 – 45                     |
| pH                            | 8,0 – 9,0                   |
| PV (cP)                       | Mínimo Posible              |
| YP (lb/100 pie <sup>2</sup> ) | 15 – 25                     |
| Arena (%)                     | < 0,5                       |
| S.B.G. Corregidos (%)         | < 10                        |
| MBT (lb/bbl)                  | 20 – 35 (Mín. Posible)      |
| Calcio (ppm)                  | 1000 - 2000                 |

Fuente: Programa fluidos de perforación Q-Max

**Tabla 11**  
**Propiedades del lodo agujero intermedio.**

| <b>Propiedades</b>            | <b>Límites del programa</b> |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Densidad (lpg)                | 10,0 – 10,4                 |
| Viscosidad (seg/qt)           | 30 – 70                     |
| Ph                            | 9,0 – 9,5                   |
| 6 rpm                         | 7 – 13                      |
| PV (cP)                       | Mínimo Posible              |
| YP (lb/100 pie <sup>2</sup> ) | 15 – 25                     |
| Filtrado (ml /30 min)         | 6 -8                        |
| Arena (%)                     | < 0.5                       |
| S.B.G. Corregidos (%)         | < 8                         |
| MBT (lb/bbl)                  | < 20 (Mín. Posible)         |
| Calcio (ppm)                  | < 200                       |

Fuente: Programa fluidos de perforación Q-Max

**Tabla 12**  
**Propiedades del lodo agujero producción.**

| <b>Propiedades</b>    | <b>Límites del programa</b> |
|-----------------------|-----------------------------|
| Densidad (lpg)        | 9,8 – 10, 2                 |
| Viscosidad (seg/qt)   | 30 – 70                     |
| pH                    | 9,0 – 9,5                   |
| 6 rpm                 | 7 – 13                      |
| PV (cP)               | Mínimo Posible              |
| YP (lb/100 pie2)      | 15 – 25                     |
| Filtrado (ml /30 min) | 6 -8                        |
| Arena (%)             | < 0.5                       |
| S.B.G. Corregidos (%) | < 8                         |
| MBT (lb/bbl)          | < 20 (Mín. Posible)         |
| Calcio (ppm)          | < 200                       |

Fuente: Programa fluidos de perforación Q-Max

**Tabla 13**  
**Programa de Brocas del Pozo ESPOL X-4H**

| Intervalo     | Formación                | Diámetro Hueco | Litología   | Broca   | Tipo Broca  |     |
|---------------|--------------------------|----------------|---|---|---|-----|
| 0' – 5302'    | Terciario Indiferenciado | 16"            |  |  | Tricónica   |     |
|               | Ti                       |                |   |  |   |     |
|               | Orteguaza                |                |   |   |   |     |
| 5302' – 7878' | Tiyuyacu                 | 12 1/4"        |   |  |   | PDC |
|               | Tena                     |                |   |   |   |     |
|               | Napo                     |                |   |   |   |     |
| 7878' – 8620' | Hollín                   | 8 1/2"         |  |   |  |     |

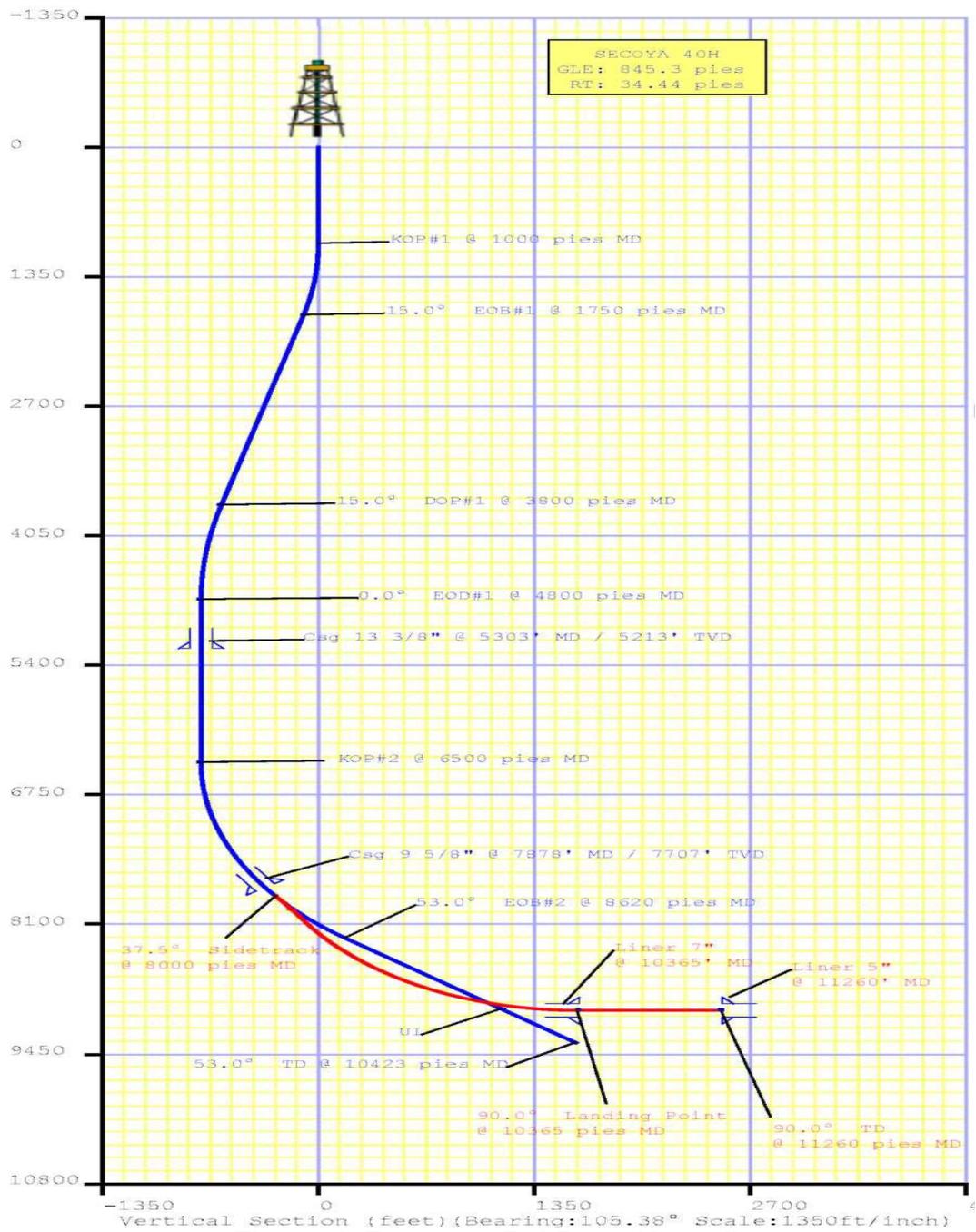


Figura 4. Esquema Del Pozo (Actual)

# CAPÍTULO 3

## 3.1. DISEÑO DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

Para el diseño del revestimiento del pozo ESPOL X-4H debemos tomar en cuenta que la tubería estará sometida a tres esfuerzos:

- a) **Esfuerzo a la Tensión**, originado por el peso que ejerce la sarta.
- b) **Esfuerzo al Colapso**, originado por la presión de la columna hidrostática ejercida hacia la tubería.
- c) **Esfuerzo al Estallido**, originada por la presión del fluido en el interior de la tubería.

Todos estos esfuerzos son considerados en el “**Método de ensayo y error con factor de flotación**”.

### **Consideraciones:**

- Se utilizará el método de ensayo y error con factor de flotación.
- Tipo de Unión. Rosca Buttress (BTC)

- Para los factores de seguridad de las fuerzas de tensión, compresión y estallido se usará los mismos que son usados por Petroecuador en el Oriente Ecuatoriano.

Factores de Seguridad:

**Colapso:  $C = 1.125$**

**Tensión:  $T=2.0$**

**Estallido:  $E=1.0$**

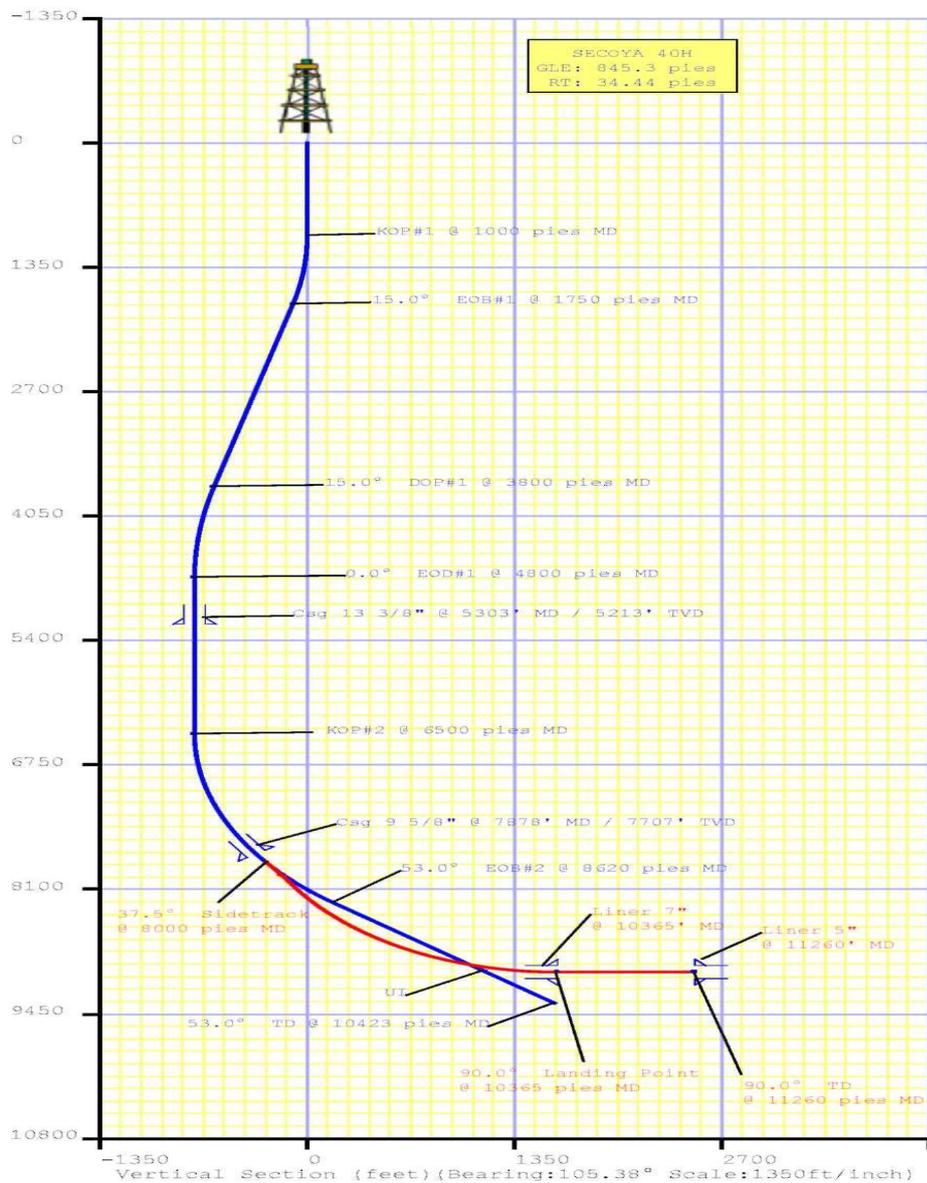


Figura 3.2. Diseño Propuesto

**Tabla 14**  
**Profundidad Estimada De Asentamiento De Revestidores Pozo ESPOL**  
**X-4H**

| TIPO REVESTIDOR | DIAMETRO     |                               | PROFUNDIDAD |            | ANGULO DE DESVIO |
|-----------------|--------------|-------------------------------|-------------|------------|------------------|
|                 | BROCA (PULG) | EXTERNO DEL REVESTIDOR (PULG) | MD (PIES)   | TVD (PIES) |                  |
| Conductor       | 26           | 20                            | 255         | 255        |                  |
| Superficial     | 16           | 13 3/8                        | 5297        | 5209       | 13,77            |
| Intermedio      | 12 ¼         | 9 5/8                         | 7878        | 7719       | 34,54            |
| Liner           | 8 ½          | 7                             | 10410       | 9035       | 56.03            |

### 3.2. PROGRAMA DE DISEÑO DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO:

1. Presión Hidrostática por el fluido de Perforación ( $P_{h_{fp}}$ )

$$P_{h_{fp}} = 0.052 \times \rho_{fp} \times D(TVD) \text{ en psi.}$$

2. Presión de Colapso ( $P_c$ )

$$P_c = P_h * FSC \text{ en psi.}$$

3. Presión de Estallido ( $P_e$ )

$$P_e = P_f \times FSE \text{ en psi.}$$

4. Factor de Flotación (FF)

$$FF = [1 - (0.015 \times \rho_{fp})]$$

## 5. Profundidad del Punto Neutro (PDN)

$$DPN = D(MD) \times [1 - (0.015 \times \rho_{fp})]$$

## 6. Peso Sarta de Revestimiento

$$W_{TR} = Longitud(pies) \times PesoTuberia \text{ (lbs/pie)}$$

**3.2.1. Diseño de Revestimiento Superficial de 13 3/8”:**

Diámetro externo = 13 3/8”

Densidad del fluido = 10.2 lpg

Ps = Ph

## 1. Calculamos los factores que intervienen en el diseño:

## a) Cálculo de Presión de formación

$$P_f = G_f \times D(TVD)$$

$$P_f = 0.48 \frac{psi}{ft} \times 5209 ft = 2500.32 psi$$

## b) Cálculo de Presión hidrostática

$$P_h = 0.052 \times \rho \times D(TVD)$$

$$P_h = 0.052 \times 10.2 \frac{lb}{gal} \times 5209 ft = 2762.85 psi$$

## c) Cálculo de Presión de Colapso

$$P_c = P_h * FSC$$

$$P_c = 2984.56 psi * 1.125 = 3108.21 psi$$

## d) Cálculo de Presión de Estallido

$$P_e = P_f \times FSE$$

$$P_e = 2500.32 \text{ psi} \times 1.0 = 2500.32 \text{ psi}$$

## e) Cálculo de Profundidad del punto neutro

$$DPN = D(MD) \times [1 - (0.015 \times \rho)]$$

$$DPN = 5297 \text{ ft} \times [1 - 0.015 \times (10.2 \text{ lb/gal})] = 4486.56 \text{ ft} \approx 4487 \text{ ft}$$

2. Buscamos el tipo de tubería que resiste la presión de colapso obtenida.

**Tabla 15**  
**Características Casing 13 3/8" C-95, 72 lb/ft**

| OD<br>(pulg.) | ID<br>(pulg.) | Rc<br>(psi) | Re<br>(psi) | Rt<br>(x1000lb.) |
|---------------|---------------|-------------|-------------|------------------|
| 13.375        | 12.347        | 2820        | 6390        | 1893             |

La tubería C-95, 72 lb/ft. resiste una presión al colapso de 2820 psi. Como vemos la presión al colapso obtenida en los cálculos es mayor a la que esta tubería resiste pero siendo la C-95 de 72 lb/ft la de mayor presión al colapso en comparación con las demás tuberías usadas para un revestimiento de 13 3/8" y que además consta con la aprobación del API, escogemos esta tubería como la apropiada para el caso. Por otro lado, por ser un

revestimiento superficial, el efecto de colapso no afectará de sobremanera el diseño a esta profundidad.

3. Determinar el peso total del revestimiento superficial de 13 3/8" si se corre hasta superficie:

$$W_{TR} = \text{DPN} \times \text{peso nominal}$$

$$W_{TR} = 4487 \text{ ft} \times 72 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} = 323064 \text{ lb}$$

Ahora comparamos el valor del peso total obtenido con el valor de la resistencia a la tensión de la tubería escogida para determinar si ésta resiste el peso de la sarta:

$$\frac{R_t}{FST} = \frac{1893000 \text{ lb}}{2.0} = 946500 \text{ lb}$$

Como el valor de  $\frac{R_t}{FST}$  es mayor que el de  $W_{tr}$  entonces la tubería resiste por tensión y puede ser corrida sin problema hasta superficie.

4. Determinar la Resistencia al estallido de la tubería C-95, 72 lb/ft.

De acuerdo a la tabla 15 la resistencia al estallido de la tubería es 6390 psi. y la presión al estallido calculada es 2500,32 psi., por lo tanto la tubería resiste por estallido.

5. Determinar la cantidad de tubos utilizados en esta sección:

$$\#tubos = \frac{5297 \text{ ft}}{40 \text{ ft}} = 132.43 \approx 132$$

### 3.2.2. Diseño de revestimiento Intermedio de 9 5/8”:

Diámetro externo = 9 5/8”

Densidad del fluido = 10.3 lpg

Ps = Ph

1. Calculamos los factores que intervienen en el diseño:

a) Cálculo de Presión de formación

$$P_f = G_f \times D(TVD)$$

$$P_f = 0.48 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} \times 7719 \text{ ft} = 3705.12 \text{ psi}$$

b) Cálculo de Presión hidrostática

$$P_h = 0.052 \times \rho \times D(TVD)$$

$$P_h = 0.052 \times 10.3 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \times 7719 \text{ ft} = 4134.3 \text{ psi}$$

c) Cálculo de Presión de Colapso

$$P_c = P_h \times FSC$$

$$P_c = 4134.3 \text{ psi} \times 1.125 = 4651.1 \text{ psi}$$

d) Cálculo de Presión de Estallido

$$P_e = P_f \times FSE$$

$$P_e = 3705.12 \text{ psi} \times 1.0 = 3705.12 \text{ psi}$$

e) Cálculo de Profundidad del punto neutro

$$DPN = D(MD) \times [1 - (0.015 \rho)]$$

$$DPN = 7878 \text{ ft} \times [1 - 0.015 \times (10.3 \text{ lb/gal})] = 6660.8 \text{ ft} \approx 6661 \text{ ft}$$

2. Buscamos el tipo de tubería que resiste la presión de colapso obtenida.

**Tabla 16**  
**Características Casing 9 5/8" N-80, 53.5 lb/ft**

| OD (pulg.) | ID (pulg.) | Rc (psi) | Re (psi) | Rt (x1000lb.) |
|------------|------------|----------|----------|---------------|
| 9.625      | 8.535      | 6620     | 7930     | 1329          |

La tubería N-80, 53.5 lb/ft. resiste una presión al colapso de 6620 psi. por lo consiguiente, sirve para soportar la presión de colapso calculada.

3. Determinar el peso total del revestimiento intermedio de 9 5/8" si se corre hasta superficie:

$$W_{TR} = DPN \times \text{peso nominal}$$

$$W_{TR} = 6661 \text{ ft} \times 53.5 \text{ lb/ft} = 356363.5 \text{ lb}$$

Ahora comparamos el valor del peso total obtenido con el valor de la resistencia a la tensión de la tubería escogida para determinar si ésta resiste por tensión:

$$\frac{R_t}{FST} = \frac{356363.5lb}{2.0} = 178181.75lb$$

Como el valor de  $\frac{R_t}{FST}$  es mayor que el de  $W_{tr}$ , entonces la tubería resiste por tensión y puede ser corrida sin problema hasta superficie.

4. Determinar la Resistencia al estallido de la tubería N-80, 53.5 lb/ft.

De acuerdo a la tabla 3.2 la resistencia al estallido de la tubería es 7930 psi. y la presión al estallido calculada es 3705.12 psi., por lo tanto la tubería resiste por estallido.

5. Determinar la cantidad de tubos utilizados en esta sección:

$$\#tubos = \frac{7878.ft}{40.ft} = 196.95 \approx 197$$

### 3.3. PROGRAMAS DE REVESTIMIENTO

**Tabla 17**  
**Programa de Revestimiento Actual**

|                    | Intervalo (ft)     | Grado       | Peso (lb/ft) | Número de tubos | Longitud (ft) |
|--------------------|--------------------|-------------|--------------|-----------------|---------------|
| <b>Superficial</b> | 0 – 5209           | C-95        | 72           | 132             | <b>5209</b>   |
| <b>Intermedio</b>  | 0 – 7719           | C-95        | 47           | 197             | <b>7719</b>   |
| <b>Liner</b>       | <b>7670 – 9035</b> | <b>C-95</b> | <b>26</b>    | <b>69</b>       | <b>1861</b>   |

**Tabla 18**  
**Programa de Revestimiento Alternativo**

|                    | Intervalo (ft)     | Grado       | Peso (lb/ft) | Número de tubos | Longitud (ft) |
|--------------------|--------------------|-------------|--------------|-----------------|---------------|
| <b>Superficial</b> | 0 – 5209           | C-95        | 72           | 132             | <b>5209</b>   |
| <b>Intermedio</b>  | 0 – 7719           | N-80        | 53.5         | 197             | <b>7719</b>   |
| <b>Liner</b>       | <b>7670 – 9035</b> | <b>N-80</b> | <b>29</b>    | <b>69</b>       | <b>1861</b>   |

# CAPÍTULO 4

## 4.1 DISEÑO DEL PROGRAMA DE CEMENTACION

1. Capacidad anular en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad anular} = \left\{ \left[ (OD_{broca})^2 - (OD_{casing})^2 \right] / 1029.4 \right\}$$

2. Capacidad interna en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad interna} = \left[ (ID_{casing})^2 / 1029.4 \right]$$

3.  $V_{Interno}$  en bbl

$$V_{Interno} = \text{Capacidad interna} \times \text{Longitud interna seleccionada}$$

4.  $V_{Anular}$  en bbl

$$V_{Anular} = \text{Capacidad anular} \times \text{Longitud anular seleccionada}$$

5. Numero de Sacos en sks

$$\text{Número de Sacos} = V_T (ft)^3 / R_L (ft^3/sk)$$

6. Requerimiento total de agua (bbl)

$$R_{T\ agua} = \frac{R_{agua} (gal/sks) \times \# sks}{42 gal/bbl}$$

\*Longitud entre cople y zapata ( $h_{c/z}$ ) = 40 ft

**Nota: El exceso de cemento sólo se suma en el cálculo de volumen del espacio anular**

#### 4.1.1. Cementación de Revestimiento Superficial de 13 3/8"

**Tabla 19**  
**Datos Cementación Revestimiento Superficial**

| Lechada de Cabeza (A)                  |                                       |              | Lechada de Cola (G) |                                       |              | Exceso<br>Cemento |
|--|---------------------------------------|--------------|---------------------|---------------------------------------|--------------|-------------------|
| Densidad<br>(lpg)                      | Rendimiento<br>(ft <sup>3</sup> /sks) | Tope<br>(ft) | Densidad<br>(lpg)   | Rendimiento<br>(ft <sup>3</sup> /sks) | Tope<br>(ft) |                   |
| 13.5                                   | 1.69                                  | 0            | 15.2                | 1.18                                  | 5209         | 25%               |
| <b>Requerimiento de Agua (gal/sks)</b> |                                       |              |                     |                                       |              |                   |
| 8.87                                   |                                       |              | 5.21                |                                       |              |                   |

1. Capacidad anular en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad anular} = \frac{[(\text{Diam hueco } 16")^2 - (\text{OD}_{\text{CSG } 13 \frac{3}{8}"} )^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular} = \{[(16)^2 - (13.375)^2]/1029.4\}$$

$$\text{Capacidad anular} = 0.075 \text{ bbl/ft}$$

2. Capacidad interna en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad interna} = [(16)^2/1029.4]$$

$$\text{Capacidad interna} = [(16)^2/1029.4]$$

$$\text{Capacidad interna} = 0.25 \text{ bbl/ft}$$

3.  $V_{\text{Anular}} \equiv V_1$  en  $ft^3$

$V_1 = \text{Capacidad Anular} \times \text{Longitud Anular Seleccionada}$

$$V_1 = 0.075 \text{ bbl/ft} \times 5209 \text{ ft} \times 5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$V_1 = 2190.92 \text{ ft}^3$$

4.  $V_{\text{hueco}} \equiv V_2 \text{ en } \text{ft}^3$

$V_2 = \text{Capacidad interna} \times \text{Longitud interna seleccionada}$

Longitud Interna seleccionada (Longitud entre cople y zapata ( $h_{c/z}$ )) = 40 ft

$$V_2 = 0.25 \text{ bbl/ft} \times 40 \text{ ft} \times 5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$V_2 = 55.85 \text{ ft}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 2190.92 \text{ ft}^3 + 55.85 \text{ ft}^3$$

$$V_T = 2246.77 \text{ ft}^3$$

5. Numero de Sacos en sks

$$\text{Número de Sacos} = V_T (\text{ft})^3 / R_L (\text{ft}^3/\text{sks})$$

$$\text{Número de Sacos} = \frac{2246.77 \text{ ft}^3}{1.69 \text{ ft}^3/\text{sks}}$$

$$\text{Número de Sacos} = 1329.45 \text{ Sks}$$

6. Exceso por Seguridad del 25%

$$1329.45 \text{ Sks} \times \frac{(100\% + 25\%)}{100\%} = 1661.81 \text{ Sks}$$

**Nota: Por criterio personal, utilizar el 80% de los sacos totales en la lechada (lead) de relleno y 20% en lechada (tail) de cola.**

$$7. \quad 1661.81 \text{ Sks} \times 80/100 = 1329.45 \text{ Sks}$$

$$1661.81 \text{ Sks} \times 20/100 = 332.36 \text{ Sks}$$

8. Volúmenes a Utilizar

I. Lechada de Relleno (lead) 13.5 lb/gal

$$V_t = \frac{1329.45 \text{ Sks} \times 1.69 \text{ ft}^3/\text{sk}}{5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}} = 400.13 \text{ bbl}$$

$$R_{T \text{ agua}} = \frac{1329.45 \text{ Sks} \times 8.87 \text{ gal/sks}}{42 \text{ gal/bbl}} = 280.76 \text{ bbl}$$

II. Lechada de Cola (tail)

$$V_t = \frac{332.36 \text{ Sks} \times 1.18 \text{ ft}^3/\text{sk}}{5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}} = 69.84 \text{ bbl}$$

$$R_{T \text{ agua}} = \frac{332.36 \text{ Sks} \times 5.21 \text{ gal/sks}}{42 \text{ gal/bbl}} = 41.22 \text{ bbl}$$

## 9. Volumen de Desplazamiento

Capacidad Casing 13 3/8", C-95, 72 lb./ft

$$C = \frac{ID^2}{1029.4} = \frac{12.347^2}{1029.4} = 0.148 \text{ bbl/ft}$$

Profundidad collar flotador, donde se asentará el tapón superior a 5253ft

$$V_D = 0.148 \text{ bbl/ft} \times 5253 \text{ ft} = 777.94 \text{ bbl lodo}$$

### 4.1.1.1. Secuencia Operacional de Revestimiento 13 3/8"

1. Circular el pozo por lo menos un ciclo completo al mayor caudal posible para limpiar el hoyo. Medir la eficiencia de las bombas del taladro.
2. Realizar reunión de seguridad y operativa durante la circulación del pozo. Discutir los procedimientos de manejo de la cabeza de cementación y/o maniobras que se vayan a realizar durante el trabajo de cementación.
3. Conectar cabeza de cementación y líneas de Well Services y probar línea a 3000 psi. El control de apagado de emergencia por presión se lo ajustará a 2500 psi después de haber realizado exitosamente la prueba de presión.

4. Revisar las presiones de circulación y compararlas con las simuladas. Si la presión esta dentro de los parámetros de simulación continuar con el trabajo caso contrario se recomienda seguir circulando.
5. Si la condiciones de hoyo son adecuadas, se recomienda iniciar con la optimización de la reología del lodo (PV=15/TY=17).
6. 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 361 bbl @ 5 bpm
  - Lechada Tail @15.2 ppg 95 bbl @ 5 bpm
7. Lanzar tapón duro y desplazar con 748 bbl de fluido como sigue:
  - Lechada Tail 3 bbl @ 3 bpm Bombas WS
  - Agua fresca 10 bbl @ 5 bpm Bombas WS
  - Lodo 720 bbl @ 8.5 bpm Bombas del taladro
  - Lodo 15 bbl @ 3 bpm Bombas del taladro

Máxima presión calculada @ 8.5 BPM 1450 psi. En caso de no asentar el tapón con el volumen de desplazamiento determinado antes de la operación, NO sobre desplazar más de la mitad del volumen entre la zapata y collar flotador.

8. Asentar el tapón con 500 psi arriba de la presión final de desplazamiento, mantener esta presión por un mínimo de 5 minutos.
9. Liberar la presión a los tanques de desplazamiento de Well Services para monitorear el funcionamiento del equipo de flotación. Contabilizar el volumen de fluido retornado.
  - El tiempo estimado de operación es de 03:30 hh:m
  - Máxima potencia requerida 296 hhp.
  - 12 horas para alcanzar 800 psi la lechada de esfuerzo a la compresión.

#### 4.1.2. Cementación de Revestimiento Intermedio de 9 5/8"

Tabla 20  
Datos Cementación Revestimiento Intermedio

| Lechada de Cabeza (A)           |                                   |           | Lechada de Cola (G) |                                   |           | Exceso Cemento |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|
| Densidad (lpg)                  | Rendimiento (ft <sup>3</sup> /sk) | Tope (ft) | Densidad (lpg)      | Rendimiento (ft <sup>3</sup> /sk) | Tope (ft) |                |
| 13.5                            | 1.69                              | 0         | 15.8                | 1.16                              | 7719      | 25%            |
| Requerimiento de Agua (gal/sks) |                                   |           |                     |                                   |           |                |
| 8.89                            |                                   |           | 5.05                |                                   |           |                |

1. Capacidad anular 1 ( $csg\ 13\ 3/8'' - csg\ 9\ 5/8''$ ) en  $bbl/ft$

$$\text{Capacidad anular 1} = \frac{[(ID_{csg\ 13\ 3/8''})^2 - (OD_{csg\ 9\ 5/8''})^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 1} = \frac{[(12.347)^2 - (9.625)^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 1} = 0.058\ bbl/ft$$

2. Capacidad anular 2 (*hueco* 12 1/4" – *csg* 9 5/8") en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad anular 2} = \frac{[(\text{Diametro hueco } 12 \frac{1}{4}'' )^2 - (OD_{\text{csg } 9 \frac{5}{8}''})^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 2} = \frac{[(12.25)^2 - (9.625)^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 2} = 0.055 \text{ bbl/ft}$$

3. Capacidad interna en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad interna} = [(\text{Diametro hueco } 12 \frac{1}{4}'' )^2 / 1029.4]$$

$$\text{Capacidad interna} = [(12.25)^2 / 1029.4]$$

$$\text{Capacidad interna} = 0.145 \text{ bbl/ft}$$

4.  $V_{\text{csg } 13 \frac{3}{8}'' - \text{csg } 9 \frac{5}{8}''} \equiv V_1$  en  $ft^3$

$$V_1 = \text{Capacidad Anular 1} \times \text{Longitud Anular Seleccionada}$$

$$V_1 = 0.058 \text{ bbl/ft} \times 5209 \text{ ft} \times 5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$V_1 = 1699.32 \text{ ft}^3$$

5.  $V_{\text{hueco } 12 \frac{1}{4}'' - \text{csg } 9 \frac{5}{8}''} \equiv V_2$  en  $ft^3$

$$V_2 = \text{Capacidad Anular 2} \times \text{Longitud Anular Seleccionada}$$

$$V_2 = 0.055 \text{ bbl/ft} \times (7719 - 5209) \text{ ft} \times 5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$V_2 = 786.17 \text{ ft}^3$$

6.  $V_{\text{hueco } 12 \frac{1}{4}''} \equiv V_3$  en  $ft^3$

$V_3 = \text{Capacidad interna} \times \text{Longitud interna seleccionada}$

Longitud Interna seleccionada (Longitud entre cople y zapata ( $h_{c/z}$ )) = 40 ft

$$V_3 = 0.145 \text{ bbl/ft} \times 40 \text{ ft} \times 5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$V_3 = 32.74 \text{ ft}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = 1699.32 \text{ ft}^3 + 786.17 \text{ ft}^3 + 32.74 \text{ ft}^3$$

$$V_T = 2518.24 \text{ ft}^3$$

7. Numero de Sacos en sks

$$\text{Número de Sacos} = V_T (\text{ft})^3 / R_L (\text{ft}^3/\text{sks})$$

$$\text{Número de Sacos} = \frac{2518.24 \text{ ft}^3}{1,69 \text{ ft}^3/\text{sks}}$$

$$\text{Número de Sacos} = 1490.08 \text{ Sks}$$

8. Exceso por Seguridad del 25%

$$1490.08 \text{ Sks} \times \frac{(100\% + 25\%)}{100} = 1862.60 \text{ Sks}$$

**Nota: Por criterio personal, utilizar el 80% de los sacos totales en la lechada (lead) de relleno y 20% en lechada (tail) de cola.**

$$9. \quad 1862.60 \text{ Sks} \times 80/100 = 1490.08 \text{ Sks}$$

$$1862.60 \text{ Sks} \times 20/100 = 372.52 \text{ Sks}$$

#### 10. Volúmenes a Utilizar

##### I. Lechada de Relleno (lead) 13.5 lb/gal

$$V_t = \frac{1490.08 \text{ Sks} \times 1.69 \text{ ft}^3/\text{sk}}{5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}} = 448.48 \text{ bbl}$$

$$R_{T \text{ agua}} = \frac{1490.08 \text{ Sks} \times 8.89 \text{ gal/sks}}{42 \text{ gal/bbl}} = 315.40 \text{ bbl}$$

##### II. Lechada de Cola (tail)

$$V_t = \frac{372.52 \text{ Sks} \times 1.16 \text{ ft}^3/\text{sk}}{5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}} = 76.95 \text{ bbl}$$

$$R_{T \text{ agua}} = \frac{372.52 \text{ Sks} \times 5.05 \text{ gal/sks}}{42 \text{ gal/bbl}} = 44.79 \text{ bbl}$$

#### 11. Volumen de Desplazamiento

Capacidad Casing 9 5/8", N-80, 53.5 lb./ft

$$C = \frac{ID^2}{1029.4} = \frac{8.535^2}{1029.4} = 0.0707 \text{ bbl/ft}$$

Profundidad collar flotador, donde se asentará el tapón superior a 7838 ft

$$V_D = 0.0707 \text{ bbl/ft} \times 7838 \text{ ft} = 554.66 \text{ bbl lodo}$$

#### **4.1.2.1. Secuencia Operacional de Revestimiento 9 5/8"**

1. Con el casing en el fondo, circular el pozo por lo menos un ciclo completo al mayor caudal posible (mínimo a 8.5 bpm y máximo 10 bpm) hasta verificar que el hoyo está limpio y no hay retorno de recortes a zarandas.
2. Acondicionar el lodo para tener un TY, no mayor a 18 lbf/100 ft<sup>2</sup>. Medir la eficiencia de las bombas del taladro.
3. Verificar la compresibilidad del lodo y ajustar desplazamiento de acuerdo a compresibilidad.
4. Realizar reunión de seguridad y operativa durante la circulación del pozo.
5. Conectar cabeza de cementar y líneas de Well Services y probar línea con 3500 psi.
6. Bombear la siguiente secuencia de fluidos:
  - Agua @ 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 28 bbl @4- 5 bpm
  - Lechada Tail @ 15.8 ppg 34 bbl @ 4-5 bpm
7. Lanzar tapón de tope y desplazar con 573 bbl de fluido como sigue:
- Tail Slurry 3bbl @ 3 bpm Bombas Well Services
  - Agua fresca 10 bbl @ 5 bpm Bombas Well Services
  - Lodo 545 bbl @ 8.5 bpm Bombas del taladro
  - Lodo 15.0 bbl @ 3 bpm Bombas del taladro
- En caso de no asentar el tapón con el volumen de desplazamiento determinado antes de la operación. Se deberá tomar en cuenta la compresión del lodo medida en locación y no se sobre desplazará más de la mitad del volumen entre la zapata y collar flotador. La presión esperada máxima de trabajo es 1150 psi a 8.5 BPM y antes del asentamiento es de 850 PSI @ 3BPM.
8. Asentar el tapón con 500 psi arriba de la presión final de desplazamiento, mantener esta presión por un mínimo de 5 minutos.
9. Liberar la presión a los tanques de desplazamiento de Well Services para monitorear el funcionamiento del

equipo de flotación. Contabilizar el volumen de fluido retornado.

- En caso de falla del equipo de flotación se debe intentar dos veces bombear la cantidad de lodo retornado a la unidad y en caso de falla bombear el volumen retornado y mantener presión (cerrando válvulas de la cabeza) hasta fragüe de cemento.
- El tiempo estimado de operación es de 2:14 hh:mm.
- HHP requeridos: ~238 HHP
- Esperar por fragüe de cemento (WOC) 12 horas para empezar a perforar la siguiente sección.

# **CAPÍTULO 5**

## **5.1. INFORMACION SOBRE EL LINER DE PRODUCCION**

### **LINER Y COLGADORES DE LINER**

Constituye una instalación especial que evita utilizar una sarta de la superficie al fondo del pozo; la longitud de esta tubería permite cubrir el agujero descubierto.

Esta tubería presenta un diámetro exterior de 4 ½" a 7", se cementa en la totalidad de su longitud mediante técnicas especiales. Las funciones que debe cumplir esta cañería son idénticas al de las cañerías productoras.

### **DEFINICIÓN DE LINER**

Se define al liner como sarta de revestimiento o tubería corta con su tope por debajo de la superficie del pozo. En la mayoría de los casos

es suspendido en un revestimiento anterior por medio de un Colgador.

Las liners no se corren hasta la superficie, solo se cementan en el fondo a una profundidad predeterminada con un traslape entre las tuberías.

Se emplean principalmente por economía o por limitaciones de la capacidad de carga del equipo, siendo una alternativa para tener un control de las presiones de formación o fractura a un costo menor de lo que implica correr una sarta hasta la superficie.

Los liners en pozos profundos proporcionan una adaptabilidad que frecuentemente no puede ser igualada por las sargas completas de tubería de revestimiento

### **Aplicaciones de Colgadores de Liner**

- Drilling Liner
- Production Liner
- Conventional Screen
- Expandable Screen
- Large monobore
- Permanent Packer
- Scab Liner
- Casing Patch

- Slotted Liner
- Combined Cemented and Slotted Liner/Screen
- Deepwater close tolerance casing design

### **Perforando con un Colgador de Liner Expandible (Expandable Liner Hanger) ELH**

EL uso de un colgador de liner expandible como una herramienta de perforación ofrece numerosas ventajas y elimina o reduce varios de los riesgos asociados con el uso del sistema de liner convencional.

EL colgador de Liner Expandible ha demostrado que proporciona múltiples ventajas sobre los colgadores convencionales.

Los colgadores de liner proporcionan dos funciones claves:

- Mantener el peso del liner por debajo del colgador.
- Aislar la presión diferencial sobre y debajo del liner.

Los métodos convencionales para correr liner requieren perforar través del reservorio, a menudo induciendo pérdidas en los intervalos depletados, extrayendo fuera del hoyo a una tasa controlada y finalmente corriendo el liner – experimentando nuevamente pérdidas potenciales. Los sistemas de colgadores de liner convencionales a menudo no permiten girar el liner. En algunos casos, el sistema

convencional de colgador de liner es utilizado para rotar o perforar, pero a menudo a expensas de no correr se desliza.

Un Colgador de Liner Expandible permite colgar el liner y el elemento de asentamiento en un solo paso, eliminando un trabajo de squeeze o un viaje adicional para un packer superior para el liner. Las experiencias realizadas en estas operaciones nos muestran que este también puede ser perforado minimizando el tiempo de la formación expuesta y reduciendo pérdidas. Ni que decir, este método utiliza el liner como parte de la sarta de perforación, eliminando la necesidad de un motor de lodo, que a su vez permite al liner perforar a tasas de flujo más bajas con bajas densidades equivalentes de circulación asociadas (ECD equivalent circulating densities).

### **Expandible vs Convencional**

Mientras que el colgador de liner convencional trabaja con una serie de complejas partes móviles, el colgador de liner expandible es un sencillo diseño que tiene una doble funcionalidad como: colgador y packer. Los elementos elastoméricos unidos al diámetro externo del cuerpo del colgador, hacen un sello impermeable de gas contra la pared del casing y toman la carga del peso del liner. Este sello se usa mediante el uso de la presión aplicada a empujar

hidráulicamente un cono hacia debajo de un mandril, expandiendo hacia afuera del cuerpo del casing.

El sistema expandible se corre de manera similar al liner convencional con algunas diferencias claves, la mas notable es que el liner es cementado antes de asentar el colgador, como el colgador proporciona aislamiento hidráulico cuando esta asentado.

Características de un colgador de Liner Expandible:

- No hay partes móviles en el ensamble colgador/empacadura.
- Expande colgador/empacadura hidráulicamente de arriba hacia abajo.
- Requiere relativa baja presión para activar y expandir.
- Estallido & Colapso calculados post expansión del cuerpo.
- Mediciones de presión o volumen indican el final del proceso de expansión.
- Rotación/reciprocación durante el acondicionamiento y cementación del hoyo.
- Elimina posible pasaje de fuga.
- Provee capacidad de perforación y rimado.
- Elimina la presión de surgencia sobre la formación cuando se expulsa el asiento bola.

### **TruForm Expandable Liner Hanger**

Weatherford presenta el sistema de liner TruForm después de numerosas pruebas y mejoras se aseguraron que sería más confiable, más fuerte, libre de riesgo y que realmente se presenta como ningún otro sistema de colgadores de liner expandible actualmente existente

#### **Características:**

- Junk Bonnet balanceado
- Sellos redundantes
- Secciones de anclaje aislado de presión
- Cumple cono
- El mismo diferencial de alta presión encima y por debajo de los elementos
- Compatible con dos tapones de cementación

#### **Sistema apto para propósito**

Tiene como propósito una máxima eficiencia y seguridad.

#### **Características**

Usando tecnología de acero expandible, el colgador de liner TRU-FORM es precisamente ingeniería y construido de un espesor

amurallado. El cuerpo es de una pieza para proveer un rendimiento superior. El diseño del cuerpo sólido integra y protege de anclaje independiente y de secciones de sellado que lo diferencia significativamente de uno u otro sistema expandible en el mercado.

Adicionalmente después de la expansión, el cuerpo más grueso de la pared puede manejar las mismas altas presiones por arriba o por debajo de los elementos. Combinado con la explosión de altura y clasificaciones de colapso, el sistema TruForm provee un mayor rendimiento.

### **Instalación realmente fiable**

El sistema Truform es mecánicamente menos complicado que la de cualquier otro sistema colgador expandible de liner. Este sistema reduce los riesgos de instalación y tiene un procedimiento de instalación simplificado disminuyendo la posibilidad de error humano. El cuerpo de Truform no tiene partes móviles, ni deslizables, ni cilindros, ni conos y ni elementos expuestos al anillo el cual puede ser dañado durante la corrida dentro del pozo.

Los procedimientos de instalación son muy sencillos para que se pueda girar en el agujero y llegar fácil al fondo del problema. Se mantiene conectado al liner durante el acondicionamiento y la cementación, luego se presuriza, desconecta y listo. La ventaja de

ser capaz de rotar y oscilar, mejora significativamente el trabajo de cementación.

### **Servicio clave del rendimiento de la tubería**

#### **Alta fiabilidad en la expansión del cono**

El rendimiento de aislamiento del packer es mejorado con la patente del sistema, de una sola pieza, autoajustables, cono de expansión compatible. Este cono garantiza un total de 360 grados radiales OD contactando los insertos de suspensión y los elementos de empaque con el casing. Provee una expansión uniforme, con una mayor fiabilidad a baja presión y no presión de las puntas que los diseños de cono segmentados.

#### **Protección exclusiva de los escombros**

La patente de Junk Bonnet balanceado, proporciona un valor excepcional y de confiabilidad mediante el aislamiento de las herramientas de corrida, en un fluido de limpieza, durante la instalación del sistema de liner Truform. Esta es la única barredora de escombros en el mercado, que ofrece una protección total de los escombros mientras corre en el hoyo cementando, rotando, reciprocando, asentando el colgador / packer y extrayendo el liner top.

### **Herramienta de corrida y sistema de expansión probada en el campo**

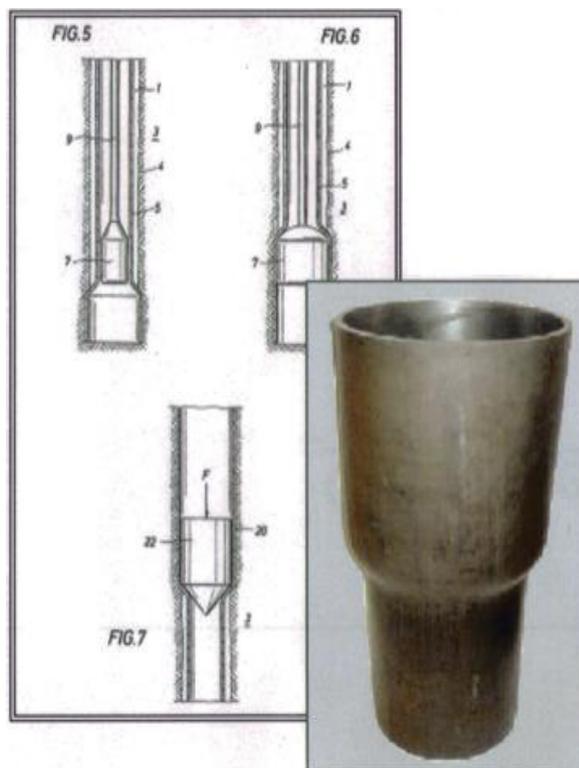
Hemos integrado los conceptos herramientas de corrida y de expansión que tienen literalmente miles de corridas en las líneas existentes de productos Weatherford para garantizar la previsibilidad de instalación y fiabilidad.

El concepto de las herramientas de corrida, ha sido usado en los sistemas convencionales de colgado de liner durante muchos años. El collar y terminales de alto torque hacen a la corrida por debajo del colgador. Esta herramienta de corrida es suficientemente robusta como para rotar, raspar, empujar, tirar y perforar el liner hacia el fondo. Una vez que el cuerpo de Truform ha sido expandido, la corrida de tubería es liberada con una combinación de peso aplicado y presión. También tiene un mecanismo secundario de liberación rotando a la izquierda.

La expansión hidráulica de los cilindros esta basada en uno de los más fiables de la industria probada en campo. Con miles de corridas de campo, los cilindros hidráulicos convierte la presión aplicada en fuerza para activar el cono de expansión que expande el cuerpo colgador de liner de arriba hacia abajo.

**Detalles de Tecnología:**

- **Tecnología de Sólidos Expandibles**
  - Herramientas de expansión
  - Cuerpo de colgador/empacadura expandible



**Figura 5.1 Tecnología de Sólidos Expandibles.**

(2010 Weatherford)

- **Tecnología de colgadores de liner convencional**

- Cubierta de desperdicios
- Herramientas de Asentamiento
- Buje de cementación recuperable
- Tapones y dardos limpiadores
- Cuello Asentador
- Equipo de Flotación
- Cabeza de Cementación



**Figura 5.2 Tecnología de Colgadores de Liner Convencional**

(2010 Weatherford)



**Figura 5.3 Componentes del Sistema**

(2010 Weatherford)

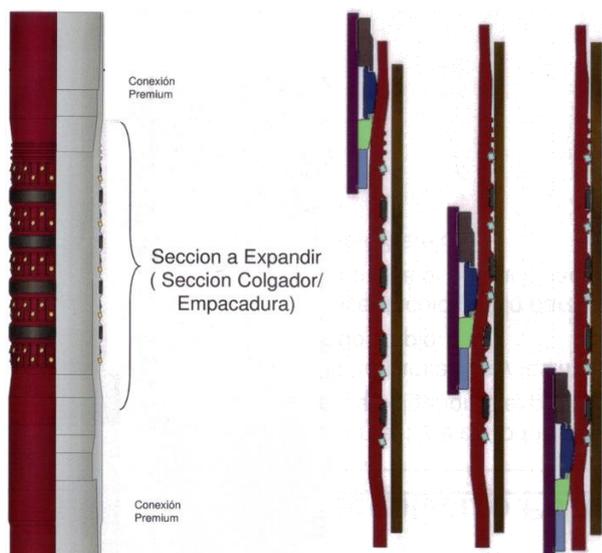
### **EHL Receptáculo Pulido**

- Se utiliza en el tope de todos los sistemas de colgadores expandibles
- Cubre las herramientas y las mantiene en un fluido limpio
- Provee receptáculo pulido para una segunda corrida or tie back packer
- Conexiones Premium



**Figura 5.4 ELH Receptáculo Pulido**

(2010 Weatherford)



**Figura 5.5 ELH Colgador/Empacadura**

(2010 Weatherford)

### **ELH Niple de Corrida**

- Perfil para Torque
- Perfil de corrida
- Perfil para buje de Cementación recuperable y sección pulida
- Conexiones Premium

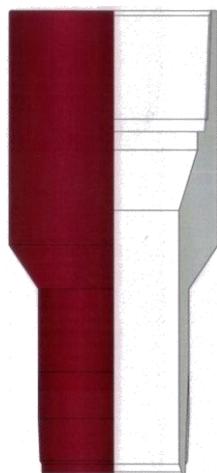


**Figura 5.6 ELH Niple de Corrida**

(2010 Weatherford)

### **ELH Niple de Adaptación**

- Adapta el sistema de colgador expandible a la revestidor de liner
- Provee una sección para las quijadas de la llave de revestidor
- Conexión Superior Premium



**Figura 5.7 ELH Niple de Adaptación**

(2010 Weatherford)



**Figura 5.8 Componentes de Sistema**

(2010 Weatherford)

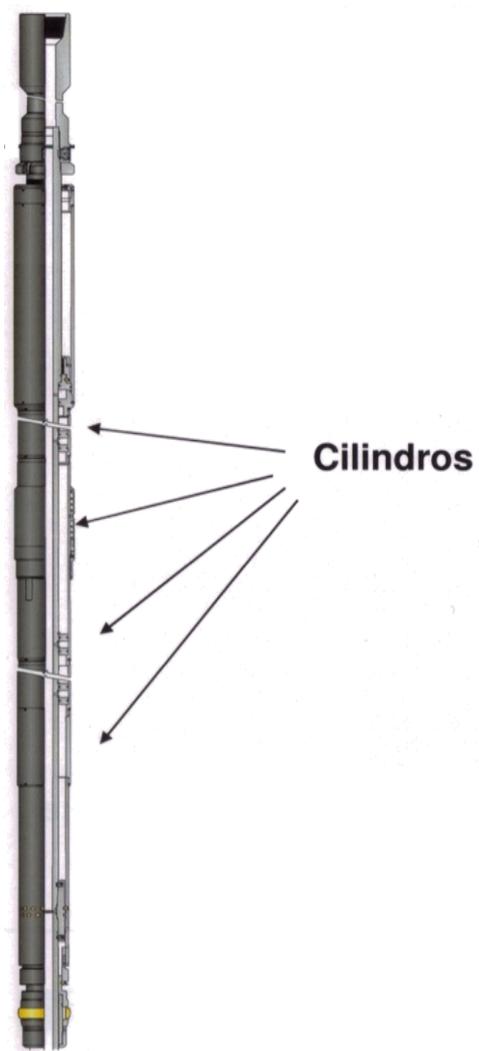


**Figura 5.9 Herramienta de Asentamiento**

(2010 Weatherford)

### **Herramienta de Asentamiento – Cilindros**

- Múltiples cilindros hidráulicos permiten altas fuerzas de expansión a baja presión
- Cilindros limitan la máxima carrera
- Volumen de fluido requerido para expandir puede ser medido y registrado
- Puertos de presión en mandril se comunican directamente con el cilindro para prevenir taponamiento con LCM y sólidos en el sistema de fluidos

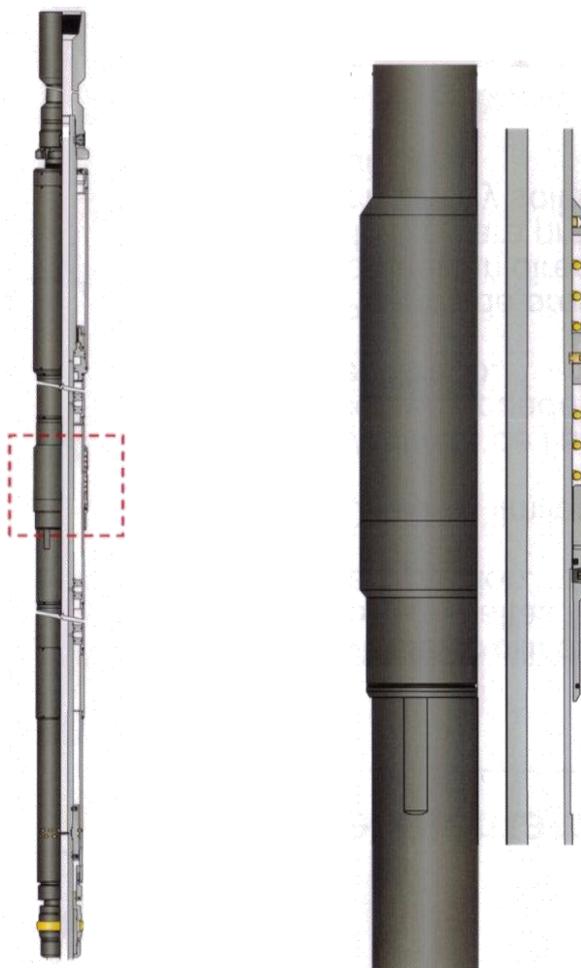


**Figura 5.10 Herramienta de Asentamiento - Cilindros**

(2010 Weatherford)

## Herramienta de Asentamiento – (BJB™)

### Balance Junk Bonnet (BJB™)

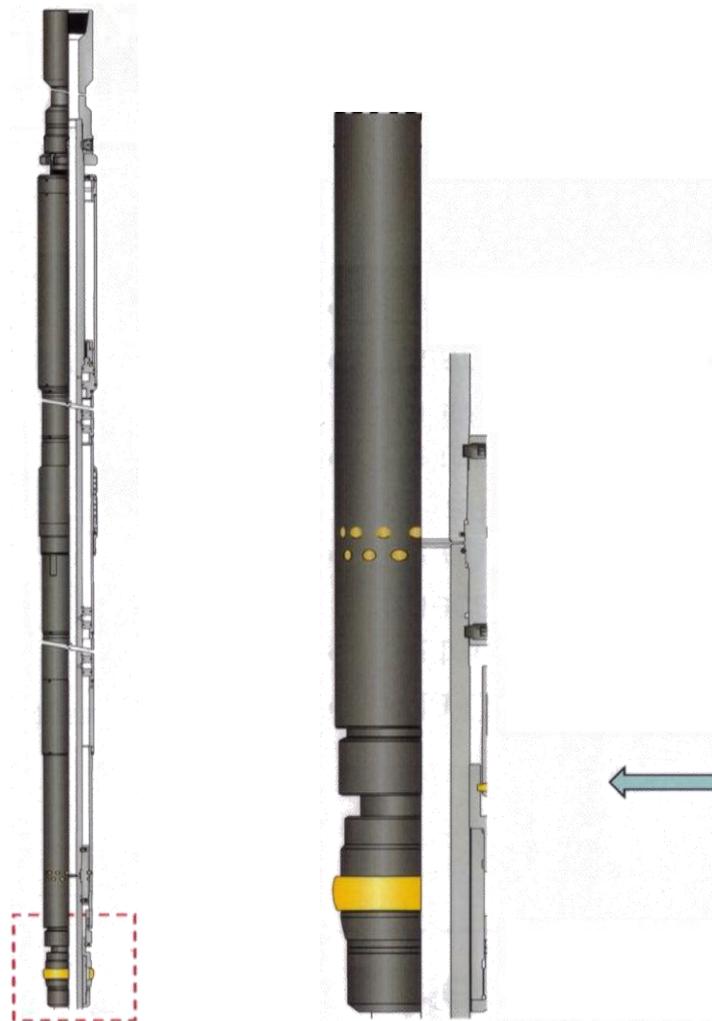


**Figura 5.11 Herramienta de Asentamiento – (BJB™)**

(2010 Weatherford)

## Herramienta de Asentamiento

- Cono de Expansión
  - Cono Solido
  - Cono conformable



**Figura 5.12 Herramienta de Asentamiento**

(2010 Weatherford)

### Herramienta de Corrida

- Alta capacidad de torque
- Sistema Secundario de liberación (mecánico)
- Diseño de perfil de corrida probado en el campo
- Sistema primario de liberación (hidráulico)
- Asiento de Bola Integral
- Puertos de drenaje Integral

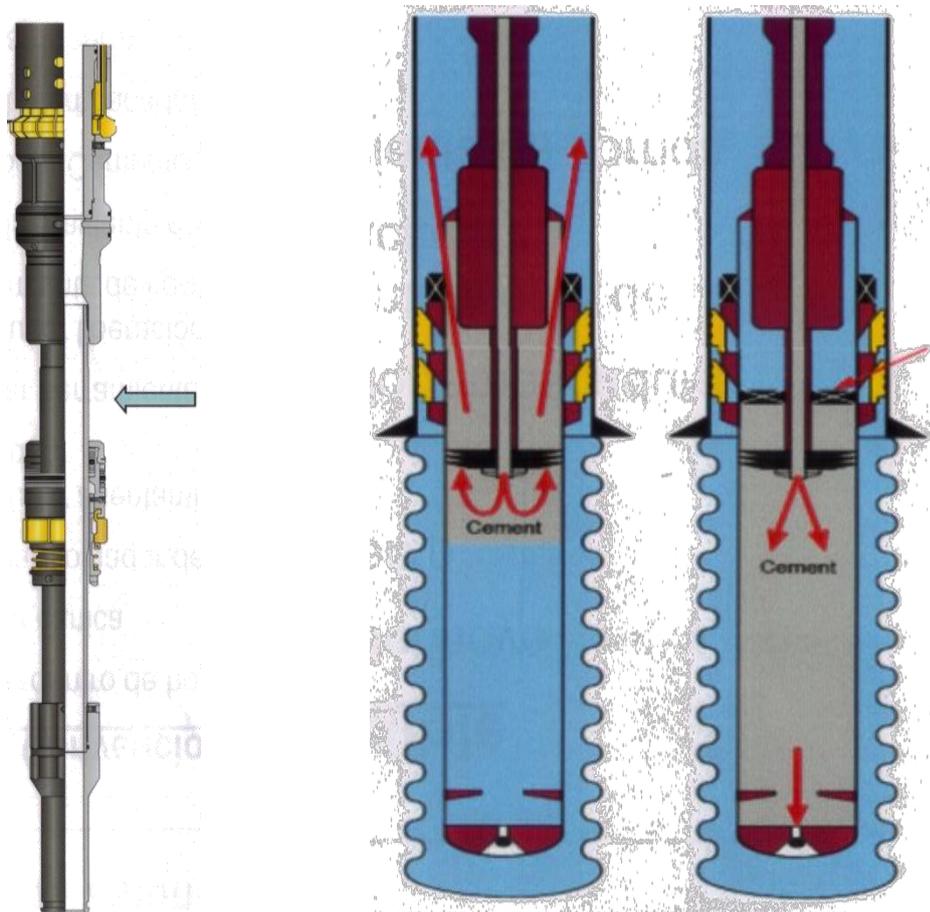


**Figura 5.13 Herramienta Corrida**

(2010 Weatherford)

### Sistema de Buje de Cementación

- Tubo pulido
- Buje de cementación recuperable
- Adaptador de tapón



**Figura 5.14 Sistema de Buje de Cementación**

(2010 Weatherford)

## **Comparación de procedimientos de instalación**

### **Sistema Convencional**

1. Correr dentro de hoyo
2. Lanzar canica
3. Asentar colgador de liner
4. Chequear asentamiento de colgador
5. Liberar herramienta de corrida
6. Chequear liberación de herramienta de corrida
7. Expulsar asiento de bola
8. Bombear cemento
9. Asentar empacadura de tope
10. Sacar tubería

### **Sistema Expandible**

1. Correr dentro del hoyo
2. Bombear cemento
3. Lanzar canica
4. Asentar colgador/empacadura
5. Chequear asentamiento de colgador/empacadura
6. Liberar herramienta de corrida
7. Sacar tubería

## 5.2. DISEÑO DEL LINER DE PRODUCCION

Diámetro externo = 7"

Densidad del fluido = 10.2lpg

Ps = Ph

1. Calculamos los factores que intervienen en el diseño:

a) Cálculo de Presión de formación

$$P_f = G_f \times D(TVD)$$

$$P_f = 0.48 \frac{psi}{ft} \times 9035 ft = 4336.8 psi$$

b) Cálculo de Presión hidrostática

$$P_h = 0.052 \times \rho \times D(TVD)$$

$$P_h = 0.052 \times 10.3 \frac{lb}{gal} \times 9035 ft = 4839.15 psi$$

c) Cálculo de Presión de Colapso

$$P_c = P_h \times FSC$$

$$P_c = 4839.15 psi \times 1.125 = 5444.04 psi$$

d) Cálculo de Presión de Estallido

$$P_e = P_f \times FSE$$

$$P_e = 4336.8 psi \times 1.0 = 4336.8 psi$$

e) Cálculo de Profundidad del punto neutro

$$DPN = D(MD) \times [1 - (0.015 \rho)]$$

$$DPN = (10410 - 7670) ft \times [1 - 0.015 \times (10.3 \frac{lb}{gal})] = 2316.67 ft \approx 2317 ft$$

2. Buscamos el tipo de tubería que resiste la presión de colapso obtenida.

**Tabla 21**  
**Características Casing 7" N-80, 29 lb/ft**

| OD (pulg.) | ID (pulg.) | Rc (psi) | Re (psi) | Rt (x1000lb.) |
|------------|------------|----------|----------|---------------|
| 7          | 6.184      | 7020     | 8160     | 746           |

La tubería N-80, 29 lb/ft. Resiste una presión al colapso de 7020 psi. por lo consiguiente, sirve para resistir la presión de colapso calculada.

3. Determinar el peso total del revestimiento de producción (liner) de 7" si se corre hasta superficie:

$$W_{TR} = DPN \times \text{peso nominal}$$

$$W_{TR} = 2317 \text{ ft} \times 29 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} = 67193 \text{ lb}$$

Ahora comparamos el valor del peso total obtenido con el valor de la resistencia a la tensión de la tubería escogida para determinar si ésta resiste por tensión:

$$\frac{R_t}{FST} = \frac{746000 \text{ lb}}{2.0} = 373000 \text{ lb}$$

Como el valor de  $\frac{R_t}{FST}$  es mayor que el de  $W_{tr}$ , entonces la tubería resiste por tensión y puede ser corrida sin problema hasta superficie.

4. Determinar la Resistencia al estallido de la tubería N-80, 29 lb/ft.  
De acuerdo a la tabla 17 la resistencia al estallido de la tubería es 8160 psi. y la presión al estallido calculada es 4336.8 psi., por lo tanto la tubería resiste por estallido.
5. Determinar la cantidad de tubos utilizados en esta sección:

$$\# \text{ tubos} = \frac{2740 \text{ ft}}{40 \text{ ft}} = 68.5 \cong 69$$

### 5.3. CORRIDA DE LINER DE PRODUCCION

#### SECUENCIA OPERACIONAL GENERAL:

1. Chequeo de herramientas, chequear de cabezal de cementación, e instalar centralizadores
2. Contar el # de juntas casing 7" y realizar una reunión de seguridad, proceder a ensamblar la sarta de acuerdo a lo siguiente:

|   |   |
|---|---|
| 1 | Float Shoe 7"   |
| 1 | Liner 7"  |
| 1 | Float Collar 7"   |
| 1 | Liner 7"  |
| 1 | Landing Collar  |
| # | Liner 7" depende de la profundidad que deseamos alcanzar. |
| 1 | Expandable Liner Hanger Body 9 5/8" x 7"                  |
| 1 | Polished Bore Recepticle                                  |

3. Bajar la sarta con paradas de HWDP + DP 5", llenando cada 10 paradas y registrando pesos de subida y bajada además de volúmenes de llenado
4. Al llegar al zapato del casing de 9 5/8", realizar prueba de circulación.
5. Bajar en hoyo abierto, buscando puntos de apoyo, si no se encuentran.
6. Instalar cabeza de cementación y continuar circulando y reciprocando para acondicionar el hoyo.
7. Realizar reunión de seguridad y probar líneas de cementación.
8. Mezclar cemento y bombear lechada de cemento según programa, y lanzar dardo desde la cabeza de cementación.

9. Observar el enganche de tapones con su respectivo volumen y presión teórica y observar el asentamiento de tapones con el volumen y presión teórica.
10. Lanzar bola de asentamiento y esperar por 50 min.
11. Se realiza la expansión y generalmente se observar una subida de presión hasta 3900 PSI y luego caída de presión asegurando que el colgador ha expandido.
12. Liberar el setting tool con 50 KLBS de peso, se desconecta del colgador.
13. Cambiar de fluido por agua.

#### **SECUENCIA OPERACIONAL DEL POZO ESPOL X-4H:**

1. Actividad de taladro:

Viaje de calibración y toma de parámetros

| <b>Presión (PSI)</b> | <b>Caudal (BPM)</b>   | <b>RPM</b> | <b>Torque (lb.ft)</b> |
|----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| 350                  | 4                     | 10         | 8000                  |
| 500                  | 6                     | 20         | 10 - 12000            |
| 800                  | 8                     | 30         | 10 – 12000            |
| 1000                 | 10                    | 40         | 10 - 12000            |
| <b>CON BOMBA</b>     | Peso arriba: 225 kips |            | Peso abajo: 200 kips  |
| <b>SIN BOMBA</b>     | Peso arriba: 225 kips |            | Peso abajo: 195 kips  |

Viaje de calibración y toma de parámetros en el @ TD: 10410 ft

| <b>Presión (PSI)</b> | <b>Caudal (BPM)</b> | <b>RPM</b> | <b>Torque (lb.ft)</b> |
|----------------------|---------------------|------------|-----------------------|
| 500                  | 4                   | 10         | 12000                 |
| 700                  | 6                   | 20         | 12 - 18000            |
| 1000                 | 8                   | 30         | 12 – 18000            |
| 1400                 | 10                  | 40         | 12 - 18000            |

|                  |                       |                      |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 320 kips | Peso abajo: 200 kips |
| <b>SIN BOMBA</b> | Peso arriba: 325 kips | Peso abajo: 210 kips |

2. Chequeo de herramientas, se chequeó de cabezal de cementación, y se instalaron 16 centralizadores

3. Se contaron el # de juntas casing (62 juntas) 7" 26# BTC

Reunión de seguridad y, se uso tube lock para todas las conexiones del shoe track: 7" Shoe track: FS+Jt+FC+Jt+ LC, prueba equipo de Flotación OK. Se continua corriendo liner de 7" 26 ppf C-95 según tally, se lleva rosca a triangulo con 7,500 ft-lb

4. Se conecto el Colgador TruForm a la sarta de liner 7" 26 ppf, se circula para tomar parámetros mientras se llena PBR de agua.

Tomando parámetros:

Peso arriba 105 Kips Peso abajo 95 Kips

| <b>Presión (Psi)</b> | <b>BPM</b> | <b>GPM</b> | <b>Barriles bombeados</b> |
|----------------------|------------|------------|---------------------------|
| 200                  | 6          | 260        | 21.6                      |
| 260                  | 8          | 340        | 43.6                      |
| 335                  | 10         | 420        | 75.6                      |

5. Se circula y registra parámetros en zapato de 9-5/8" @ 7878 ft

| Presión (PSI)    | Caudal (BPM)          | RPM | Torque (lb.ft)       |
|------------------|-----------------------|-----|----------------------|
| 400              | 4                     | 10  | 5000                 |
| 550              | 6                     | 20  | 8000                 |
| 750              | 8                     | 30  | 8000                 |
| 1000             | 10                    | 40  | 8000                 |
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 245 kips |     | Peso abajo: 180 kips |
| <b>SIN BOMBA</b> | Peso arriba: 250 kips |     | Peso abajo: 190 kips |

6. Profundidad @ 9450 se tienen apoyos pierde hasta 40 kips Stand #54, se conecta Top drive y avanza circulando a 3353 GPM @950 psi

|                  |                       |                      |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 310 kips | Peso abajo: 200 kips |
|------------------|-----------------------|----------------------|

7. Profundidad @ 9697 ft se tienen apoyos pierde hasta 100 kips Stand #57, se conecta Top drive y circula a 440 GPM @1200 psi. No se obtiene avance.

Se trata de poner rotación controlada a la sarta varios intentos se avanza 3 ft hasta @ 9700 ft. Después de vario intentos con circulación y rotación. No se logra pasar la obstrucción.

Bombee píldora lubricante 50 bbl 10.2 ppg QMAX, se circula hasta el zapato y se realizan varios intentos trabajando la sarta sin ÉXITO

|                  |                       |                      |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 310 kips | Peso abajo: 200 kips |
|------------------|-----------------------|----------------------|

8. EP Petroecuador, toma decisión de sacar el Liner a superficie y reacondicionar el hueco. POOH

9. Liner Assembly TruForm en superficie, no se presentan danos en elastómeros ni equipo de venta, se quiebra equipo y se envía a taller para mantenimiento.

10. Arma BHA de para acondicionar el hoyo y comienza a bajar.

11. Actividad de taladro:

Viaje de Calibración y toma de parámetros en el zapato @ 7878 ft

| Presión (PSI)    | Caudal (BPM)          | RPM | Torque (lb.ft)       |
|------------------|-----------------------|-----|----------------------|
| 350              | 4                     | 10  | 5000                 |
| 550              | 6                     | 20  | 6 - 8000             |
| 800              | 8                     | 30  | 6 - 8000             |
| 1000             | 10                    | 40  | 6 - 8000             |
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 225 kips |     | Peso abajo: 200 kips |
| <b>SIN BOMBA</b> | Peso arriba: 255 kips |     | Peso abajo: 195 kips |

12. Se inicia bajada en hueco abierto con BHA de limpieza y se encuentran varios apoyos @9190 -9348 – 9365 – 9460 – 9697 ft, se repasan con circulación y rotación. Se trabaja sarta por 1 hora para pasar punto apretado 9700 ft.

13. Se repasar punto con problemas @ 9700 ft varias veces hasta lograr pasar sin bomba ni rotación.

14. Viaje de Calibración y toma de parámetros en el @ TD: 10410 ft

| Presión (PSI)    | Caudal (BPM)          | RPM | Torque (lb.ft)       |
|------------------|-----------------------|-----|----------------------|
| 500              | 4                     | 10  | 12000                |
| 700              | 6                     | 20  | 15 - 20000           |
| 1000             | 8                     | 30  | 15 - 20000           |
| 1300             | 10                    | 40  | 15 - 20000           |
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 320 kips |     | Peso abajo: 200 kips |
| <b>SIN BOMBA</b> | Peso arriba: 325 kips |     | Peso abajo: 210 kips |

15. Circulando y acondicionando pozo realizando Viaje Corto hasta zapato @ 7878 ft y repasando punto de apoyo, se lanza trazador de arroz para calcular Caliper actual del hoyo @ 8.8 in. Aprox.

16. POOH

17. Se contaron el # de juntas casing (66 juntas) 7" 26# BTC y se instalaron anillos de torque (Torque Max: 15000 lb-ft)

Reunión de seguridad.

18. Armando SHOE TRACK uso tube lock para todas las conexiones : Reamer Shoe+Jt+FC+Jt+ LC, prueba equipo de Flotación OK. Se continua corriendo liner de 7" 26 ppf C-95 según tally, se lleva torque de conexiones hasta 10.000 lb.ft

19. Se termina de correr casing 7" 26# 66 Jtas

Se conecto el Colgador TruForm a la sarta de liner 7" 26 ppf, se circula para tomar parámetros mientras se llena PBR de agua.

Tomando parámetros:

|                      |                       |                      |
|----------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>CON BOMBA</b>     | Peso arriba: 90 kips  | Peso abajo: 90 kips  |
| <b>SIN BOMA</b>      | Peso arriba: 105 kips | Peso abajo: 100 kips |
| <b>Presión (Psi)</b> | <b>BPM</b>            | <b>GPM</b>           |
| 200                  | 6                     | 260                  |
| 290                  | 8                     | 240                  |
| 350                  | 10                    | 420                  |

20. Se circula y registra parámetros en zapato de 9 5/8 @ 7878 ft

| <b>Presión (Psi)</b> | <b>Caudal (BPM)</b> | <b>RPM</b> | <b>Torque (lb.ft)</b> |
|----------------------|---------------------|------------|-----------------------|
| 400                  | 4                   | 10         | 5000                  |
| 565                  | 6                   | 20         | 5 – 9000 lb-ft        |
| 860                  | 8                   | 30         | 5 – 9000 lb-ft        |

|                  |                       |                      |                |
|------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| 1000             | 10                    | 40                   | 5 – 9000 lb-ft |
| <b>CON BOMBA</b> | Peso arriba: 235 kips | Peso abajo: 190 kips |                |
| <b>SIN BOMBA</b> | Peso arriba: 255 kips | Peso abajo: 200 kips |                |

21. Continua bajando en hueco abierto según Tally

22. Se presenta apoyo @ 9736 (-40 kips)

Conecta Top Drive y se intenta pasar con bomba a 336 GPM @ 900 psi sin éxito se decide empezar la rotación del Liner para avanzar a través de obstrucciones.

Limita Top Drive a 20000 lb.ft

| Presión (Psi)            | Caudal (BPM)  | RPM | Torque (lb.ft)  |
|--------------------------|---------------|-----|-----------------|
| 800                      | 6             | 50  | 13 - 18000      |
| <b>Peso Apoyado Shoe</b> | Max: 10000 lb |     | Min: 5000 lb-ft |

Se continúa bajando conectando cada parada con iguales parámetros de circulación y torque.

23. Parada #64: se conecta adicionalmente cabeza de cementación

Se continua avanzando con Cabeza de cementación conectada, Se procedió a rotar con 15000 ft-lb @ 50 RPM, se apoyan 5000 lbs de peso para avanzar con Liner circulando conectados 75 spm / 8 bpm @ 800 psi, peso abajo rotando 235 kips

Llega a TD @ 10410 ft se confirma fondo y levantan 2 ft de bolsillos, se procede a reciprocarse y circular en fondo.

24. Se circulo el pozo con cabeza conectada para acondicionar hoyo previo la cementación

| <b>Presión (Psi)</b> | <b>SPM</b> | <b>BPM</b> | <b>Strokes bombeados</b> |
|----------------------|------------|------------|--------------------------|
| 1300                 | 80         | 10         | 5000                     |

Cia. SLB lanza trazador para confirma que se está circulando por zapato del Liner 7", trazador en zarandas en tiempo y strokes calculados se confirma circulación normal por zapato y prepara para cementar.

25. Comenzó mezcla de espaciadores con compañía cementadora SLB y prueba de líneas de presión 6000 psi OK.

Reunión Preoperacional de Cementación.

26. Comienza desplazamiento de colchones según programa de cementación SLB 5 bpm con presión de hasta 600 psi

27. Se desplazo cemento 96 barriles de lechada a 4 BPM @ 1000 psi

28. Se libera dardo de la cabeza de cementación, se confirma salida con el chismoso de la cabeza.

29. Confirma acople de dardo con LWP, se observa: corte 1260 psi, 3 BPM y 116 barriles desplazados.

30. Se confirma encastre de tapones en landing collar, se observa un incremento de presión hasta @1500 psi cuando se termina de desplazar 104 bbl del volumen del Liner. Confirma Back Flow 1.5 bbl, drena presión a cero

31. Se realizar expansión del Colgador incrementando presión a 0.5 bpm hasta 5000 psi, se mantiene presión por 5 min

32. Se drena presión a cero y aplica 100 kips de peso (60000 lb peso del Liner + 40000 lb)

Se aplica 2500 psi en directa con la unidad de cementación previo la liberación del Setting Tool.

Se libera presión a cero y comienza a tensionar hasta 350 kips.

Peso Libre arriba: 230 kips – Overpull: 320 kips.

Se confirma herramienta libre.

33. Circulando pozo en directa 10 bpm @ 2000 psi retornos limpios zarandas POOH.

34. Se retira running tool de la sarta de trabajo, herramienta no presenta WASHOUT ni daño alguno en superficie, sale completa

## COMO TRABAJA EL FLUJO:

Steps 1 through 3

Key: **Red** denotes items that are a permanent part of the wellbore.  
**Black** denotes installation tools.

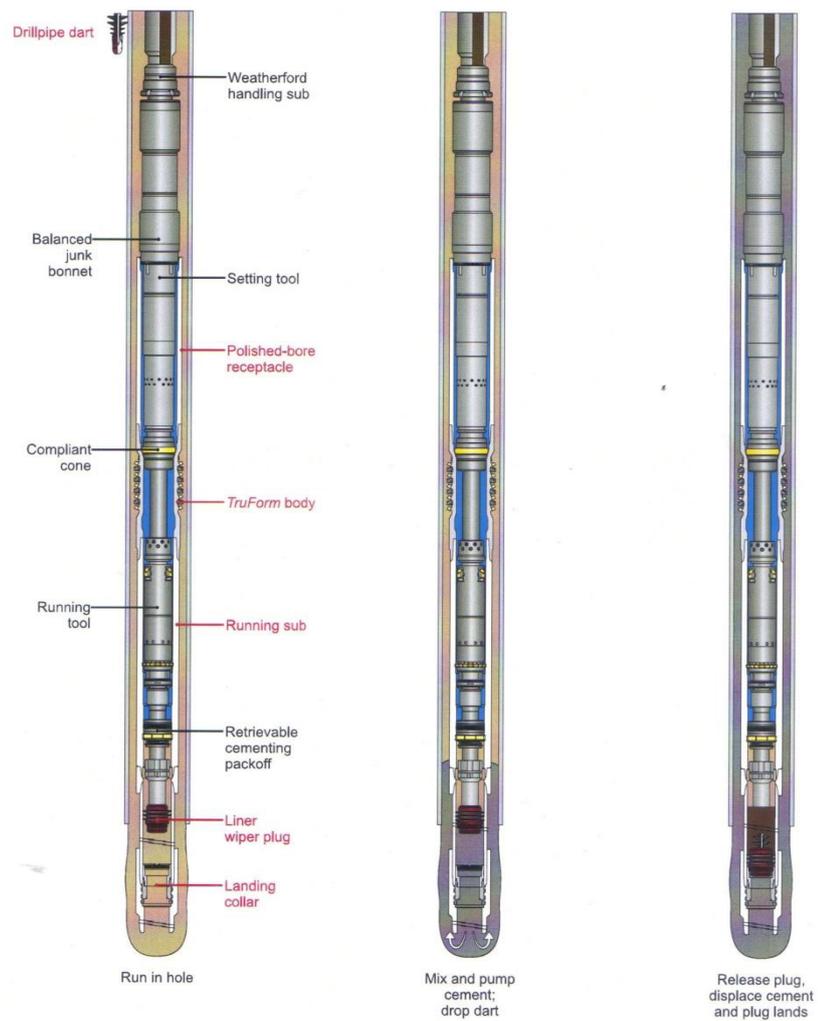


Figura 5.15 Como trabaja el flujo Cementación

(2010 Weatherford)

Steps 4 through 6



**Figura 5.16 Como trabaja el flujo Cementación**

(2010 Weatherford)

## 5.4. CEMENTACION DE LINER DE PRODUCCION

Tabla 22  
Datos Cementación Liner

| Lechada de Cabeza (A)                  |                                      |              | Lechada de Cola (G) |                                      |              | Exceso<br>Cemento |
|--|--------------------------------------|--------------|---------------------|--------------------------------------|--------------|-------------------|
| Densidad<br>(lpg)                      | Rendimiento<br>(ft <sup>3</sup> /sk) | Tope<br>(ft) | Densidad<br>(lpg)   | Rendimiento<br>(ft <sup>3</sup> /sk) | Tope<br>(ft) |                   |
| 13.2                                   | 1.19                                 | 7670         | 14.5                | 1.12                                 | 9035         | 10%               |
| <b>Requerimiento de Agua (gal/sks)</b> |                                      |              |                     |                                      |              |                   |
| 4.76                                   |                                      |              | 4.64                |                                      |              |                   |

1. Capacidad anular 1 (*csg 9 5/8" – liner 7"*) en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad anular 1} = \frac{[(ID_{csg\ 9\ 5/8''})^2 - (OD_{liner\ 7''})^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 1} = \frac{[(8.535)^2 - (7)^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 1} = 0.023\ \text{bbl/ft}$$

2. Capacidad anular 2 (*hueco 8 1/2" – liner 7"*) en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad anular 2} = \frac{[(\text{Diametro hueco } 8\ 1/2'')^2 - (OD_{liner\ 7''})^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 2} = \frac{[(8.5)^2 - (7)^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 2} = 0.022\ \text{bbl/ft}$$

3. Capacidad anular 3 (*csg 9 5/8" – Drill pipe 5"*) en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad anular 3} = \frac{[(ID_{csg\ 9\ 5/8''})^2 - (OD_{drill\ pipe\ 5''})^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 3} = \frac{[(8.535)^2 - (5)^2]}{1029.4}$$

$$\text{Capacidad anular 3} = 0.046\ \text{bbl/ft}$$

4. Capacidad interna en *bbl/ft*

$$\text{Capacidad interna} = [(Diametro hueco 8\ 1/2")^2/1029.4]$$

$$\text{Capacidad interna} = [(8.5)^2/1029.4]$$

$$\text{Capacidad interna} = 0.07\ bbl/ft$$

5.  $V_{CSG\ 9\ 5/8" - \text{liner}\ 7"} \equiv V_1$  en  $ft^3$ 

$$V_1 = \text{Capacidad Anular 1} \times \text{Longitud Anular Seleccionada}$$

$$V_1 = 0.023\ bbl/ft \times 49\ ft \times 5.615\ ft^3/bbl$$

$$V_1 = 6.37\ ft^3$$

6.  $V_{hueco\ 8\ 1/2" - \text{liner}\ 7"} \equiv V_2$  en  $ft^3$ 

$$V_2 = \text{Capacidad Anular 2} \times \text{Longitud Anular Seleccionada}$$

$$V_2 = 0.022\ bbl/ft \times (9035 - 7719)\ ft \times 5.615\ ft^3/bbl$$

$$V_2 = 166.89\ ft^3$$

7.  $V_{CSG\ 9\ 5/8" - \text{Drill pipe}\ 5"} \equiv V_3$  en  $ft^3$ 

$$V_3 = \text{Capacidad Anular 3} \times \text{Longitud Anular Seleccionada}$$

$$V_3 = 0.046\ bbl/ft \times 200\ ft \times 5.615\ ft^3/bbl$$

$$V_3 = 52.19\ ft^3$$

8.  $V_{hueco\ 8\ 1/2"} \equiv V_4$  en  $ft^3$

$V_4 = \text{Capacidad interna} \times \text{Longitud interna seleccionada}$

Longitud Interna seleccionada (Longitud entre cople y zapata  
( $h_{c/z}$ )) = 40 pies

$$V_4 = 0.7 \text{ bbl/ft} \times 40 \text{ ft} \times 5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}$$

$$V_4 = 15.76 \text{ ft}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_T = 6.37 \text{ ft}^3 + 166.89 \text{ ft}^3 + 52.19 \text{ ft}^3 + 15.76 \text{ ft}^3$$

$$V_T = 241.22 \text{ ft}^3$$

#### 9. Numero de Sacos en sks

$$\text{Número de Sacos} = V_T (\text{ft})^3 / R_L (\text{ft}^3/\text{sks})$$

$$\text{Número de Sacos} = \frac{241.22 \text{ ft}^3}{1.19 \text{ ft}^3/\text{sks}}$$

$$\text{Número de Sacos} = 202.71 \text{ Sks}$$

#### 10. Exceso por Seguridad del 25%

$$202.71 \text{ Sks} \times \frac{(100\% + 10\%)}{100} = 222.98 \text{ Sks}$$

**Nota: Por criterio personal, utilizar el 80% de los sacos totales en la lechada (lead) de relleno y 20% en lechada (tail) de cola.**

$$11. 222.98 \text{ Sks} \times 80/100 = 178.38 \text{ Sks}$$

$$222.98. \text{Sks} \times 20/100 = 44.60 \text{ Sks}$$

## 12. Volúmenes a Utilizar

### I. Lechada de Relleno (lead) 13.5 lb/gal

$$V_t = \frac{178.38 \text{ Sks} \times 1.19 \text{ ft}^3/\text{sk}}{5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}} = 37.80 \text{ bbl}$$

$$R_{T \text{ agua}} = \frac{178.38 \text{ Sks} \times 4.76 \text{ gal/sks}}{42 \text{ gal/bbl}} = 20.22 \text{ bbl}$$

### II. Lechada de Cola (tail)

$$V_t = \frac{44.60 \text{ Sks} \times 1.12 \text{ ft}^3/\text{sk}}{5.615 \text{ ft}^3/\text{bbl}} = 8.89 \text{ bbl}$$

$$R_{T \text{ agua}} = \frac{44.60 \text{ Sks} \times 4.64 \text{ gal/sks}}{42 \text{ gal/bbl}} = 4.93 \text{ bbl}$$

## 13. Volumen de Desplazamiento

Capacidad Liner 7", N-80, 29 lb./ft

$$C = \frac{ID^2}{1029.4} = \frac{6.184^2}{1029.4} = 0.037 \text{ bbl/ft}$$

Profundidad collar flotador, donde se asentará el tapón superior a  
10314 ft

$$V_D = 0.037 \text{ bbl/ft} \times 10314 \text{ ft} = 383.16 \text{ bbl lodo}$$

#### 5.4.1. Secuencia Operacional de la Zona Productora

1. Circular el pozo hasta que no haya retorno de sólidos de perforación en las zarandas.
2. Realizar prueba de línea a 6000 psi.
3. 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  $T_y \pm 18 \text{ lbf/100 ft}^2$ ,  $P_v \pm 15 \text{ cp}$ .
4. Una vez el lodo este acondicionado, proceder a bombear los fluidos como sigue:
  - ClearPILL @ 8.38 ppg 40 bbl @ 4 bpm
  - MUDPUSH II @ 12.0 ppg 70 bbl @ 4 bpm
  - Lead @ 13.2 ppg 33 bbl @ 4 bpm
  - FlexSTONE @ 14.5 ppg 71 bbl @ 4 bpm
5. Soltar del dardo y desplazar con ~ 228 bbl de fluido como sigue:
  - MUDPUSH II 10 bbl @ 8 bpm Bombas de WS
  - Agua 100 bbl @ 8 bpm Bombas de WS

- Lodo 10 bbl @ 8 bpm Bombas de WS
- Lodo 10 bbl @ 4 bpm Bombas de WS (Acople dardo)
- Lodo 88 bbl @ 8 bpm Bombas de WS
- Lodo 10 bbl @ 3 bpm Bombas de WS

Máximas presiones esperadas: 2000 psi @ 8 bpm al momento de reducir el caudal para asentar el tapón y 1400 psi @ 3 bpm al momento de asentar el tapón. En caso de no asentar el tapón, con la autorización del Company Man se bombeará no más de la mitad del shoe track (1.6 bbl).

6. Proceder con la operación del colgador a cargo del operador de la herramienta.
7. Levantar 1 junta (lentamente) y comenzar a bombear por directa 1.5 veces la capacidad anular CSG –DP.

#### **5.4.2. Secuencia Operacional de la Zona No Productora**

1. Circular el pozo hasta que no haya retorno de sólidos de perforación en las zarandas
2. Realizar prueba de línea a 6000 psi.
3. Una vez que el hoyo se encuentre limpio, y solo entonces, proceder acondicionar el lodo para bajar las condiciones reológicas tanto como sea posible a  $Ty \pm 20 \text{ lbf}/100 \text{ ft}^2$ ,  $Pv \pm 15 \text{ cp}$ .

4. Una vez el lodo este acondicionado, proceder a bombear los fluidos como sigue:

- MUDPUSH II @ 12.0 ppg 50 bbl @ 4 bpm
- FlexSTONE @ 14.5 ppg 44 bbl @ 4 bpm

5. Soltar del dardo y desplazar con ~ 202 bbl de fluido como sigue:

- MUDPUSH II 10 bbl @ 3 bpm Bombas de WS
- Agua 10 bbl @ 8 bpm Bombas de WS
- Lodo 130 bbl @ 8 bpm Bombas de WS
- Lodo 10 bbl @ 4 bpm Bombas de WS(Acople dardo)
- Lodo 31 bbl @ 8 bpm Bombas de WS
- Lodo 11 bbl @ 3 bpm Bombas de WS

Máximas presiones esperadas: 1500 psi @ 8 bpm al momento de reducir el caudal para asentar el tapón y 1000 psi @ 3 bpm al momento de asentar el tapón. En caso de no asentar el tapón, con la autorización del Company Man se bombeará *no* más de la mitad del shoe track (1.6 bbl).

6. Proceder con la operación del colgador a cargo del operador de la herramienta.

7. Levantar 1 junta (lentamente) y comenzar a bombear por directa 1.5 veces la capacidad anular CSG –DP.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Para optimizar costos de revestimiento, se debe utilizar más de un tipo de tubería en todo el pozo, en lugar de utilizar un solo tipo de tubería, debido a que aumenta considerablemente el costo del revestimiento.
- EL uso de un colgador de liner expandible como una herramienta de perforación ofrece numerosas ventajas y elimina o reduce varios de los riesgos asociados con el uso del sistema de liner convencional.
- Un Colgador de Liner Expandible permite colgar el liner y el elemento de asentamiento en un solo paso, eliminando un trabajo de squeeze o un viaje adicional para un packer superior para el liner
- Las experiencias realizadas en estas operaciones nos muestran que este también puede ser perforado minimizando el tiempo de la formación expuesta y reduciendo perdidas.
- El colgador de liner expandible es un sencillo diseño que tiene una doble funcionalidad como colgador y packer. Los elementos elastoméricos unidos al diámetro externo del cuerpo del colgador hacen un sello impermeable de gas contra la pared del casing y toman la carga del peso del liner
- Mediciones de presión o volumen indican el final del proceso de expansión.

- Los volúmenes de cementación fueron calculados aumentando 10 ft a la profundidad de asentamiento del zapato de cada revestimiento, pues en la perforación de cada sección siempre se llega a una profundidad mayor a la de asentamiento para que durante la cementación las lechadas pueden circular.
- La lechada de cola siempre debe ser de mayor densidad que la de relleno, pues es la que va a recubrir la zona donde se asienta el zapato de cada revestimiento.

## RECOMENDACIONES

- En cuanto al diseño del revestimiento, a pesar de escoger un diseño más económico, no se debe comprometer la seguridad de la operación.
- Es recomendable utilizar dos tipos de lechada en la cementación, una lechada tail que es de mayor peso y la lechada de lead que es de menor peso.
- Antes de realizar la corrida del liner comprobar que no haya apoyos en la formación o reacondicionar el pozo antes de la corrida para no realizar un POOH de la herramienta.
- En cuanto a la herramienta para correr un liner Weatherford ha desarrollado su tecnología en base a sus herramientas de corridas y expansión las cuales nos da una mayor fiabilidad en el trabajo.
- En cuando al ensamble de la herramienta y posterior corrida hay que tener precaución en revisar que el equipo esté funcionando de manera adecuada y no tenga daños en elastómeros y equipos de venta.
- TruForm es una herramienta suficientemente robusta como para rotar, raspar, empujar, tirar y perforar el liner hacia el fondo. Lo cual nos da mejores resultados de en el momento de bajar un liner.

# **ANEXOS**

## **A. TABLAS**

TABLA 1

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 7 INCH.

| Size O.D. In. |  | Grade  | Wt. Per Ft. With Cplg., Lb. | Inside Dia. In. | Thread & Cplg. |                   | Extreme Line   |                 | ** Col/pse Resistance PSI | Internal Yield Pressure PSI** |                    |                   |                 | Joint Strength - 1000 Lbs.**    |                      |       |                 |                 |     |
|---------------|--|--------|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|-------|-----------------|-----------------|-----|
|               |  |        |                             |                 | Drift Dia. In. | O.D. of Cplg. In. | Drift Dia. In. | O.D. of Rox In. |                           | Plain End or Ext. Line        | Round Thread Short | Round Thread Long | Butt-tress Thd. | ** Body Yield Stgth. 1,000 Lbs. | Thread & Cplg. Joint |       | Butt-tress Thd. | Ext. Line Joint |     |
| 7             |  | *F-25  | 17.00                       | 6.538           | 6.413          | 7.656             | ---            | ---             | 1,100                     | ---                           | 1,440              | ---               | ---             | 123                             | 118                  | ---   | ---             | ---             | --- |
|               |  | H-40   | 17.00                       | 6.538           | 6.413          | 7.656             | ---            | ---             | 1,450                     | 2,310                         | 2,310              | ---               | ---             | 196                             | 122                  | ---   | ---             | ---             | --- |
|               |  | H-40   | 20.00                       | 6.456           | 6.331          | 7.656             | ---            | ---             | 1,980                     | 2,720                         | 2,720              | ---               | ---             | 230                             | 176                  | ---   | ---             | ---             | --- |
|               |  | J-55   | 20.00                       | 6.456           | 6.331          | 7.656             | ---            | ---             | 2,270                     | 3,740                         | 3,740              | ---               | ---             | 316                             | 234                  | ---   | ---             | ---             | --- |
|               |  | J-55   | 23.00                       | 6.366           | 6.241          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 3,270                     | 4,360                         | 4,360              | 4,360             | 4,360           | 366                             | 284                  | 313   | 432             | 499             | --- |
|               |  | J-55   | 26.00                       | 6.276           | 6.151          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 4,320                     | 4,980                         | 4,980              | 4,980             | 4,980           | 415                             | 334                  | 367   | 490             | 506             | --- |
|               |  | K-55   | 20.00                       | 6.456           | 6.331          | 7.656             | ---            | ---             | 2,270                     | 3,740                         | 3,740              | ---               | ---             | 316                             | 254                  | ---   | ---             | ---             | --- |
|               |  | K-55   | 23.00                       | 6.366           | 6.241          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 3,270                     | 4,360                         | 4,360              | 4,360             | 4,360           | 366                             | 309                  | 341   | 522             | 632             | --- |
|               |  | K-55   | 26.00                       | 6.276           | 6.151          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 4,320                     | 4,980                         | 4,980              | 4,980             | 4,980           | 415                             | 364                  | 401   | 592             | 641             | --- |
|               |  | C-75   | 23.00                       | 6.366           | 6.241          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 3,770                     | 5,940                         | ---                | 5,940             | 5,940           | 499                             | ---                  | 416   | 557             | 632             | --- |
|               |  | C-75   | 26.00                       | 6.276           | 6.151          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 5,250                     | 6,790                         | ---                | 6,790             | 6,790           | 566                             | ---                  | 489   | 631             | 641             | --- |
|               |  | C-75   | 29.00                       | 6.184           | 6.059          | 7.656             | 6.059          | 7.390           | 6,760                     | 7,650                         | ---                | 7,650             | 7,650           | 634                             | ---                  | 562   | 707             | 685             | --- |
|               |  | C-75   | 32.00                       | 6.094           | 5.969          | 7.656             | 5.969          | 7.390           | 8,230                     | 8,490                         | ---                | 8,490             | 7,930           | 699                             | ---                  | 633   | 779             | 761             | --- |
|               |  | C-75   | 35.00                       | 6.004           | 5.879          | 7.656             | 5.879          | 7.530           | 9,710                     | 9,340                         | ---                | 8,660             | 7,930           | 763                             | ---                  | 703   | 833             | 850             | --- |
|               |  | C-75   | 38.00                       | 5.920           | 5.795          | 7.656             | 5.795          | 7.530           | 10,680                    | 10,120                        | ---                | 8,660             | 7,930           | 822                             | ---                  | 767   | 833             | 917             | --- |
|               |  | N-80   | 23.00                       | 6.366           | 6.241          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 3,830                     | 6,340                         | ---                | 6,340             | 6,340           | 532                             | ---                  | 447   | 588             | 666             | --- |
|               |  | N-80   | 26.00                       | 6.276           | 6.151          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 5,470                     | 7,240                         | ---                | 7,240             | 7,240           | 604                             | ---                  | 519   | 667             | 675             | --- |
|               |  | N-80   | 29.00                       | 6.184           | 6.059          | 7.656             | 6.059          | 7.390           | 7,020                     | 8,160                         | ---                | 8,160             | 8,160           | 676                             | ---                  | 597   | 746             | 721             | --- |
|               |  | N-80   | 32.00                       | 6.094           | 5.969          | 7.656             | 5.969          | 7.390           | 8,600                     | 9,060                         | ---                | 9,060             | 8,460           | 745                             | ---                  | 672   | 823             | 801             | --- |
|               |  | N-80   | 35.00                       | 6.004           | 5.879          | 7.656             | 5.879          | 7.530           | 10,180                    | 9,960                         | ---                | 9,240             | 8,460           | 814                             | ---                  | 746   | 876             | 895             | --- |
|               |  | N-80   | 38.00                       | 5.920           | 5.795          | 7.656             | 5.795          | 7.530           | 11,390                    | 10,800                        | ---                | 9,240             | 8,460           | 877                             | ---                  | 814   | 876             | 965             | --- |
|               |  | C-95   | 23.00                       | 6.366           | 6.241          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 4,150                     | 7,530                         | ---                | 7,530             | 7,530           | 632                             | ---                  | 505   | 636             | 699             | --- |
|               |  | C-95   | 26.00                       | 6.276           | 6.151          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 5,870                     | 8,600                         | ---                | 8,600             | 8,600           | 717                             | ---                  | 593   | 722             | 709             | --- |
|               |  | C-95   | 29.00                       | 6.184           | 6.059          | 7.656             | 6.059          | 7.390           | 7,820                     | 9,690                         | ---                | 9,690             | 9,690           | 803                             | ---                  | 683   | 808             | 757             | --- |
|               |  | C-95   | 32.00                       | 6.094           | 5.969          | 7.656             | 5.969          | 7.390           | 9,730                     | 10,760                        | ---                | 10,760            | 10,050          | 885                             | ---                  | 768   | 891             | 841             | --- |
|               |  | C-95   | 35.00                       | 6.004           | 5.879          | 7.656             | 5.879          | 7.530           | 11,640                    | 11,830                        | ---                | 10,970            | 10,050          | 966                             | ---                  | 853   | 920             | 940             | --- |
|               |  | C-95   | 38.00                       | 5.920           | 5.795          | 7.656             | 5.795          | 7.530           | 13,420                    | 12,820                        | ---                | 10,970            | 10,050          | 1,041                           | ---                  | 931   | 920             | 1,013           | --- |
|               |  | P-110  | 26.00                       | 6.276           | 6.151          | 7.656             | 6.151          | 7.390           | 6,210                     | 9,960                         | ---                | 9,960             | 9,960           | 830                             | ---                  | 693   | 853             | 844             | --- |
|               |  | P-110  | 29.00                       | 6.184           | 6.059          | 7.656             | 6.059          | 7.390           | 8,510                     | 11,220                        | ---                | 11,220            | 11,220          | 929                             | ---                  | 797   | 955             | 902             | --- |
|               |  | P-110  | 32.00                       | 6.094           | 5.969          | 7.656             | 5.969          | 7.390           | 10,760                    | 12,460                        | ---                | 12,460            | 11,640          | 1,025                           | ---                  | 897   | 1,053           | 1,002           | --- |
|               |  | P-110  | 35.00                       | 6.004           | 5.879          | 7.656             | 5.879          | 7.530           | 13,010                    | 13,700                        | ---                | 12,700            | 11,640          | 1,119                           | ---                  | 996   | 1,096           | 1,118           | --- |
|               |  | P-110  | 38.00                       | 5.920           | 5.795          | 7.656             | 5.795          | 7.530           | 15,110                    | 14,850                        | ---                | 12,700            | 11,640          | 1,205                           | ---                  | 1,087 | 1,096           | 1,207           | --- |
|               |  | *V-150 | 29.00                       | 6.184           | 6.059          | 7.656             | ---            | ---             | 9,800                     | ---                           | ---                | 15,300            | 15,300          | 1,267                           | ---                  | 1,049 | 1,296           | ---             | --- |
|               |  | *V-150 | 32.00                       | 6.094           | 5.969          | 7.656             | ---            | ---             | 13,020                    | ---                           | ---                | 16,990            | 15,870          | 1,398                           | ---                  | 1,180 | 1,363           | ---             | --- |
|               |  | *V-150 | 35.00                       | 6.004           | 5.879          | 7.656             | ---            | ---             | 16,230                    | ---                           | ---                | 17,320            | 15,870          | 1,526                           | ---                  | 1,311 | 1,363           | ---             | --- |
|               |  | *V-150 | 38.00                       | 5.920           | 5.795          | 7.656             | ---            | ---             | 19,240                    | ---                           | ---                | 17,320            | 15,870          | 1,644                           | ---                  | 1,430 | 1,363           | ---             | --- |

\*Not API Standard. Shown for information only.

\*\*Collapse, Internal Yield and Joint Yield Strengths are minimum values with no safety factor, reproduced by permission from API Bul. SC2 Bulletin on Performance Properties of Casing and Tubing

TABLA 2

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8 Y 10 3/4 INCH.

| Size O.D. In. |        | Grade | Wt. Per Ft. With Cplg., Lb. | Inside Dia. In. | Thread & Cplg. |                   | Extreme Line   |                 | Collpse Resistance PSI | Internal Yield Pressure PSI** |              |        | Joint Strength - 1000 Lbs.** |                              |                      |       |                 |       |
|---------------|--------|-------|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|--------------|--------|------------------------------|------------------------------|----------------------|-------|-----------------|-------|
|               |        |       |                             |                 | Drift Dia. In. | O.D. of Cplg. In. | Drift Dia. In. | O.D. of Box In. |                        | Plain End or Ext. Line        | Round Thread |        | Buttress Thd.                | Body Yield Stgth. 1,000 Lbs. | Thread & Cplg. Joint |       | Ext. Line Joint |       |
|               |        |       |                             |                 |                |                   |                |                 |                        |                               | Short        | Long   |                              |                              | Short                | Long  |                 |       |
| 9 5/8         | *F-25  | 29.30 | 9.063                       | 8.907           | 10.625         | ---               | ---            | ---             | 860                    | ---                           | 1,280        | ---    | ---                          | 206                          | 185                  | ---   | ---             | ---   |
|               | H-40   | 32.30 | 9.001                       | 8.845           | 10.625         | ---               | ---            | ---             | 1,400                  | 2,270                         | 2,270        | ---    | ---                          | 365                          | 254                  | ---   | ---             | ---   |
|               | H-40   | 36.00 | 8.921                       | 8.765           | 10.625         | ---               | ---            | ---             | 1,740                  | 2,560                         | 2,560        | ---    | ---                          | 410                          | 294                  | ---   | ---             | ---   |
|               | J-55   | 36.00 | 8.921                       | 8.765           | 10.625         | ---               | ---            | ---             | 2,020                  | 3,520                         | 3,520        | 3,520  | 3,520                        | 564                          | 394                  | 453   | 639             | ---   |
|               | J-55   | 40.00 | 8.835                       | 8.679           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 2,570                  | 3,950                         | 3,950        | 3,950  | 3,950                        | 630                          | 452                  | 520   | 714             | 770   |
|               | K-55   | 36.00 | 8.921                       | 8.765           | 10.625         | ---               | ---            | ---             | 2,020                  | 3,520                         | 3,520        | 3,520  | 3,520                        | 564                          | 423                  | 489   | 755             | ---   |
|               | K-55   | 40.00 | 8.835                       | 8.679           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 2,570                  | 3,950                         | 3,950        | 3,950  | 3,950                        | 630                          | 486                  | 561   | 843             | 975   |
|               | C-75   | 40.00 | 8.835                       | 8.679           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 2,980                  | 5,390                         | ---          | 5,390  | 5,390                        | 859                          | ---                  | 694   | 926             | 975   |
|               | C-75   | 43.50 | 8.755                       | 8.599           | 10.625         | 8.529             | 10.100         | ---             | 3,750                  | 5,930                         | ---          | 5,930  | 5,930                        | 942                          | ---                  | 776   | 1,016           | 975   |
|               | C-75   | 47.00 | 8.681                       | 8.525           | 10.625         | 8.525             | 10.100         | ---             | 4,630                  | 6,440                         | ---          | 6,440  | 6,440                        | 1,018                        | ---                  | 852   | 1,098           | 1,032 |
|               | C-75   | 53.50 | 8.535                       | 8.379           | 10.625         | 8.379             | 10.100         | ---             | 6,390                  | 7,430                         | ---          | 7,430  | 7,430                        | 1,166                        | ---                  | 999   | 1,257           | 1,173 |
|               | N-80   | 40.00 | 8.835                       | 8.679           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 3,090                  | 5,750                         | ---          | 5,750  | 5,750                        | 916                          | ---                  | 737   | 979             | 1,027 |
|               | N-80   | 43.50 | 8.755                       | 8.599           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 3,810                  | 6,330                         | ---          | 6,330  | 6,330                        | 1,005                        | ---                  | 825   | 1,074           | 1,027 |
|               | N-80   | 47.00 | 8.681                       | 8.525           | 10.625         | 8.525             | 10.100         | ---             | 4,750                  | 6,870                         | ---          | 6,870  | 6,870                        | 1,086                        | ---                  | 905   | 1,161           | 1,086 |
|               | N-80   | 53.50 | 8.535                       | 8.379           | 10.625         | 8.379             | 10.100         | ---             | 6,620                  | 7,930                         | ---          | 7,930  | 7,930                        | 1,244                        | ---                  | 1,062 | 1,329           | 1,235 |
|               | C-95   | 40.00 | 8.835                       | 8.679           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 3,330                  | 6,820                         | ---          | 6,820  | 6,820                        | 1,088                        | ---                  | 847   | 1,074           | 1,078 |
|               | C-95   | 43.50 | 8.755                       | 8.599           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 4,130                  | 7,510                         | ---          | 7,510  | 7,510                        | 1,193                        | ---                  | 948   | 1,178           | 1,078 |
|               | C-95   | 47.00 | 8.681                       | 8.525           | 10.625         | 8.525             | 10.100         | ---             | 5,080                  | 8,150                         | ---          | 8,150  | 8,150                        | 1,289                        | ---                  | 1,040 | 1,273           | 1,141 |
|               | C-95   | 53.50 | 8.535                       | 8.379           | 10.625         | 8.379             | 10.100         | ---             | 7,330                  | 9,410                         | ---          | 9,410  | 9,410                        | 1,477                        | ---                  | 1,220 | 1,458           | 1,297 |
|               | P-110  | 43.50 | 8.755                       | 8.599           | 10.625         | 8.599             | 10.100         | ---             | 4,410                  | 8,700                         | ---          | 8,700  | 8,700                        | 1,381                        | ---                  | 1,106 | 1,388           | 1,283 |
| P-110         | 47.00  | 8.681 | 8.525                       | 10.625          | 8.525          | 10.100            | ---            | 5,310           | 9,440                  | ---                           | 9,440        | 9,440  | 1,493                        | ---                          | 1,213                | 1,500 | 1,358           |       |
| P-110         | 53.50  | 8.535 | 8.379                       | 10.625          | 8.379          | 10.100            | ---            | 7,930           | 10,900                 | ---                           | 10,900       | 10,900 | 1,710                        | ---                          | 1,422                | 1,718 | 1,544           |       |
| *V-150        | 53.50  | 8.535 | 8.379                       | 10.625          | ---            | ---               | ---            | 8,970           | ---                    | 14,860                        | 14,860       | ---    | 2,332                        | ---                          | 1,909                | 2,321 | ---             |       |
| *V-150        | 58.40  | 8.435 | 8.279                       | 10.625          | ---            | ---               | ---            | 11,570          | ---                    | 16,230                        | 16,230       | ---    | 2,532                        | ---                          | 2,098                | 2,519 | ---             |       |
| *V-150        | 61.10  | 8.375 | 8.219                       | 10.625          | ---            | ---               | ---            | 13,130          | ---                    | 17,050                        | 16,560       | ---    | 2,651                        | ---                          | 2,211                | 2,638 | ---             |       |
| *V-150        | 71.80  | 8.125 | 7.969                       | 10.625          | ---            | ---               | ---            | 19,640          | ---                    | 18,060                        | 16,560       | ---    | 3,136                        | ---                          | 2,672                | 2,692 | ---             |       |
| 10 3/4        | *F-25  | 32.75 | 10.192                      | 10.036          | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 650                    | ---                           | 1,140        | ---    | ---                          | 229                          | 196                  | ---   | ---             | ---   |
|               | H-40   | 32.75 | 10.192                      | 10.036          | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 880                    | 1,820                         | 1,820        | ---    | ---                          | 367                          | 205                  | ---   | ---             | ---   |
|               | H-40   | 40.50 | 10.050                      | 9.894           | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 1,420                  | 2,280                         | 2,280        | ---    | ---                          | 457                          | 314                  | ---   | ---             | ---   |
|               | J-55   | 40.50 | 10.050                      | 9.894           | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 1,580                  | 3,130                         | 3,130        | ---    | 3,130                        | 629                          | 420                  | ---   | 700             | ---   |
|               | J-55   | 45.50 | 9.950                       | 9.794           | 11.750         | 9.794             | 11.460         | ---             | 2,090                  | 3,580                         | 3,580        | ---    | 3,580                        | 715                          | 493                  | ---   | 796             | 975   |
|               | J-55   | 51.00 | 9.850                       | 9.694           | 11.750         | 9.694             | 11.460         | ---             | 2,700                  | 4,030                         | 4,030        | ---    | 4,030                        | 801                          | 565                  | ---   | 891             | 1,092 |
|               | K-55   | 40.50 | 10.050                      | 9.894           | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 1,580                  | 3,130                         | 3,130        | ---    | 3,130                        | 629                          | 450                  | ---   | 819             | ---   |
|               | K-55   | 45.50 | 9.950                       | 9.794           | 11.750         | 9.794             | 11.460         | ---             | 2,090                  | 3,580                         | 3,580        | ---    | 3,580                        | 715                          | 528                  | ---   | 931             | 1,236 |
|               | K-55   | 51.00 | 9.850                       | 9.694           | 11.750         | 9.694             | 11.460         | ---             | 2,700                  | 4,030                         | 4,030        | ---    | 4,030                        | 801                          | 606                  | ---   | 1,043           | 1,383 |
|               | C-75   | 51.00 | 9.850                       | 9.694           | 11.750         | 9.694             | 11.460         | ---             | 3,100                  | 5,490                         | 5,490        | ---    | 5,490                        | 1,092                        | 756                  | ---   | 1,160           | 1,383 |
|               | C-75   | 55.50 | 9.760                       | 9.604           | 11.750         | 9.604             | 11.460         | ---             | 3,950                  | 6,040                         | 6,040        | ---    | 6,040                        | 1,196                        | 843                  | ---   | 1,271           | 1,515 |
|               | N-80   | 51.00 | 9.850                       | 9.694           | 11.750         | 9.694             | 11.460         | ---             | 3,270                  | 5,860                         | 5,860        | ---    | 5,860                        | 1,165                        | 804                  | ---   | 1,228           | 1,456 |
|               | N-80   | 55.50 | 9.760                       | 9.604           | 11.750         | 9.604             | 11.460         | ---             | 4,070                  | 6,450                         | 6,450        | ---    | 6,450                        | 1,276                        | 895                  | ---   | 1,345           | 1,595 |
|               | C-95   | 51.00 | 9.850                       | 9.694           | 11.750         | 9.694             | 11.460         | ---             | 3,490                  | 6,960                         | 6,960        | ---    | 6,960                        | 1,383                        | 927                  | ---   | 1,354           | 1,529 |
|               | C-95   | 55.50 | 9.760                       | 9.604           | 11.750         | 9.604             | 11.460         | ---             | 4,300                  | 7,660                         | 7,660        | ---    | 7,660                        | 1,515                        | 1,032                | ---   | 1,483           | 1,675 |
|               | P-110  | 51.00 | 9.850                       | 9.694           | 11.750         | 9.694             | 11.460         | ---             | 3,670                  | 8,060                         | 8,060        | ---    | 8,060                        | 1,602                        | 1,080                | ---   | 1,594           | 1,820 |
|               | P-110  | 55.50 | 9.760                       | 9.604           | 11.750         | 9.604             | 11.460         | ---             | 4,630                  | 8,860                         | 8,860        | ---    | 8,860                        | 1,754                        | 1,203                | ---   | 1,745           | 1,993 |
|               | P-110  | 60.70 | 9.660                       | 9.504           | 11.750         | 9.504             | 11.460         | ---             | 5,860                  | 9,760                         | 9,760        | ---    | 9,760                        | 1,922                        | 1,338                | ---   | 1,912           | 2,000 |
|               | P-110  | 65.70 | 9.560                       | 9.404           | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 7,490                  | 10,650                        | 10,650       | ---    | 10,650                       | 2,088                        | 1,472                | ---   | 2,077           | ---   |
|               | *F-110 | 71.10 | 9.450                       | 9.294           | 11.750         | ---               | ---            | ---             | 9,280                  | ---                           | 11,240       | ---    | ---                          | 10,980                       | 2,269                | 1,618 | ---             | 2,418 |
| *V-150        | 65.70  | 9.560 | 9.404                       | 11.750          | ---            | ---               | ---            | 8,330           | ---                    | 14,530                        | ---          | ---    | 14,530                       | 2,847                        | 1,978                | ---   | 2,799           | ---   |
| *V-150        | 71.10  | 9.450 | 9.294                       | 11.750          | ---            | ---               | ---            | 10,890          | ---                    | 15,330                        | ---          | ---    | 14,970                       | 3,094                        | 2,174                | ---   | 2,957           | ---   |

\*Not API Standard. Shown for information only.

\*\*Collapse, Internal Yield and Joint Yield Strengths are minimum values with no safety factor, reproduced by permission from API Bul. 5C2, Bulletin on Performance Properties of Casing and Tubing.

**TABLA 3**

**CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 11 3/4 13 3/8 Y 16 INCH.**

| Page 24        |        | TABLE NO. 203               |                 |                |                   |                |                 |                            |                                 |                     |        | Page 25                      |                                 |                      |               |                 |     |
|----------------|--------|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------|--------|------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|-----|
| DIMENSIONS AND |        |                             |                 |                |                   |                |                 |                            |                                 | STRENGTHS OF CASING |        |                              |                                 |                      |               |                 |     |
| Size O.D. In.  | Grade  | Wt. Per Ft. With Cplg., Lb. | Inside Dia. In. | Thread & Cplg. |                   | Extreme Line   |                 | ** Collapse Resistance PSI | Internal Yield Pressure - PSI** |                     |        | Joint Strength - 1000 Lbs.** |                                 |                      |               |                 |     |
|                |        |                             |                 | Drift Dia. In. | O.D. of Cplg. In. | Drift Dia. In. | O.D. of Box In. |                            | Plain End or Ext. Line          | Round Thread        |        | Buttress Thd.                | ** Body Yield Stgth. 1,000 Lbs. | Thread & Cplg. Joint |               | Ext. Line Joint |     |
|                |        |                             |                 |                |                   |                |                 |                            |                                 | Short               | Long   |                              |                                 | Round Thread         | Buttress Thd. |                 |     |
| 11 3/4         | *F-25  | 38.00                       | 11.150          | 10.994         | 12.750            | ---            | ---             | 620                        | ---                             | ---                 | ---    | 270                          | 222                             | ---                  | ---           | ---             |     |
|                | H-40   | 42.00                       | 11.084          | 10.928         | 12.750            | ---            | ---             | 1,070                      | 1,980                           | 1,980               | ---    | 478                          | 307                             | ---                  | ---           | ---             |     |
|                | J-55   | 47.00                       | 11.000          | 10.844         | 12.750            | ---            | ---             | 1,510                      | 3,070                           | 3,070               | ---    | 3,070                        | 737                             | 477                  | ---           | 807             | --- |
|                | J-55   | 54.00                       | 10.880          | 10.724         | 12.750            | ---            | ---             | 2,070                      | 3,560                           | 3,560               | ---    | 3,560                        | 850                             | 568                  | ---           | 931             | --- |
|                | J-55   | 60.00                       | 10.772          | 10.616         | 12.750            | ---            | ---             | 2,660                      | 4,010                           | 4,010               | ---    | 4,010                        | 952                             | 649                  | ---           | 1,042           | --- |
|                | K-55   | 47.00                       | 11.000          | 10.844         | 12.750            | ---            | ---             | 1,510                      | 3,070                           | 3,070               | ---    | 3,070                        | 737                             | 509                  | ---           | 935             | --- |
|                | K-55   | 54.00                       | 10.880          | 10.724         | 12.750            | ---            | ---             | 2,070                      | 3,560                           | 3,560               | ---    | 3,560                        | 850                             | 606                  | ---           | 1,079           | --- |
|                | K-55   | 60.00                       | 10.772          | 10.616         | 12.750            | ---            | ---             | 2,660                      | 4,010                           | 4,010               | ---    | 4,010                        | 952                             | 693                  | ---           | 1,208           | --- |
|                | C-75   | 60.00                       | 10.772          | 10.616         | 12.750            | ---            | ---             | 3,070                      | 5,460                           | 5,460               | ---    | 5,460                        | 1,298                           | 869                  | ---           | 1,361           | --- |
|                | N-80   | 60.00                       | 10.772          | 10.616         | 12.750            | ---            | ---             | 3,180                      | 5,830                           | 5,830               | ---    | 5,830                        | 1,384                           | 924                  | ---           | 1,440           | --- |
|                | C-95   | 60.00                       | 10.772          | 10.616         | 12.750            | ---            | ---             | 3,440                      | 6,920                           | 6,920               | ---    | 6,920                        | 1,644                           | 1,066                | ---           | 1,596           | --- |
|                | 13 3/8 | *F-25                       | 48.00           | 12.715         | 12.559            | 14.375         | ---             | ---                        | 560                             | ---                 | 1,080  | ---                          | ---                             | 338                  | 260           | ---             | --- |
| H-40           |        | 48.00                       | 12.715          | 12.559         | 14.375            | ---            | ---             | 770                        | 1,730                           | 1,730               | ---    | ---                          | 541                             | 322                  | ---           | ---             | --- |
| J-55           |        | 54.50                       | 12.615          | 12.459         | 14.375            | ---            | ---             | 1,130                      | 2,730                           | 2,730               | ---    | 2,730                        | 853                             | 514                  | ---           | 909             | --- |
| J-55           |        | 61.00                       | 12.515          | 12.359         | 14.375            | ---            | ---             | 1,540                      | 3,090                           | 3,090               | ---    | 3,090                        | 962                             | 595                  | ---           | 1,025           | --- |
| J-55           |        | 68.00                       | 12.415          | 12.259         | 14.375            | ---            | ---             | 1,950                      | 3,450                           | 3,450               | ---    | 3,450                        | 1,069                           | 675                  | ---           | 1,140           | --- |
| K-55           |        | 54.50                       | 12.615          | 12.459         | 14.375            | ---            | ---             | 1,130                      | 2,730                           | 2,730               | ---    | 2,730                        | 853                             | 547                  | ---           | 1,038           | --- |
| K-55           |        | 61.00                       | 12.515          | 12.359         | 14.375            | ---            | ---             | 1,540                      | 3,090                           | 3,090               | ---    | 3,090                        | 962                             | 633                  | ---           | 1,169           | --- |
| K-55           |        | 68.00                       | 12.415          | 12.259         | 14.375            | ---            | ---             | 1,950                      | 3,450                           | 3,450               | ---    | 3,450                        | 1,069                           | 718                  | ---           | 1,300           | --- |
| C-75           |        | 72.00                       | 12.347          | 12.191         | 14.375            | ---            | ---             | 2,590                      | 5,040                           | 5,040               | ---    | 5,040                        | 1,558                           | 978                  | ---           | 1,598           | --- |
| *C-75          |        | 77.00                       | 12.275          | 12.119         | 14.375            | ---            | ---             | 2,990                      | ---                             | 5,400               | ---    | 5,400                        | 1,662                           | 1,054                | ---           | 2,054           | --- |
| *C-75          |        | 85.00                       | 12.159          | 12.003         | 14.375            | ---            | ---             | 3,810                      | ---                             | 5,970               | ---    | 5,970                        | 1,829                           | 1,177                | ---           | 2,261           | --- |
| *C-75          |        | 98.00                       | 11.937          | 11.781         | 14.375            | ---            | ---             | 5,720                      | ---                             | 6,270               | ---    | 6,120                        | 2,144                           | 1,408                | ---           | 2,296           | --- |
| N-80           |        | 72.00                       | 12.347          | 12.191         | 14.375            | ---            | ---             | 2,670                      | 5,380                           | 5,380               | ---    | 5,380                        | 1,661                           | 1,040                | ---           | 1,693           | --- |
| *N-80          |        | 77.00                       | 12.275          | 12.119         | 14.375            | ---            | ---             | 3,100                      | ---                             | 5,760               | ---    | 5,760                        | 1,773                           | 1,122                | ---           | 2,148           | --- |
| *N-80          |        | 85.00                       | 12.159          | 12.003         | 14.375            | ---            | ---             | 3,870                      | ---                             | 6,360               | ---    | 6,360                        | 1,951                           | 1,252                | ---           | 2,364           | --- |
| *N-80          |        | 98.00                       | 11.937          | 11.781         | 14.375            | ---            | ---             | 5,910                      | ---                             | 6,680               | ---    | 6,530                        | 2,287                           | 1,498                | ---           | 2,400           | --- |
| C-95           |        | 72.00                       | 12.347          | 12.191         | 14.375            | ---            | ---             | 2,820                      | 6,390                           | 6,390               | ---    | 6,390                        | 1,973                           | 1,204                | ---           | 1,893           | --- |
| *P-110         |        | 72.00                       | 12.347          | 12.191         | 14.375            | ---            | ---             | 2,880                      | ---                             | 7,400               | ---    | 7,400                        | 2,596                           | 1,402                | ---           | 2,433           | --- |
| *V-150         | 72.00  | 12.347                      | 12.191          | 14.375         | ---               | ---            | 2,880           | ---                        | 10,090                          | ---                 | 10,090 | 3,323                        | 1,887                           | ---                  | 2,976         | ---             |     |
| 16             | *F-25  | 55.00                       | 15.376          | 15.188         | 17.000            | ---            | ---             | 290                        | ---                             | 850                 | ---    | ---                          | 384                             | 258                  | ---           | ---             | --- |
|                | H-40   | 65.00                       | 15.250          | 15.062         | 17.000            | ---            | ---             | 670                        | 1,640                           | 1,640               | ---    | ---                          | 736                             | 439                  | ---           | ---             | --- |
|                | J-55   | 75.00                       | 15.124          | 14.936         | 17.000            | ---            | ---             | 1,020                      | 2,630                           | 2,630               | ---    | 2,630                        | 1,178                           | 710                  | ---           | 1,200           | --- |
|                | J-55   | 84.00                       | 15.010          | 14.822         | 17.000            | ---            | ---             | 1,410                      | 2,980                           | 2,980               | ---    | 2,980                        | 1,326                           | 817                  | ---           | 1,351           | --- |
|                | K-55   | 75.00                       | 15.124          | 14.936         | 17.000            | ---            | ---             | 1,020                      | 2,630                           | 2,630               | ---    | 2,630                        | 1,178                           | 752                  | ---           | 1,331           | --- |
|                | K-55   | 84.00                       | 15.010          | 14.822         | 17.000            | ---            | ---             | 1,410                      | 2,980                           | 2,980               | ---    | 2,980                        | 1,326                           | 865                  | ---           | 1,499           | --- |
|                | *K-55  | 109.00                      | 14.688          | 14.500         | 17.000            | ---            | ---             | 2,560                      | ---                             | 3,950               | ---    | 3,950                        | 1,739                           | 1,181                | ---           | 1,962           | --- |
|                | *C-75  | 109.00                      | 14.688          | 14.500         | 17.000            | ---            | ---             | 2,980                      | ---                             | 5,380               | ---    | ---                          | 2,372                           | 1,499                | ---           | ---             | --- |
|                | *N-80  | 109.00                      | 14.688          | 14.500         | 17.000            | ---            | ---             | 3,080                      | ---                             | 5,740               | ---    | ---                          | 2,530                           | 1,594                | ---           | ---             | --- |

\*\*Collapse, Internal Yield and Joint Yield Strengths are minimum values with no safety factor, reproduced by permission from API Bul. 5C2, Bulletin on Performance Properties of Casing and Tubing.

\*Not API Standard. Shown for information only.

TABLA 4

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 20 INCH.

TABLE NO. 203  
DIMENSIONS AND STRENGTHS OF CASING

| Size O.D. In. | Grade | Wt. Per Ft. With Cplg., Lb. | Inside Dia. In. | Thread & Cplg. |                   | Extreme Line   |                 | ** Col'pae Resistance PSI | Internal Yield Pressure PSI** |              |       |                | ** Joint Strength - 1000 Lbs.** |                      |                |                 |   |
|---------------|-------|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|-------|----------------|---------------------------------|----------------------|----------------|-----------------|---|
|               |       |                             |                 | Drift Dia. In. | O.D. of Cplg. In. | Drift Dia. In. | O.D. of Box In. |                           | Plain End or Ext. Line        | Round Thread |       | But-tress Thd. | ** Body Yield Stgh. 1,000 Lbs.  | Thread & Cplg. Joint |                | Ext. Line Joint |   |
|               |       |                             |                 |                |                   |                |                 |                           |                               | Short        | Long  |                |                                 | Round Thread         | But-tress Thd. |                 |   |
| 18 5/8        | H-40  | 87.50                       | 17.755          | 17.567         | 19.625            | —              | —               | 630                       | 1,630                         | 1,630        | —     | —              | 994                             | 559                  | —              | —               | — |
|               | J-55  | 87.50                       | 17.755          | 17.567         | 19.625            | —              | —               | 630                       | 2,250                         | 2,250        | —     | —              | 1,367                           | 754                  | —              | 1,329           | — |
|               | K-55  | 87.50                       | 17.755          | 17.567         | 19.625            | —              | —               | 630                       | 2,250                         | 2,250        | —     | —              | 1,367                           | 794                  | —              | 1,427           | — |
| 20            | *F-25 | 94.00                       | 19.124          | 18.936         | 21.000            | —              | —               | 410                       | —                             | 960          | —     | —              | 673                             | 359                  | —              | —               | — |
|               | H-40  | 94.00                       | 19.124          | 18.936         | 21.000            | —              | —               | 520                       | 1,530                         | 1,530        | —     | —              | 1,077                           | 581                  | —              | —               | — |
|               | J-55  | 94.00                       | 19.124          | 18.936         | 21.000            | —              | —               | 520                       | 2,110                         | 2,110        | 2,110 | —              | 1,480                           | 784                  | 907            | 1,402           | — |
|               | J-55  | 106.50                      | 19.000          | 18.812         | 21.000            | —              | —               | 770                       | 2,410                         | 2,410        | 2,410 | —              | 1,685                           | 913                  | 1,057          | 1,596           | — |
|               | J-55  | 133.00                      | 18.730          | 18.542         | 21.000            | —              | —               | 1,500                     | 3,060                         | 3,060        | 3,060 | —              | 2,125                           | 1,192                | 1,380          | 2,012           | — |
|               | K-55  | 94.00                       | 19.124          | 18.936         | 21.000            | —              | —               | 520                       | 2,110                         | 2,110        | 2,110 | —              | 1,480                           | 824                  | 955            | 1,479           | — |
|               | K-55  | 106.50                      | 19.000          | 18.812         | 21.000            | —              | —               | 770                       | 2,410                         | 2,410        | 2,410 | —              | 1,685                           | 960                  | 1,113          | 1,683           | — |
|               | K-55  | 133.00                      | 18.730          | 18.542         | 21.000            | —              | —               | 1,500                     | 3,060                         | 3,060        | 3,060 | —              | 2,125                           | 1,253                | 1,453          | 2,123           | — |

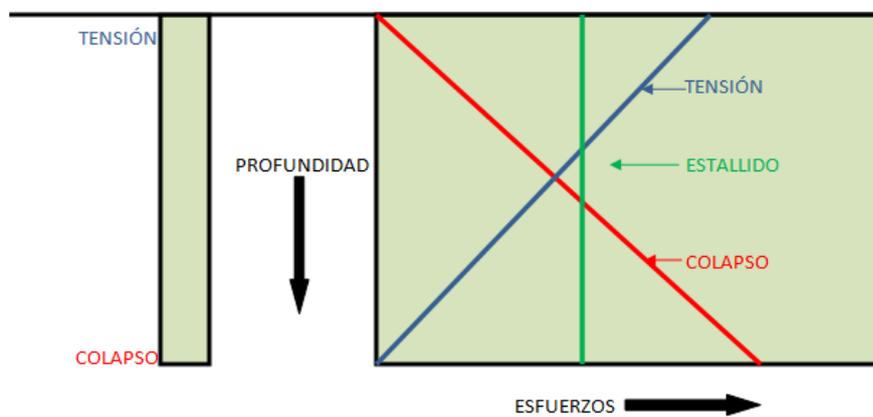
\*Not API Standard. Shown for information only.

\*\*Collapse, Internal Yield and Joint Yield Strengths are minimum values with no safety factor, reproduced by permission from API Bul. 5C2, Bulletin on Performance Properties of Casing and Tubing.

## **B. GRÁFICOS**

## GRAFICA 1

### ESQUEMA DE ESFUERZOS



Fuente: Drilling Engineering Casing Design, Lesson 5, Anónimo

## BIBLIOGRAFIA

1. Dowell, Well Cementing (Paris: Schlumberger Oil Field, 1988) Capítulo 16
2. D. Barragán, “Planificación, Evaluación Técnica y Análisis de Costos en Operaciones de Cementación Primaria en los Pozos pertenecientes a Petroproducción en el Distrito Amazónico” (Tesis, Facultad de Ingeniería de Petróleo, ESPOL, 1997).
3. S. Gandara, “Diseño de Tubería de Revestimiento” (Tesis, Facultad de Ingeniería de Petróleo, ESPOL, 1990).
4. C. Gatlin, Petroleum Engineering: Drilling and Well Completions, Prentice – Hall Inc., USA, 1965.