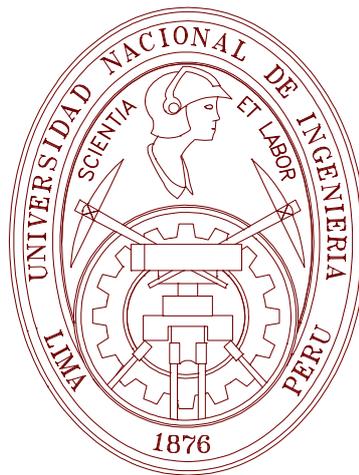


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO,
GAS NATURAL Y PETROQUIMICA



TESIS

**“EVOLUCIÓN DEL DISEÑO DE REVESTIDORES Y LA APLICACIÓN DE LAINA
PROTECTORA 11 ¾” EN LA ZONA DE CAPAS ROJAS INFERIORES PARA LOS POZOS
DE DESARROLLO DE KINTERONI EN LA CUENCA UCAYALI – MADRE DE DIOS”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE PETRÓLEO

ELABORADO POR:

JORGE ENRIQUE MANZANARES SÁNCHEZ

PROMOCIÓN 2007-I

LIMA – PERÚ

2010

**“EVOLUCIÓN DEL DISEÑO DE REVESTIDORES Y LA APLICACIÓN DE LAINA PROTECTORA 11 ¾”
EN LA ZONA DE CAPAS ROJAS INFERIORES PARA LOS POZOS DE DESARROLLO DE
KINTERONI EN LA CUENCA UCAYALI – MADRE DE DIOS”**

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVO	4
4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	5
5. INTRODUCCIÓN	6
5.1. Reseña Histórica	6
5.2. Descripción Operaciones Cuenca Ucayali – Madre De Dios	8
5.3. Configuración de los revestidores a través del Tiempo	9
5.3.1. San Martin	9
5.3.2. Mipaya	10
5.3.3. Cashiriari	10
5.3.4. Pagoreni	11
5.3.5. Kinteroni	11
6. Diseño de los Pozos	13
6.1. Diseño del Pozo Kinteroni 57-29-2	14
6.2. Diseño del Pozo Kinteroni 57-29-3	16
6.3. Sección de 20” x 24”	18

6.3.1. Problemas Potenciales	18
6.3.2. Mitigación	19
6.4. Sección de 17 ½"	19
6.4.1 Problemas Potenciales	21
6.4.2 Mitigación	21
6.5. Sección de 12 ¼" x 14 ½"	21
6.5.1. Problemas Potenciales	22
6.5.2. Mitigación	23
6.6. Sección de 10 5/8" x 12 ¼"	23
6.6.1. Problemas Potenciales	24
6.6.2. Mitigación	25
6.7. Sección de 8 ½"	26
6.7.1. Problemas Potenciales	27
6.7.2. Mitigación	28
7. Diseño de Revestidores Pozos Desarrollo Kinteroni	30
7.1. Selección del Diámetro del Revestidor y Profundidad de Asentamiento	30
7.2. Definición de Cargas y selección de Escenarios operacionales	31
7.2.1. Cargas en el Estallido	32
7.2.2. Cargas en el colapso	36
7.2.3. Cargas Axiales	40
7.2.4. Cargas Biaxiales	41

7.2.5. Cargas Triaxiales	42
7.3. Selección de Grado y peso adecuado	45
7.4. Factores de Diseño de Repsol	45
7.5. Diseño de Revestidor para sección de 24"	46
7.5.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento	46
7.5.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos	47
7.5.3. Factores de Seguridad	47
7.6. Diseño de Revestidor para sección de 17 1/2"	51
7.6.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento	51
7.6.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos	52
7.6.3. Factores de Seguridad	53
7.7. Diseño de Revestidor para sección de 12 1/4" x 14 1/2"	55
7.7.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento	55
7.7.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos	56
7.7.3. Factores de Seguridad	56
7.8. Diseño de Revestidor para sección de 10 5/8" x 12 1/4"	63
7.8.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento	63
7.8.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos	67
7.8.3. Factores de Seguridad	68
7.9. Diseño de Revestidor para la sección de 8 1/2"	72
7.9.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento	72

7.9.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos	73
7.9.3. Factores de Seguridad	73
8. Razones del Uso de Laina 11 ¾" en Capas Rojas Inferiores	76
8.1. Arcillas Reactivas (Capas Rojas Superiores e Inferiores)	77
8.2. Colapso de formación (Capas Rojas Inferiores -Charophytes)	79
8.3. Pérdida de Circulación (Vivian)	79
8.4. Colapso de formación (Chonta)	81
9. Evaluación Económica	84
10. Nuevas Tecnologías Para Eliminar la Laina 11 ¾"	88
10.1. Casing While Drilling	88
10.2. Casing Expandibles	90
11. Cronograma de Trabajo	92
12. Conclusiones y Recomendaciones	93
13. Bibliografía	95

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El lote 57 se encuentra ubicado en la zona norte de la Cuenca Ucayali - Madre de Dios y tiene una superficie de 6,110.27 Km², este es operado por Repsol YPF a partir de Enero del 2004 con una participación del 53.84%, el 46.16% le pertenece a Petrobras.

Los pozos que se proponen perforar en la estructura Kinteroni se encuentra dentro del Bloque 57 y distan 13 Km. del pozo Mipaya 42-35-5X, 44 Km. del pozo Pagoreni 75-29-1X y 50 Km. de los pozos productores de Pagoreni (Lote 56) todos estos en dirección noroeste.

La estructura Kinteroni es un anticlinal asociado a un cabalgamiento de orientación NNO-SSE con una longitud de 25 km de largo por 3.5 km de ancho, con dos culminaciones, una al sur en la cual se encuentra ubicado el pozo exploratorio descubridor de gas y condensado Kinteroni 57-29-1X y una culminación norte donde se perforará un pozo exploratorio para evaluar la continuidad de la estructura. La estructura de Kinteroni se encuentra en la Faja Plegada y Corrida de la región Subandina.

Los reservorios principales están constituidos por las arenas Pérmicas y Pre cretácicas de las Formaciones Ene-Noi y Nia. El sello lo forma la Formación Shinai, la Formación Chonta y las capas rojas terciarias, mientras que la roca madre lo conforman las arcillas del Grupo Ambo y la Formación Ene.

Basados en los resultados de las pruebas del pozo exploratorio Kinteroni 57-29-1X y en similitud con los campos productores de gas y condensado de Camisea (San Martín, Cashiriari y Pagoreni) teniendo siempre en cuenta el pozo Mipaya 42-35-5X que mostró gas en registros y datos de RFT; se decidió realizar el desarrollo temprano de la parte sur de Kinteroni, este contempla poner en producción el pozo exploratorio y la perforación de 2 pozos los cuales son el Kinteroni 57-29-2 y el Kinteroni 57-29-3 ubicados aproximadamente a 1260 m. al SW y 2030 m. al SE respectivamente del pozo Kinteroni 57-29-1X.

El objetivo fundamental de estos pozos es determinar la continuidad de la estructura hacia el SW en el caso del Kinteroni 57-29-2 y hacia el SE en caso del Kinteroni 57-29-3 de los reservorios gasíferos descubiertos en el pozo exploratorio Kinteroni 57-29-1X logrando desarrollar parte de las reservas involucradas en el desarrollo temprano de la parte sur de la estructura Kinteroni.

2. JUSTIFICACIÓN

Debido a los problemas presentados en pozos vecinos para llegar a la zona de interés el diseño de revestidores en la Cuenca Ucayali-Madre de Dios se condiciona a utilizar 5 revestidores ya que al necesariamente tener que atravesar una capa de Arcillas Hinchables (Capas Rojas Inferiores) riesgo de empaquetamiento del BHA, arcillas deleznales (Charophytes) riesgo de colapso de Formación, arenas Permeables con (Vivian) riesgo de Pegas Diferenciales y Pérdidas de Circulación, Lutitas Deleznales (Chonta) riesgo de colapso de Formación; se requiere usar una lana protectora de 11 ¾" la cual cubrirá las Capas Rojas Inferiores y Charophytes aislando los problemas de estas formaciones de aquellos que se presenten cuando se esté perforando Vivian y Chonta; es decir con esta lana protectora 11 ¾" adicional se obvia los problemas de Hinchamiento de Arcillas y Colapso de Formación en Capas Rojas Inferiores y Charophytes, respectivamente, quedando como problemas potenciales las posibles pérdidas de circulación y pegas diferenciales en Vivian y posibles Colapso de Formación y lutitas presurizadas en Chonta.

Es por esta razón que se escoge un diseño de revestidores como sigue:

1. Conductora de 20", K-55, 94 lb/ft, TER (500 ft en ambos pozos).
2. Revestidor Superficial 13 3/8", P-110, 68 lb/ft, TB (4000 ft Kinteroni 2 , 4500 ft Kinteroni 3)
3. Lana Protectora 11 ¾", N-80 & P-110, 65 lb/ft (Special Drift: 10.625"), TBNF (7427 ft Kinteroni 2, 8784 ft Kinteroni 3)
4. Revestidor de Producción 9 5/8", N-80, 48 lb/ft, TBNF (8226 ft Kinteroni 2, 9663 ft Kinteroni 3) & 10 ¾", N-80, 60.7 lb/ft, TSH Wedge 523 (500 FT en ambos pozos)
5. Lana de Producción 7", N-80, 29 lb/ft (Special Drift: 6.125"), TB (Special Clearance: 7.441") (10426 ft Kinteroni 2, 12005 ft Kinteroni 3)

La explicación del porque se escogió cada uno de los revestidores en tamaño, grado, peso, y conexión, se explica en detalle más adelante en el punto DISEÑO DE REVESTIDORES POZOS DESARROLLO KINTERONI.

3. OBJETIVO

“Mostrar cómo ha evolucionado el diseño de revestidores a lo largo del tiempo en la perforación de pozos de gas y condensado en la Cuenca Ucayali – Madre de Dios”

“La importancia del uso de la lina 11 ¾” en el diseño de los Revestidores de pozos de gas y condensado en la Cuenca Ucayali – Madre de Dios”

“Mostrar las mejoras del uso de revestidor del 10 ¾” para la sarta combinada de 9 5/8” x 10 ¾” en conjunto con el cabezal Multibowl”

“Herramientas y técnicas de última tecnología que nos pueden ayudar a eliminar el uso de la lina 11 ¾” para pozos futuros”

4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Al presentarse los problemas mencionados en los pozos inicialmente perforados en la Cuenca Ucayali-Madre de Dios, se buscó alguna forma de aislar dichos 4 problemas, planteando como solución la aplicación de una lina protectora de 11 $\frac{3}{4}$ " que cubra las Capas Rojas Inferiores y Charophytes, para perforar Vivian y Chonta exclusivamente con sus problemas intrínsecos.

El uso de la lina protectora de 11 $\frac{3}{4}$ " aislará los problemas potenciales: el hinchamiento de Arcillas en Capas Rojas Inferiores, Colapso de formación en Charophytes, Pérdidas de Circulación en Vivian y Colapso de formación en Chonta; ya que al asentar y cementar la lina de 11 $\frac{3}{4}$ " en el tope de Vivian los problemas de las Capas Rojas Inferiores y de Charophytes no afectarán la perforación de Vivian y Chonta, minimizando el riesgo de un sidetrack, ahorrándonos el costo de lo que significaría perder el hoyo en alguna de estas formaciones; permitiéndonos continuar la perforación hasta las formaciones objetivo de forma segura.

5. INTRODUCCIÓN

5.1. Reseña Histórica

En Julio de 1981, se realizó la firma del contrato para las operaciones petrolíferas en los lotes 38 y 42 entre el Estado Peruano y la compañía Shell Exploradora. Tales Lotes abarcaban un total de aproximadamente 2.000.000 hectáreas, en la parte sur de la denominada Cuenca del Ucayali. Una vez iniciados los trabajos de exploración, fue en 1987, tras trabajos de sísmica (3.000 kilómetros de líneas sísmicas) y la perforación de cinco pozos exploratorios, que se descubrieron dos grandes yacimientos de gas natural no asociados en el área de Camisea los cuales se denominaron San Martín y Cashiriari; estimándose un total de Reservas revisadas por Petroperú de 16.6 TCF gas y 970 MMBLS de Hidrocarburos Líquidos para este año.

Como consecuencia de estos hallazgos se decidió firmar el Acuerdo de Bases para la Explotación de Camisea entre Shell y PetroPerú, en marzo de 1988. No obstante, no se llegó a ningún acuerdo ya que la compañía Shell no logró el financiamiento necesario conforme lo estipulado en el Acuerdo de Bases.

En marzo de 1994, se firmó el convenio para la evaluación y desarrollo de los yacimientos de Camisea entre PeruPetro S.A., Shell Prospecting and Development B.V. Sucursal Perú y Mobil Exploration and Producing Perú Inc. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos realizados por parte del Estado peruano, en julio de 1998 el consorcio Shell/Mobil comunica la decisión de no continuar con el segundo periodo del contrato, por lo que todo quedó disuelto. Por tal motivo, en mayo de 1999, la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) acuerda llevar adelante un proceso de promoción para desarrollar el proyecto Camisea mediante un esquema segmentado que comprende módulos independientes de negocios. Más

tarde el 31 de mayo de 1999, el Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM) convocó a Concurso Público Internacional para otorgar el Contrato de Licencia para la Explotación de Camisea, y las Concesiones de Transporte de Líquidos y de Gas desde Camisea hasta la costa y de Distribución de Gas en Lima y Callao.

Luego en Enero del 2000 Se suscribe el Contrato de Suministro de Gas por 70 MMPCD entre ELP (ElectroPerú). S.A. y la Cía. Explotadora de los Hidrocarburos de Camisea.

Luego, en diciembre de 2000, se suscribieron los contratos para el desarrollo del proyecto con los consorcios adjudicatarios de los concursos organizados por el CECAM, en la cual un consorcio formado por Pluspetrol, Hunt Oil Company entre otras compañías, obtuvo el derecho de explotar durante 40 años el Lote 88 de Camisea; las regalías que debía pagar eran de 37,4% y el destino de su producción, el mercado interno. En mayo de 2002, se firmó el contrato de concesión para el transporte y distribución del gas de Camisea, mediante el cual Tractebel se convierte en el tercer operador del proyecto (siendo PlusPetrol y Techint los otros dos). Este paso completa el esquema de desarrollo de Camisea.

En el 2004 se dispuso que el Lote 56, con reservas probadas de 2,8 billones de pies cúbicos, se destinara a la exportación; y el Estado concedió al Consorcio Camisea (el mismo del Lote 88) la explotación de este gas. Paralelamente, el gobierno acordó autorizar que 1,4 billones de pies cúbicos de gas del Lote 88 se prestasen para permitirle a este Consorcio sustentar un contrato de largo plazo que hiciera posible y rentable la exportación del recurso.

Finalmente en Enero del 2008, Repsol YPF realizó un nuevo descubrimiento de gas en Perú en el pozo exploratorio Kinteroni X1 del bloque 57, ubicado en el departamento de Cuzco. Las primeras pruebas de producción, registraron caudales de 35.31 millones de pies cúbicos de gas diarios y 1245 barriles por día de hidrocarburos líquidos asociados, La estructura del yacimiento Kinteroni tiene una

longitud de 25 kilómetros, y aproximadamente 115 metros de reservorios netos de gas y condensados. Aunque los datos disponibles no hacen posible aún definir con exactitud los recursos del yacimiento, las dimensiones de su estructura permiten alojar con holgura volúmenes cercanos a 2TCF (56 bcm). Repsol YPF es el operador del consorcio que explotará el campo Kinteroni X1, con una participación del 53.84%, y en él, también participan Petrobrás con un 46.16%.

El nuevo yacimiento está localizado al norte de los bloques 88 y 56, participados por Repsol YPF y de los que proviene la producción del proyecto Camisea.

5.2. Descripción Operaciones Cuenca Ucayali – Madre De Dios

Los principales lotes ubicados en la Cuenca Ucayali – Madre de Dios son el lote 88, lote 56 y lote 57. Los 2 primeros se encuentran en explotación y el lote 57 está en exploración y empezará la fase de desarrollo para este año, empezando su primer pozo de desarrollo para Mayo.

El lote 88 comprende dos reservorios principales los cuales son Cashiriari y San Martin; Cashiriari presenta 7.02 TCF y a la fecha cuenta con 10 pozos Perforados por otro lado San Martin presenta 2.78 TCF y cuenta con 8 pozos.

El lote 56 comprende dos reservorio principales los cuales son Pagoreni y Mipaya; Pagoreni presenta 2.48 TCF y a la fecha cuenta con 6 pozos; en este lote también se encuentra el campo Mipaya en donde Shell perforó un pozo, el Mipaya 42-35-5x el año 1987.

5.3. Configuración de los revestidores a través del Tiempo

A lo largo del tiempo se utilizaron 2 tipos de configuraciones siendo estas la convencional y la conservadora. La convencional la cual trata de cubrir la primera sección con una conductora de 20", continuar la segunda sección con un Revestidor de 13 3/8" como Revestidor superficial, siguiendo el Revestidor intermedio uno de 9 5/8" y finalmente llegando a la zona de producción con una lina de 7". La configuración conservadora, trata de los mismos revestidores lo único que difiere es la utilización de una lina de 11 3/4" entre el Revestidor superficial y el intermedio con la finalidad de aislar los problemas potenciales que son muy propensos a ocurrir.

A continuación se muestra como fueron los diseños de revestidores en los pozos de los distintos campos:

5.3.1. San Martín

En este campo se perforó el primer pozo de la cuenca Marañón - Ucayali el San Martín 1x en el año 1984 a cargo de la compañía Shell, para este primer pozo se siguió un diseño de pozo convencional y se tuvieron problemas a pesar de ser un pozo vertical. Para el Año 2002 se decidió realizar una campaña de perforación para este campo realizándose los pozos San Martín 1001, 1002, 1003, 1004 con el diseño conservador es decir la utilización de la lina 11 3/4" en lugar del convencional evitando tener muchos problemas a la vez en una sola sección.

5.3.2. Mipaya

En el campo Mipaya se perforó un pozo el Mipaya 42-35-5x en el año 1987 a cargo de la compañía Shell, Para este pozo se siguió el diseño de casing convencional debido a que era el más sencillo de aplicar sin embargo se tuvieron muchos problemas para poder terminarlo sobre todo en la sección de 12 ¼" en donde se atravesó parte de Capas Rojas Inferiores, Charophytes, Vivian y casi todo Chonta en un solo hoyo. Se debe tener en cuenta que este pozo al tratarse de exploratorio fue Vertical.

5.3.3. Cashiriari

En el campo Cashiriari se perforó el primer pozo el Cashiriari 1 el año 1986 a cargo de la compañía Shell, el diseño de casing al igual que el San Martin 1X y Mipaya 5X fue el convencional conllevando con ello a que se tuvieron problemas en la perforación al no aislar los problemas en las secciones problemáticas. En el año 2008 se inició una campaña de perforación y el diseño de revestidores de todos los pozos al momento sigue el modelo conservador de utilizar la Laina 11 ¾" con la finalidad de aislar los problemas de Capas Rojas Inferiores de los de Vivian y Chonta.

5.3.4. Pagoreni

Este es el campo con mayor similitud al campo Kinteroni debido a la cercanía y a los topes litológicos encontrados en el Kinteroni 1X - ST y los encontrados en estos pozos. Este campo consta de 06 pozos distribuidos en dos plataformas Pagoreni "A" y Pagoreni "B", el diseño de revestidores 05 de los 06 pozos siguen el modelo conservador de la utilización de la lana 11 ¾" para aislar los problemas de Capas Rojas Inferiores de los de Vivian y Chonta. El pozo Pagoreni 1006 D no sigue este modelo conservador ya que se trata de un pozo que alcanza una máxima desviación de 23° y no se puede comparar a los otros pozos Pagoreni que alcanzan ángulos entre 40° y 60°; también se debe tener en cuenta que este pozo es el sexto pozo del campo por lo tanto esta zona ya era muy bien conocida y se esperaba que para este pozo ya no se encontrarán problemas.

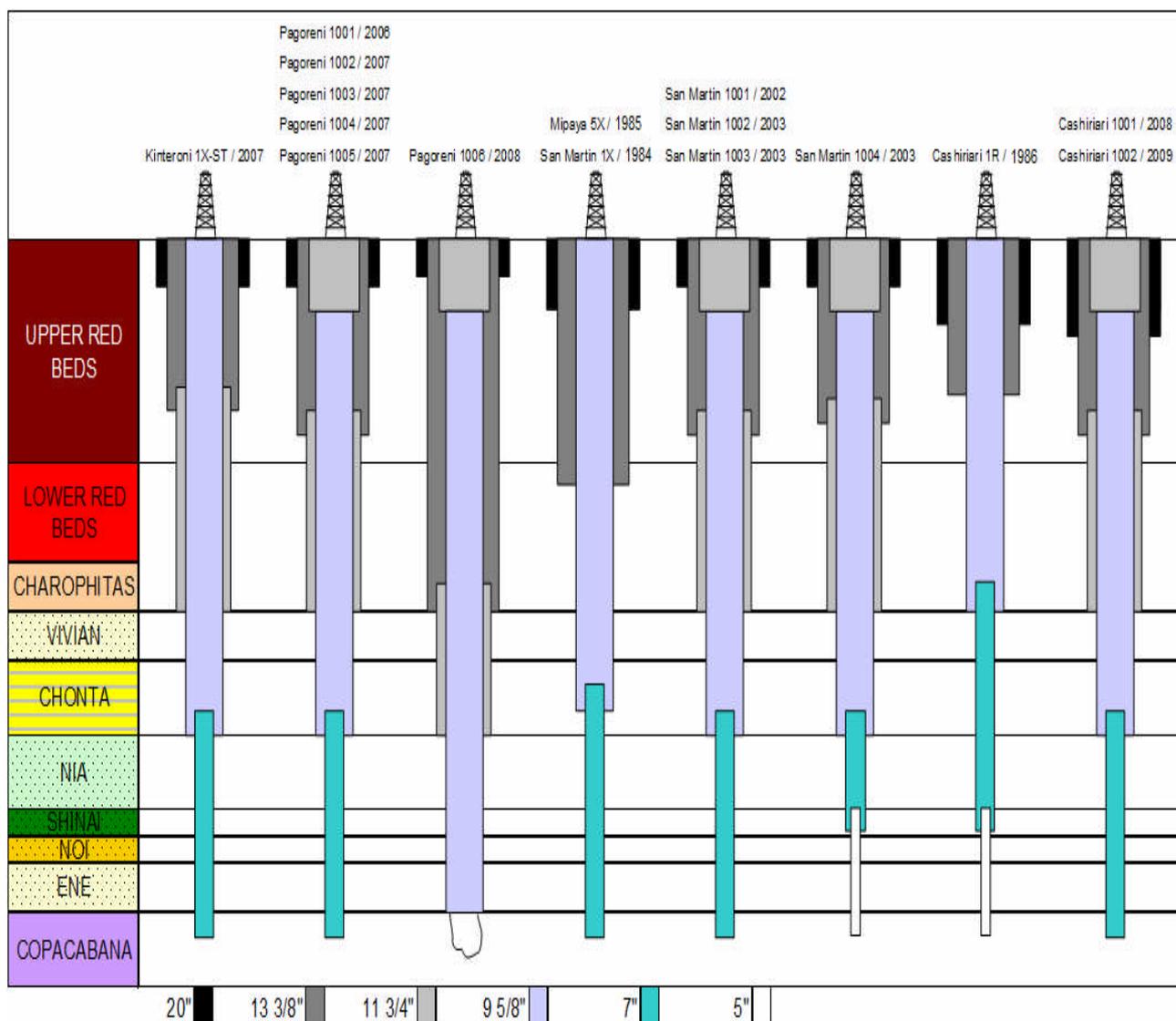
5.3.5. Kinteroni

Este campo fue descubierto por Repsol Exploración Perú al perforar el pozo Kinteroni 1X en el año 2008; para este pozo se decidió seguir la configuración de revestidores conservadora utilizando la lana de 11 ¾" para aislar los problemas ya mencionados arriba, este año (2010) empieza la campaña de perforación en este campo con los pozos Kinteroni 2 y Kinteroni 3 para estos se plantea también utilizar el diseño de

revestidores con el 11 3/4" ya que estos serán direccionales con ángulo de 31.89° y 49.77° para el Kinteroni 2 y Kinteroni 3 respectivamente.

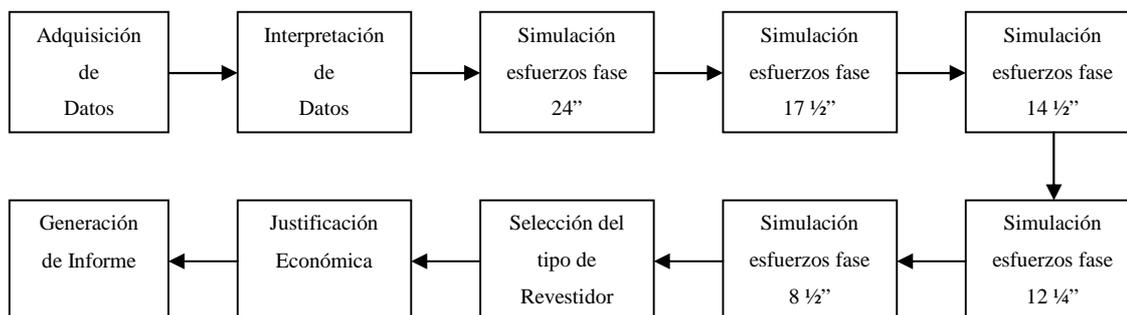
Como se observa los primeros pozos de la cuenca, específicamente los perforados por Shell en los finales de los 80's fueron realizados siguiendo el diseño convencional, sin embargo a medida que inició la campaña de perforación de los pozos de desarrollo estos ya exigieron el modelo conservador ya que estos fueron pozos direccionales de ángulos entre 30° y 60°.

Configuración de Revestidores Cuenca Maraón – Ucayali:



6. Diseño de los Pozos:

El proceso del diseño de los pozos queda definido de la siguiente manera:



El objetivo de este flujo de procesos es tener claro las tareas a desarrollar durante este proyecto de diseño de revestidores. Este inicia con la adquisición de datos (Geomecánica, pozos Vecinos, etc.); continúa la interpretación de datos lo cual es lo que finalmente será ingresado al Software; la simulación de esfuerzos de las distintas fases a fin de saber a que cargas los revestidores serán sometidos durante la perforación y/o producción de los pozos, selección del tipo de revestidor la parte vital de este diseño ya que los revestidores tienen que ser lo suficientemente capaces de resistir las distintas cargas, Justificación económica en la cual se analiza el costo-beneficio de los revestidores a usar y la generación del informe como punto final.

Para empezar este desarrollo de proyecto se presentará a continuación los diseños de los pozos a perforar los cuales son los pozos Kinteroni 57-29-2 y Kinteroni 57-29-3.

6.1. Diseño del Pozo Kinteroni 57-29-2

Nombre del Pozo	Kinteroni 57-29-2	
Cuenca	Madre de Dios	
Operador	Repsol Exploración Perú	
Socio	Petrobras 46.16%	
Lote	57	
Spud Date Estimada	09 de Agosto del 2010	
Tiempo Estimado Perforación	80 días	
Tipo de Pozo	Direccional	
Clase	Desarrollo	
Nombre del Rig	Petrex – 20	
Tipo de Rig	Helitransportable	
Elevación del terreno	1332 ft	
Elevación de la Mesa Rotaria	30 ft	
Profundidad Estimada	10,426 ft MD / 9,362 ft TVD	
Sección Vertical	4101 ft	
Temperatura de Fondo	180 °F	
Objetivos de Subsuelo	Upper & Lower Nia: 3341psi, 172°F@ 7431'/8524' (TVD/MD) Ene – Noi : 3626psi,179°F@ 8935'/10261' (TVD/MD)	
Coordenadas de Subsuelo	Upper & Lower Nia: 8727006.00 Norte, 689607.00 Este. Ene – Noi : 8726958.41 Norte, 689348.54 Este.	
Radio de Tolerancia	160 ft	
Coordenadas de Superficie (UTM-WGS84)	8727205.19 m, North 690688.863 m Este	
Inclinación en la tangente	31.89°	
Inclinación Final	20°	
Azimut	260.06°	
Logística	Fluvial (remolcador-barcazas) aérea (Helicóptero)	
Base de Logística	Nuevo Mundo	
Programa de Pozo	Diámetro hoyo/casing. 26"/20" (conductor) 17 ½"/13 3/8" (superficial). 14 ½"/11 ¾" (Laina protectora). 12 ¼"/10 ¾" & 9 5/8" (intermedio). 8 ½"/7" (Laina de producción)	Profundidad (MD) 0 – 500 ft 500 – 4000 ft 4000 – 7427 ft 7427 – 8226 ft 8226 – 10426 ft

Kinteroni 57-29-2:

Diámetro Revestidor (pulg)	Diámetro Hoyo (pulg)	Programa Revestidor	Profundidad MD-TVD (pies)	Sistema Fluido	Peso Fluido (lpg)	Días
20	24		500 – 500	SPUD MUD	8.8 - 9.0	5
13.375	17.50		4000 – 3799	ULTRADRIL	9.5 – 9.8	18
11.75	12.25 x 14.50		7427 – 6708	ULTRADRIL	10 – 11.0	21
9.625	10.625 x 12.25		8225 – 7386	ULTRADRIL	11	13
7	8.50		10425 - 9361	FLO – PRO NT	9.8	22

Constituyentes del Lodo:

- Spud Mud: Agua + Bentonita (MI-GEL)
- Ultradril 17 ½": Agua + Baritina + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Encapsulador de Arcilla + Controlador de Filtrado.
- Ultradril 14 ½": Agua + Baritina + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Encapsulador de Arcilla + Controlador de Filtrado + Estabilizador de lutitas.
- Ultradril 12 ¼": Agua + Baritina + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Encapsulador de Arcilla + Controlador de Filtrado + Estabilizador de lutitas + Agentes Sellantes.
- Flo Pro NT 8 ½": Agua + Carbonato de Calcio Importado + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Controlador de Filtrado + Estabilizador de lutitas.

6.2. Diseño del Pozo Kinteroni 57-29-3

Nombre del Pozo	Kinteroni 57-29-3	
Cuenca	Madre de Dios	
Operador	Repsol Exploración Perú	
Socio	Petrobras 46.16%	
Lote	57	
Spud Date Estimada	23 de Diciembre 2010	
Tiempo Estimado Perforación	90 días	
Tipo de Pozo	Direccional	
Clase	Desarrollo	
Nombre del Rig	Petrex – 20	
Tipo de Rig	Helitransportable	
Elevación del Terreno	1332 ft	
Elevación de la Mesa Rotaria	30 ft	
Profundidad Estimada	12,005 ft MD / 9,262 ft TVD	
Desplazamiento Vertical	6674 ft	
Temperatura de Fondo	180 °F	
Objetivos de Subsuelo	Upper & Lower Nia: 3341psi, 172°F@ 7363'/9663' (TVD/MD)	
Coordenadas de Subsuelo	Upper & Lower Nia: 8725730 Norte, 691400 Este.	
Radio de Tolerancia	164 ft	
Coordenadas de Superficie	8727199.118 m, North	
Inclinación en la tangente	49.77°	
Inclinación Final	20°	
Azimut	154.28°	
Logística	Fluvial (remolcador-barcazas) aérea (Helicóptero)	
Base de Logística	Nuevo Mundo	
Programa de Pozo	Diámetro hoyo/casing. 26"/20" (conductor) 17 ½"/13 3/8" (superficial). 14 ½"/11 ¾" (Laina protectora). 12 ¼"/10 ¾" & 9 5/8" (intermedio). 8 ½"/7" (Laina de producción)	Profundidad (MD) 0 – 500 ft 500 – 4500 ft 4500 – 8784 ft 8784 – 9663 ft 9663 – 12005 ft

Kinteroni 57-29-3:

Diámetro Revestidor (pulg)	Diámetro Hoyo (pulg)	Programa Revestidor	Profundidad MD-TVD (pies)	Sistema Fluido	Peso Fluido (lpg)	Días
20	24		500 – 500	SPUD MUD	8.8 - 9.0	5
13.375	17.50		4500 – 4027	ULTRADRIL	9.5 – 10.0	23
11.75	12.25 x 14.50		8784 – 6794	ULTRADRIL	10 – 11.0	27
9.625	10.625 x 12.25		9663 – 7361	ULTRADRIL	11	14
7	8.50		12005 – 9261	FLO – PRO NT	9.8	27

Constituyentes del Lodo:

- Spud Mud: Agua + Bentonita (MI-GEL)
- Ultradril 17 ½": Agua + Baritina + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Encapsulador de Arcilla + Controlador de Filtrado.
- Ultradril 14 ½": Agua + Baritina + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Encapsulador de Arcilla + Controlador de Filtrado + Estabilizador de lutitas.
- Ultradril 12 ¼": Agua + Baritina + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Encapsulador de Arcilla + Controlador de Filtrado + Estabilizador de lutitas + Agentes Sellantes.
- Flo Pro NT 8 ½": Agua + Carbonato de Calcio Importado + Goma Xantica + Inhibidor + Agente Antiacreción + Controlador de Filtrado + Estabilizador de lutitas.

6.3. Sección de 20" x 24":

Esta es la primera sección a ser perforada corresponde al tope de la formación Capas Rojas Superiores compuesta principalmente de arcillitas y con algunas intercalaciones de areniscas eventualmente conglomerados y boulders.

El objetivo de este hoyo es perforar la parte superior de la formación Capas Rojas y asentar la conductora de 20" a 500 pies buscando la protección de los acuíferos superficiales a la vez de dar integridad al hoyo superficial que permita la continuidad de la perforación.

Este intervalo será perforado utilizando la tecnología "Drilling with Casing", la cual consiste en perforar el hoyo con el Revestidor en lugar de usar una sarta de tubería de perforación, con eso se obtendrá transmitir la energía mecánica e hidráulica a la perforación, como resultado, menor caídas de presión, mayor ECD (Densidad equivalente de Circulación), menores parámetros hidráulicos requeridos, uso de menores peso de lodo; también se eliminará viajes reduciendo de esta forma el tiempo de perforación para esta sección. Para esta sección se buscará llegar hasta los 500 ft utilizando lodo nativo base agua de 8.8 a 9.0 ppg y se cementará hasta superficie con una lechada de 15.6 ppg.

6.3.1. Problemas Potenciales:

En esta sección no se espera tener problemas sin embargo han sido identificados algunos que se han dado en pozos vecinos Kinteroni 1X-ST, Mipaya 52-35-5x, Pagoreni 1001 D, Pagoreni 1002 D, Pagoreni 1003 D, Pagoreni 1004 D, Pagoreni 1005 D, Pagoreni 1006 D.

Para esta sección se identificaron los siguientes problemas:

- Ataque de arcillas Gumbo
- Embolamiento de BHA
- Taponamiento de Flowline

6.3.2. Mitigación:

De estos problemas el más propenso a darse en los Kinteroni - 2 y Kinteroni - 3 es el de embolamiento de BHA por Arcillas por eso se utilizará un lodo base de agua con bentonita pre-hidratada el cual tendrá el aditivo PA-10 el cual es un agente anti-acreción para evitar que las arcillas se adhieran a este y generen un empaquetamiento.

6.4. Sección de 17 ½”:

Esta es la segunda sección a ser perforada se continuará perforando la formación Capas Rojas Superiores compuesta principalmente de arcillas con intervalos de areniscas, en algún caso conglomerática e intercalaciones de calizas y carbón; para el pozo Kinteroni 1X-ST se encontraron en esta sección valores entre 1000 y 4000 psi con valores picos de 8000 psi, esto indica que la formación es blanda, Ver la tabla 1.

En este intervalo se iniciará el trabajo direccional el cual está basado en la construcción catenaria (curva que describe una cadena suspendida por sus extremos, sometida a un campo gravitatorio uniforme es decir la que curva formada en reposo) la cual no es otra cosa que ir incrementando la tasa de construcción de

ángulo gradualmente para ello se empezará con una tasa de construcción de ángulo de 0.5° cada 100 pies y se incrementará la misma en 0.5° hasta alcanzar una tasa de 2.5° cada 100 pies. Para el pozo Kinteroni-2 se espera a la profundidad de 3158 pies haber alcanzado un ángulo de inclinación de 31.89° que se mantendrá hasta el punto de “casing” a 4000 pies. Así mismo para el caso del pozo Kinteroni-3 se espera a la profundidad de 3874 pies haber alcanzado un ángulo de inclinación de 49.77° que se mantendrá hasta el punto de “casing” a 4500 pies.

El objetivo de este hoyo es perforar completamente la formación Capas Rojas Superiores y parte superior de la formación Capas Rojas Inferiores asentar el Revestidor de 13 3/8” a 4000 pies en el caso de Kinteroni-2 y a 4500 pies en el caso de Kinteroni-3 con la finalidad de aislar la sección superficial y dar integridad estructural suficiente al pozo y apoyo para instalar el BOP.

Este intervalo será perforado con broca PDC de 17 1/2” utilizando el sistema de lodo Ultradril con una densidad que varía de 9.5 a 9.8 ppg, el casing superficial será sentado a 4000 pies en el caso del Kinteroni-2 y 4500 pies en el caso del Kinteroni-3, ambos serán cementados con 2 lechadas de 15.6 ppg y 13.2 ppg hasta superficie.

Resistencia	Compresibilidad	Litología
Muy Baja Resistencia	< 4,000 psi	Gumbo, Lutita, Lutitas suave, arcilla, arenas poco consolidadas.
Baja Resistencia	4,000-8,000 psi	Lutitas y arenas arcillosas, arcillas, lutitas, evaporitas suaves.
Mediana Resistencia	8,000-16,000 psi	Conglomerados, caliza arenosa, arcilla grisácea, Arenas medianamente duras.
Alta Resistencia	16,000- 32,000 psi	Dolomitas duras, Calizas cristalinas, lutitas quebradizas duras.
Muy Alta Resistencia	> 32,000 psi	Arenas muy finas y duras. Chert, cuarcita, rocas ígneas y metamórficas.

Tabla 1

6.4.1 Problemas Potenciales:

En esta zona el principal problema que empieza a notarse es el de las arcillas reactivas, aquellas que son muy sensibles al agua ya que se hidratan y se hinchan rápidamente, pozos vecinos muestran valores de CEC (Cation Exchange Capacity) aproximados de 30 meq/100 gr lo que quiere decir que por más inhibido que el fluido de perforación se encuentre este con el tiempo tenderá a hidratarse lo que generará su hinchamiento. Otros problemas que se pueden presentar en esta sección son embolamiento de Broca, efecto gumbo, acreción.

6.4.2 Mitigación:

Se utilizará el sistema de lodo Ultradril base aminos como inhibidor para perforar Capas Rojas Superiores con el fin de inhibir la hidratación de las arcillas las cuales pueden producir embolamiento de Broca y BHA.

Con el fin de evitar embolamiento se mantendrá 3% en exceso de ULTRAHIB el cual es una poli amina que sirve como inhibidor de arcillas y 3% de ULTRAFREE el cual es un polímero que sirve como agente antiacreción evitando que los recortes se adhieran al BHA.

6.5. Sección de 12 ¼" x 14 ½"

El intervalo a perforar comprende la formación Capas Rojas Inferiores, compuesta principalmente de arcillas con intercalaciones de Limolitas y areniscas y la formación Charophytes compuesta principalmente de arcillitas y algunas intercalaciones de areniscas.

Para el pozo Kinteroni 1X-ST en esta sección se encontraron valores de esfuerzo a la compresión de la roca entre 2000 y 6000 psi con valores picos de 11000 psi lo cual indica que es una formación blanda estos valores fueron obtenidos del registro Terrascope (El cual muestra los valores de esfuerzos de compresibilidad de la roca), Ver tabla 1.

Este intervalo será perforado manteniendo la tangente de 31.89° de inclinación y 260.06° de Azimut para el Kinteroni – 2 así como 49.77° de inclinación y 154.28° de Azimut para el Kinteroni – 3, ampliando el hueco de $12 \frac{1}{4}$ " a $14 \frac{1}{2}$ " simultáneamente utilizando la herramienta ensanchadora hasta alcanzar la profundidad de "casing" en la base de la formación Capas Rojas Inferiores a 7427 ft para el Kinteroni – 2 y 8784 ft para el Kinteroni – 3.

El objetivo de este hoyo es perforar completamente la formación Capas Rojas Inferiores asentar la lina de $11 \frac{3}{4}$ " a 7427 pies en el caso de Kinteroni-2 y a 8784 pies en el caso de Kinteroni-3 con la finalidad de aislar los problemas del hinchamiento de arcillas y colapso de formación de aquellos que se presenten más adelante como pérdida de circulación y colapso de formación permitiendo así continuar la perforación de una manera segura.

Perforar con ampliador (Hole Opener) de $12 \frac{1}{4}$ " x $14 \frac{1}{2}$ " y Power Drive, incluyendo LWD – MWD la formación Capas Rojas Inferiores, esta fase es donde se perforará una tangente con ángulo constante de 31.89° en el caso del Kinteroni 2 y 49.77° para el caso del Kinteroni 3, con lodo tipo Ultradril de 10.0 a 11.0 ppg y colgar la lina de $11 \frac{3}{4}$ " cuando se llegue a 7427 ft para el Kinteroni 2 y 8784 ft para el Kinteroni 3 o tope de la formación Vivian con un traslape de 400 ft para ambos pozos, cementar 300 ft por encima del colgador hasta 3300 ft en el Kinteroni 2 y 3800 ft para el Kinteroni 3, este brindará integridad a todas las arcillas de las formaciones de Capas Rojas cumpliendo su función de casing protector y servirá de guía y acceso para continuar con la siguiente fase.

6.5.1. Problemas Potenciales:

En esta zona se continua teniendo arcillas reactivas aunque ligeramente menos hidratables que las de la sección mostrando valores de CEC entre 23 y 26 meq/100 gr, sin embargo estas arcillas son más duras que las de la sección de 17 ½" y en pozos inclinados de ángulo entre 30° y 60° la buena limpieza del hoyo es uno de los asuntos más difíciles de lograr, a esto se debe sumar la tendencia a colapsar de la formación Charophytes si no se lo coloca un peso de lodo adecuado para prevenir esto.

6.5.2. Mitigación:

Se utilizará el sistema de lodo Ultradril base aminas como inhibidor para perforar las Capas Rojas Inferiores para esto se limpiará el Ultradril anterior con tal de mantener el MBT (Prueba de Azul Metileno, indica el grado de arcillosidad del lodo) debajo de 10 ppb. Antes de perforar Capas Rojas Inferiores de este tramo es importante el agregado del agente anti-acreción ULTRAFREE™, para evitar embolamiento de la broca, también se controlarán que se mantengan las concentraciones del inhibidor de Arcillas ULTRAHIB™ y del encapsulador de Arcillas ID CAP D. Además antes de bajar Revestidor se dejará un bache con lubricante cubriendo 600 pies lineales.

Se tendrá premezclado 3 lb/bbl del estabilizador de lutitas ASPHASOL SUPREME (Asfalto sulfonado dispersable en agua y parcialmente soluble en agua) y antes de ingresar a Charophytes se adicionará al sistema para ayudar a su estabilidad.

6.6. Sección de 10 5/8" x 12 1/4":

El intervalo a perforar comprende las formaciones: Vivian, compuesta principalmente de areniscas con intercalaciones de arcillas; y Chonta, compuesta principalmente de lutitas y arcillas con intercalaciones de areniscas y calizas en la parte superior y principalmente de lutitas y areniscas con intercalaciones de arcillitas y calizas en la parte inferior, para el pozo Kinteroni 1X-ST se tuvo valores de compresibilidad entre 3000 psi y 7000 psi con picos de 11000 psi en la zona de Vivian, y valores de 7000 psi a 10000 Kpsi, con algunos picos de hasta 32 Kpsi, lo cual indica que la formación es blanda.

El objetivo del hoyo es proporcionar soporte estructural a las formaciones de Vivian y Chonta, asentar el casing en el tope de la formación Upper Nia, esto permite perforar la fase productiva con mayor seguridad, dar protección anular a la tubería de producción.

La sección se perforará con ampliador (Hole Opener) de 10 5/8" x 12 1/4" y Power Drive incluyendo LWD – MWD, las formaciones Vivian y Chonta, esta fase se mantiene en la misma tangente con ángulo de 31.89° para el Kinteroni 2 y 49.77° para el Kinteroni 3, con lodo tipo Ultradril de 11.0 ppg y asentar el casing de 9 5/8" 8225 ft y 9663 ft para el Kinteroni 2 y Kinteroni 3 respectivamente, o tope de la formación Upper Nia, cementar hasta 500 ft arriba del punto neutro del Revestidor de 9 5/8", este brindará integridad a estas zonas de baja y altas presiones como también cumplir la función de casing intermedio.

6.6.1. Problemas Potenciales

En esta sección los principales problemas son las arenas permeables de Vivian y el colapso de las Lutitas frágiles.

Basados en estudios de geomecánica, en la zona de Vivian existe riesgo de fractura, su equivalente de fractura esta alrededor de los 14 ppg, además, por tratarse de arenas permeables existe un alto riesgo de gran pérdida de filtrado y de lodo en caso el tamaño de los agentes Sellantes no sea el adecuado generando grandes revoques debido a que los sólidos del lodo se acumulan en la cara de la formación, esto finalmente se manifestará en problemas de pegado diferencial debido al gran revoque que se genera en esta formación en conjunto con el sobre balance que se tiene cuando se está perforando la formación Chonta, este problema se ha podido confirmar en pozos vecinos.

Igualmente en base a estudios geomecánicos en la formación Chonta existe gran riesgo de colapso de esta formación ya que presenta equivalentes de colapso entre 11.5 ppg y 11.8 ppg alcanzando picos mayores a 12.0 ppg los cuales son mayores a la densidad de 11.0 ppg con la que sea planea perforar esta sección (No se puede aumentar más la densidad del lodo ya que se tiene el riesgo de Fracturar Vivian) ; además estas Lutitas están presurizadas teniendo presiones de Poro de hasta de 10.47 ppg sin embargo con la densidad que se planea perforar no habrá riesgo de algún amago.

6.6.2. Mitigación:

El sistema de lodo a utilizar será el Ultradril tal es así que el lodo recuperado de la fase previa será utilizado en este tramo.

En esta sección se perforará la formación Vivian la cual tiene una permeabilidad alta, por lo que el uso de agentes sellantes como Carbonato de Calcio dolomítico y filtrado bajo son de vital importancia.

En la Formación Chonta, en la que tenemos Lutitas laminadas frágiles, el uso de Gilsonita Líquida "BLACKFURY" y "ASPHASOL SUPREME" asegurarán la estabilidad del pozo, tratando en todo momento de mantener la ECD (Equivalent Circulating Density) por encima de la gradiente equivalente de colapso permitiendo perforar la sección y bajar casing sin problemas.

La pérdida de circulación en Vivian sería inminente en el caso del no uso de agente puentes debido a que la densidad del fluido de perforación en toda la sección se mantendría en 11 ppg para prevenir que al ingresar a la formación Chonta ocurra algún colapso sin embargo este problema de todas maneras se dará debido a que este presenta picos mayores a 12 ppg.

Entonces la solución más simple sería aumentar la densidad por encima de este valor sin embargo los agentes sellantes que se utilizan para la formación Vivian tienen un límite y a valores muy altos de densidad de fluido de perforación existiría una probabilidad muy alta de fracturar la formación Vivian por más que estos sean agregados (generalmente estos incrementan la resistencia a la fractura en 500 psi), es por ello que existe una contraparte en esta decisión, ya que para Vivian se desea tener la densidad lo más bajo posible (con la finalidad de disminuir el riesgo de fractura y de alguna pega) pero que a la vez se desea tener una densidad de fluido que sea capaz de soportar los muy probables colapso de la formación Chonta.

6.7. Sección de 8 ½”:

El intervalo a perforar comprende las formaciones: base de Chonta; Nia, compuesta principalmente por areniscas con intercalaciones de arcillas y en menor porcentaje intercalaciones de calizas, lutitas y limolitas. Formación Shinai, compuesta principalmente de lutitas con intercalaciones de areniscas y chert y en menor medida dolomita y caliza. Formación Noi, compuesta principalmente por areniscas. Formación Ene, compuesta principalmente por areniscas.

El objetivo del hoyo es Permitir corrida de registros, evaluación y producción de las formaciones productivas, este intervalo será perforado dejando caer ángulo desde el zapato del casing 9 5/8” a razón de 0.54°/100 ft y a 1.27°/100 ft para el Kinteroni 2 y Kinteroni 3 respectivamente hasta alcanzar un ángulo de 20° en ambos pozos, en todo momento los azimut serán de 260.06° y 154.28° para los pozos Kinteroni 2 y Kinteroni 3, las profundidades finales estimadas para cada pozo son de 10425.90 ft (Kinteroni 2) y 12005 ft (Kinteroni 3), para esto se utilizará lodo tipo Flo Pro NT de 9.8 ppg (Fluido libre de sólidos el cual minimizará el daño al reservorio, y gran capacidad de acarreo de cortes) y se colgará la lana de 7” cuando se llegue a TD de cada pozo con un traslape de 400 ft sobre el zapato del casing 9 5/8” cementando finalmente 300 ft por encima del colgador hasta 7525 ft (Kinteroni 2) y 8960 ft (Kinteroni 3), este brindará estabilidad al hoyo de producción y servirá para conectar Tubing de producción de 7”.

6.7.1. Problemas Potenciales:

Basados en estudios geomecánicos, se espera tener valores bajos de gradiente equivalente de fractura para Nia-Shinai entre 12.19 y 12.24ppg; y para Noi-Ene entre 12.24 y 12.33 ppg a la vez, como referencia en pozos vecinos se han presentado grandes pérdidas lodo y filtrado en Nia y Noi y en el pozo Kinteroni 1X-ST la sarta de perforación se pegó diferencialmente en Nia.

Respecto al colapso la formación crítica se centra en Shinai donde encontraremos valores de gradiente equivalente de colapso entre 9.5 y 10.3 ppg a simple vista parecería que son muy bajos estos sin embargo se debe tomar en cuenta que la densidad utilizada en esta zona será de **9.8 ppg** a fin de no dañar las formaciones productivas. Esto genera wash out (Hoyo ensanchado por encima del diámetro nominal) y mala calidad de cemento debido a los wash out que se podrían presentar en Shinai.

6.7.2. Mitigación:

En esta sección se necesita un fluido libre de Sólidos DRILL-IN, por lo que se usará el lodo tipo FLO-PRO NT. Experiencias pasadas en diferentes áreas de la selva, incluso en el pozo KINTERONI 1X, este fluido fue usado para perforar arenas productoras con la finalidad de minimizar la pérdida de fluido lo cual conlleva a reducir el daño a la formación.

Debido a que vamos a perforar arenas altamente permeables, se usarán agentes sellantes (Carbonato de calcio dolomítico) y material fibroso; el uso de agentes sellantes debe ser optimizado con el fin de minimizar el riesgo de admisiones y pegado por diferencial por ello se contará con un equipo especial para medir las características del Agente sellante en superficie y reponer el tamaño de partícula que necesite el sistema para optimizar el efecto STRESS CAGE lo cual se refiere a Una Región de alta resistencia (elevada resistencia a la fractura) concéntrica a las paredes del pozo, generada por la presencia del agujero y los sólidos de puenteo asociados al fluido de perforación.

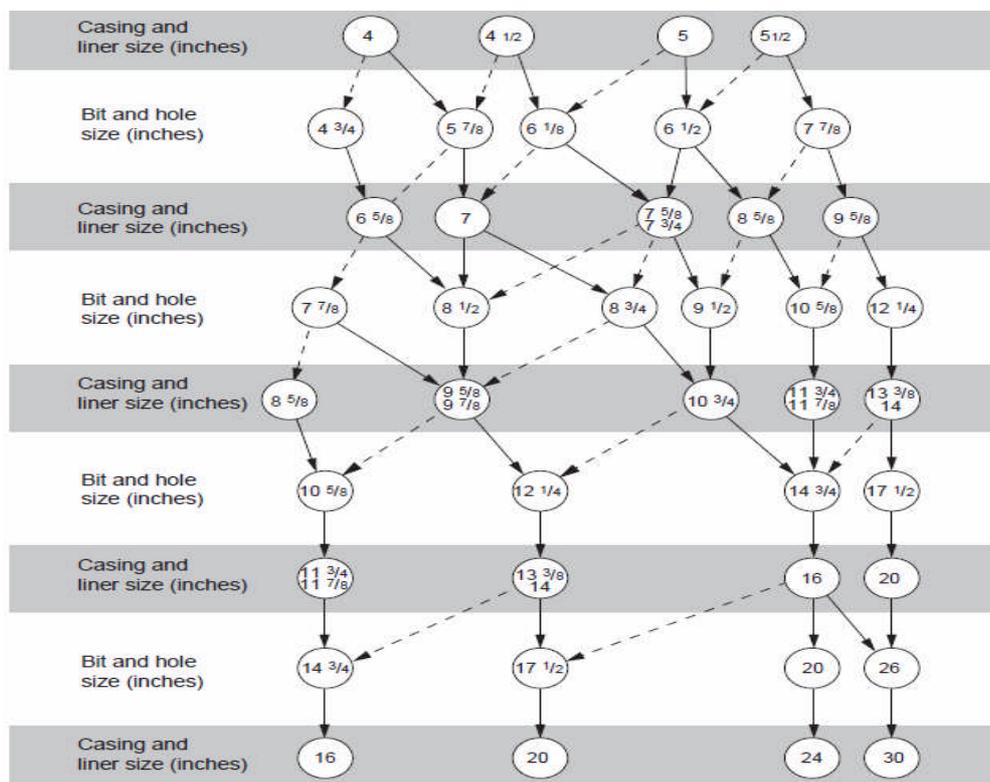
El uso de "Black Fury" (Gilsonita Liquida) para asegurar la estabilidad de las lutitas de Fm Shinai.

7. Diseño de Revestidores Pozos Desarrollo Kinteroni

El diseño de revestidores abarca 3 operaciones distintas: la selección del tamaño de revestidores y profundidades de asentamiento de estos, la definición del escenario a los cuales resultará el Revestidor en cargas de estallido, colapso y axiales, cálculo de la magnitud de estas cargas y la selección del apropiado peso y grado del casing.

7.1. Selección del Diámetro del Revestidor y Profundidad de Asentamiento

El tamaño del Revestidor y la configuración de la sarta son establecidos por el tamaño de la sarta de revestidores más pequeña que será corrida en el pozo. Una vez el Revestidor de menor diámetro es conocido los siguientes diámetros de los casing más grandes son escogidos teniendo como guía la siguiente figura.



El tamaño del Revestidor de menor diámetro es determinado en base a condiciones de operación tales como: El tamaño y configuración de la sarta de completación y de los registros eléctricos a ser corridos a través de los revestidores.

Por otro lado el propósito de la selección apropiada de **la profundidad de asentamiento del Revestidor** es alcanzar la formación objetivo de una forma segura con el número óptimo de revestidores y de sarta de lanas.

La consideración principal es prevenir alguna falla de la formación debajo del zapato del casing y para asegurar que la sección de hoyo abierto permanecerá intacta para todas las condiciones de cargas.

La selección de **la profundidad de asentamiento del Revestidor** está basada en la presión de poro estimada y los perfiles de gradiente de fractura. Se debe tener en cuenta que la información de pozos vecinos haya tenido en consideración la estimación de gradiente de presión de poro y de fractura incluyendo reducción de la Fuerza de fractura debido al ángulo del hoyo. Para el caso de los pozos Kinteroni 2 y Kinteroni 3 escogeremos las profundidades de Asentamiento de estos basados en Pozos Vecinos pero siempre verificando que estos puntos de asentamiento se encuentren a profundidades en las que no tengamos problemas con algún tipo de influjo ni con alguna fractura que se pueda dar.

7.2. Definición de Cargas y selección de Escenarios operacionales

Las cargas a las cuales el Revestidor será sometido durante la vida del pozo dependerán de las operaciones que se lleven a cabo como la bajada del Revestidor, perforar el hoyo posterior y durante la vida productiva del pozo.

Estas operaciones producen cargas radiales que pueden generar fallas por estallido o colapso del Revestidor y cargas axiales las cuales pueden hacer fallar por tensión o compresión al Revestidor. Debido a que las operaciones que serán llevadas a cabo son distintas para cada Revestidor, las cargas que se soporten serán específicas para una sarta en particular; por ello la definición de los escenarios operacionales a ser considerados es uno de los pasos más importantes en el proceso del diseño de revestidores.

7.2.1. Cargas en el Estallido:

Se dice que un revestidor es afectado por el estallido siempre y cuando la presión o la carga interna superan a la presión o carga externa.

La presión o carga interna (P_i) en el estallido para el Revestidor está dada por la presión en superficie más la presión hidrostática del fluido que se encuentre dentro del Revestidor. Esta carga puede ser planeada como el caso de una prueba de presión de Revestidor o no planeada como en el caso de un amago o alguna fuga en el tubing.

La presión o carga externa (P_e) en el estallido depende del fluido en la parte externa del Revestidor. La suposición para el cálculo del perfil de la presión o carga externa puede variar dependiendo del escenario escogido que podrías ser un Amago, prueba de presión del casing, Fuga en el tubing, etc. Esta carga externa puede ser la hidrostática del fluido de perforación, del fluido base del lodo, del fluido base del cemento e incluso la presión de poro.

La carga en el estallido a una determinada profundidad es definida como:

$$P_{\text{estallido}} = P_i - P_e$$

Los escenarios que pueden generar el estallido del Revestidor pueden ser divididas en escenarios para los revestidores de perforación y de producción, entendiéndose por los de perforación aquellos que se verán afectados únicamente durante la perforación del pozo mientras que los de producción se verán afectados durante la vida productiva de este y trabajos futuros que se le realicen.

ESCENARIOS CON POTENCIALIDAD DE ESTALLIDO DURANTE LA PERFORACIÓN:

Existen varios tipos de escenario para generar estallido durante la perforación estos son los principales:

- Desplazamiento por Gas.
- Fractura en el zapato con un tercio de la presión de fondo en superficie
- Fractura en el zapato con la gradiente de gas arriba.
- Perfil de amago de gas
- Prueba de presión al cemento inmaduro o no fraguado
- Pérdida de retornos con agua.
- Prueba de Presión del Revestidor
- Perforando la sección posterior.

Desplazamiento por Gas: Este escenario se refiere al desplazamiento del fluido de perforación en el casing por el gas, esto es crítico en el hipotético caso de que todo el casing quede lleno únicamente de gas.

Fractura en el zapato con 1/3 de la presión de fondo en superficie:

Este escenario se refiere al cierre del pozo, luego de un amago, donde la presión de fractura de la formación en el zapato del Revestidor por encima del intervalo abierto en el cual se da el amago es excedida. La presión en superficie se asume 1/3 de la presión de poro a la profundidad total.

Fractura en el zapato con la gradiente de gas arriba: Este escenario se refiere al cierre del pozo, luego de un amago, donde la presión de fractura

de la formación en el zapato del Revestidor por encima del intervalo abierto en el cual se da el amago es excedida y el fluido de perforación es completamente desplazado.

Es el escenario más crítico para la lana protectora y Revestidor de superficie; a simple vista se parece al de **desplazamiento por gas** sin embargo en este último no necesariamente todo el fluido de perforación es desplazado por el gas y mucho menos se tiene a la presión de fractura del zapato del casing anterior del intervalo abierto como limitante.

Perfil de Amago de Gas: Este escenario simula la máxima presión interna durante la circulación de un amago de gas a superficie. Este escenario de un amago limitado en el estallido es menos conservador que el **desplazamiento por gas** ya que este último asume que el casing queda completamente lleno de gas, pero de todas maneras vale la pena mencionarlo ya que sería lo más lógico y real que ocurra esto a un desplazamiento total del fluido de perforación por parte del gas.

Prueba de presión al cemento inmaduro o no fraguado: Este escenario se refiere a una prueba de presión interna inmediatamente después haber sentado tapón de desplazamiento en una cementación de una sola etapa, esta prueba se realiza con la finalidad de verificar si el cemento aguantará presión.

Pérdida de Retornos con agua: Este escenario se refiere a una condición de pérdida parcial o total del control de pozo, generando un evento de amago y la consecuente pérdida de circulación en el zapato del Revestidor que se encuentra por encima del intervalo abierto, entonces en un intento para evitar que la hidrostática siga reduciéndose se opta por bombear agua entre el Revestidor y la tubería de perforación, ya que se podría establecer una condición de fractura en el zapato y de gas hasta superficie, manteniendo el nivel de fluido lo más elevado posible en el anular.

Prueba de Presión del Revestidor: Este escenario se refiere a aplicar una presión en el cabezal de tal forma que el perfil de presiones interna viene dado por esta presión, la hidrostática basada en la densidad del fluido de perforación y la profundidad del tapón de asentamiento. Generalmente esta presión se realiza de tal forma que la máxima presión alcanzada no supere el 80% de la presión de estallido.

ESCENARIOS CON POTENCIALIDAD DE ESTALLIDO EN LA PRODUCCIÓN:

Existen varios tipos de escenario para generar estallido durante la vida productiva del pozo estos son los principales:

- Migración de Gas
- Inyección en el Revestidor
- Fuga en superficie por estimulación
- Fuga en el tubería de producción (Tubing)

Migración de Gas: Este escenario se refiere al efecto de una bolsa de gas la cual migra hacia arriba en el anular entre el Revestidor de producción y los otros revestidores. El gas no se expande a medida que sube, a menos que se fracture en el zapato del Revestidor, de tal forma que la burbuja de gas conserva su volumen y su presión a medida que migra.

Inyección en el Revestidor: Este escenario se refiere al perfil de presión interna resultante de una operación de inyección en el casing. Los efectos de pérdida de presión por fricción son ignorados.

Fuga en Superficie por estimulación: Este escenario se refiere a una fuga en la tubing cerca del cabezal durante una inyección simulando una presión de inyección aplicada al anular entre este tubing y el Revestidor que continúe.

Fuga en la tubería de producción (Tubing): Este escenario se refiere al caso en el cual ocurre una fuga en el tubing y el pozo es cerrado, por

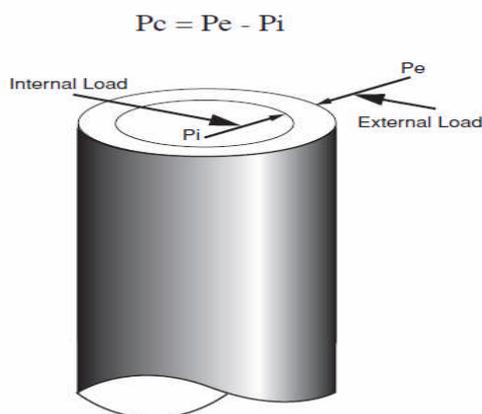
consiguiente el perfil de presión interna será la presión de cierre más la hidrostática generada por el fluido de empaquetamiento hasta el zapato del Revestidor. Se asume hasta el zapato del Revestidor a pesar de que físicamente la carga termina a la profundidad del empaque.

7.2.2. Cargas en el colapso:

Se dice que un revestidor es afectado por el fenómeno de colapso siempre y cuando la presión o la carga externa superan a la presión o carga interna, esto no quiere decir que el casing colapse ya que para que esto suceda la diferencia entre estas presiones o cargas externas e internas deben superar a la resistencia al colapso del material; por lo tanto no es necesario que el revestidor colapse para que el fenómeno de colapso exista. El escenario más crítico para el colapso ocurre cuando el revestidor es completamente evacuado es decir que queda vacío después de haber perdido todo el fluido de perforación.

La presión o carga externa (P_e) en el colapso para el Revestidor está dada por la hidrostática del fluido tales como el cemento o el lodo y también puede ser dada por la presión de poro.

La presión o carga interna (P_i) en el colapso depende del fluido o la falta de fluido en el interior del Revestidor.



La presión o carga externa equivalente resultante de la presión externa y de la presión interna está determinada por el factor de corrección geométrico $(1 - 2t/OD)$.

$$P_{\text{colapso}} = P_e - P_i \left(1 - \frac{2t}{OD} \right)$$

Los escenarios que pueden generar el colapso del Revestidor pueden ser divididos en escenarios para los revestidores de perforación y de producción, entendiéndose por los de perforación aquellos que se verán afectados únicamente durante la perforación del pozo mientras que los de producción se verán afectados durante la vida productiva de este y trabajos futuros que se le realicen.

ESCENARIOS CON POTENCIALIDAD DE COLAPSO DURANTE LA PERFORACIÓN:

Existen varios tipos de escenario que pueden generar colapso durante la perforación del pozo, entre los cuales se encuentran:

- Cementando
- Evacuación Parcial/Total
- Pérdida de Retorno con caída del nivel del lodo.

Cementando: El perfil de la presión externa para este caso de carga durante la perforación modela presión diferencial debido a que la densidad de las lechadas de relleno y de cola son muy altas en la parte externa del revestidor desde el Tope de Cemento al zapato, inmediatamente después de que el cemento es desplazado.

Evacuación Parcial/Total: Este escenario modela la evacuación del revestidor debido a pérdida de circulación o durante perforación con aire.

El perfil de la presión interna es determinada de una densidad de lodo y un nivel de estos seleccionados.

Pérdida de Retorno con caída del nivel del lodo: Este escenario modela una evacuación del revestidor debido a una pérdida de circulación. El perfil de presión interna corresponde a una caída de lodo que puede ocurrir cuando se está perforando las nuevas formaciones. Esta caída de lodo es calculada asumiendo la columna hidrostática de lodo en el hoyo que equilibra la presión de poro a una determinada profundidad.

ESCENARIOS CON POTENCIALIDAD DE COLAPSO EN LA PRODUCCIÓN:

Existen varios tipos de escenario para generar colapso durante la vida productiva del pozo estos son los principales:

- Migración de Gas
- Evacuación Total
- Encima/Debajo del Packer

Migración de Gas: Este escenario modela una burbuja de gas que migra hacia superficie en el anular por detrás del revestidor de producción. Debido a que la burbuja no se expande a menos que la presión de fractura sea excedida, la presión y el volumen de la burbuja no cambian mientras migra.

La migración de gas es normalmente causada por la alguna canalización durante la cementación entre el revestidor de producción y el reservorio permeable. El perfil de presión interna es basado en la densidad del fluido packer. El perfil de presión externa corresponde a la presión de reservorio aplicada en el colgador del revestidor incrementando la presión hidrostática del fluido anular, pero limitado a la presión de fractura del revestidor previo.

Evacuación Total: Este escenario modela la evacuación total del revestidor debido a la pérdida total del fluido packer en la formación. La presión interna corresponde a una columna de aire cuyo perfil de densidad es calculado con un factor de compresibilidad que depende la temperatura y de la presión.

Encima/Debajo del Packer: Este escenario modela la combinación de las presiones internas por encima y por debajo del packer que puede ocurrir en operaciones distintas. La evacuación total encima del packer no se dará ya que el anular no está en comunicación con los perforados. Sin embargo durante una operación de completación el fluido packer está expuesto a la zona reservorio y una caída de fluido en este puede darse. Entonces el peor caso es que ocurra una evacuación parcial encima del packer y una evacuación total debajo de este.

7.2.3. Cargas Axiales:

Las cargas axiales se refieren cuando el revestidor se encuentra en tensión o compresión, siendo los escenarios típicos de falla por cargas axiales el overpull cuando se está corriendo el revestidor y cuando el tapón golpea al realizarse la cementación. Otras cargas que pueden generar falla por tensión son:

- Prueba de Presión del Cemento no fraguado
- Cargas de Servicio

Overpull: Se refiere a la fuerza adicional al peso de la sarta en lodo que se puede jalar en caso el revestidor se quede pegado cuando se está corriendo el revestidor.

Golpe de Tapón: Esta tensión es generada cuando el tapón golpea o se sienta en el landing collar y se le aplica una presión diferencial entre 500 a 1000 psi para asegurar el asentamiento de este.

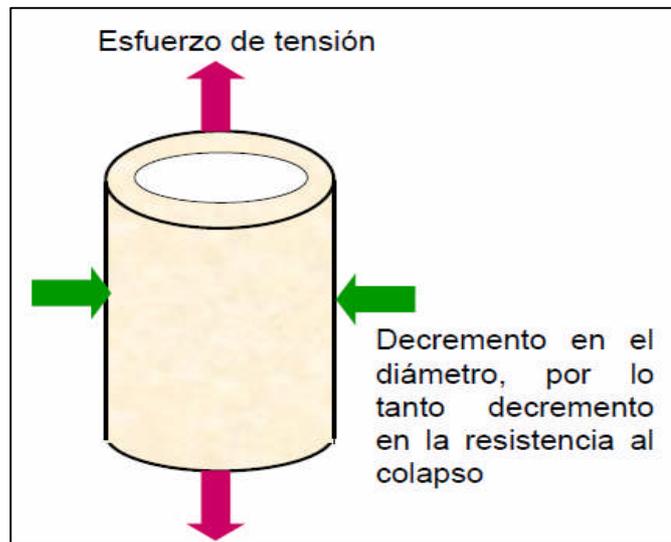
Prueba de Presión del Cemento no fraguado: Este escenario modela una prueba de presión interna inmediatamente después que el tapón golpea al landing collar durante una cementación.

Cargas de Servicio: Este escenario modela cargas axiales generadas por cargas de colapso o estallido durante la perforación o producción que ocurre luego de que la sarta de revestidores es cementada o la sarta de tubería de producción es instalada

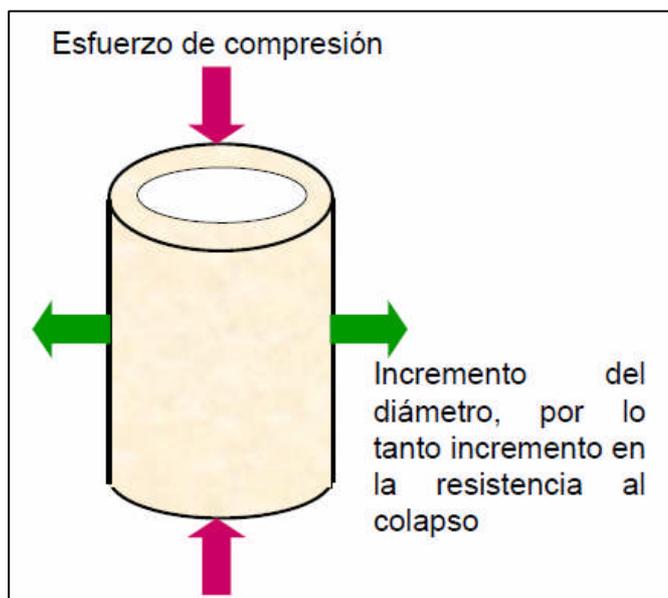
7.2.4. Cargas Biaxiales:

Las propiedades Mecánicas de los revestidores sufren un cambio cuando estos son sometidos a esfuerzos biaxiales. Los esfuerzos biaxiales son la combinación de un esfuerzo o carga axial con un esfuerzo radial (carga o presión externa y carga o presión interna).

Cuando el revestidor se encuentra en tensión la resistencia mecánica del revestidor se reduce para el Colapso sin embargo se aumenta para el estallido, esto debido a que al tensionarse el diámetro del revestidor disminuye y por lo tanto tiende a colapsarse con mayor facilidad ocurriendo el efecto inverso para el estallido.

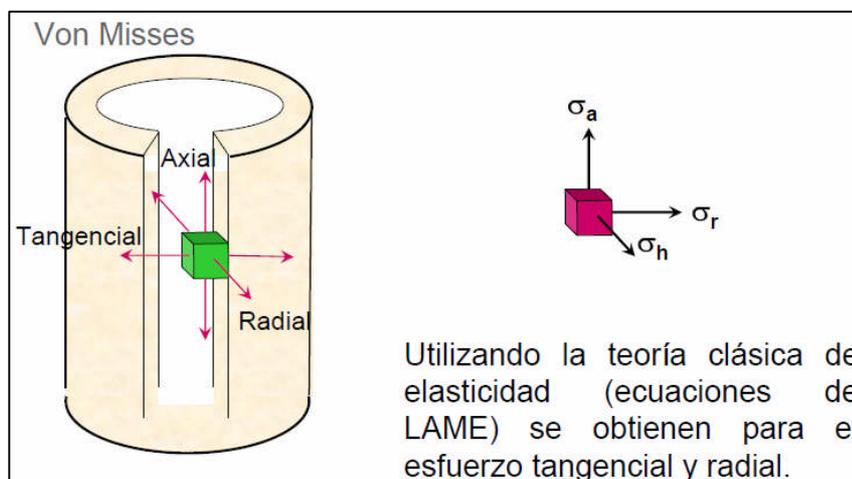


Quando el revestidor se encuentra en compresión la resistencia mecánica del revestidor se reduce para el Estallido sin embargo se aumenta para el colapso, esto debido a que al comprimirse el revestidor el diámetro de este aumenta ya que cualquier material al sentir la compresión tiende a ensancharse y por lo tanto tiende a estallar con mayor facilidad ocurriendo el efecto inverso para el colapso .



7.2.5. Cargas Triaxiales:

En realidad, Las cargas axiales y radiales actúan simultáneamente en los revestidores y estas varían con la profundidad. La verdadera carga axial es una combinación de la tensión o compresión con el esfuerzo de flexión. Los esfuerzos radiales y tangenciales son obtenidos de las ecuaciones de Lamé. Estos 3 esfuerzos axiales, radiales y tangenciales son los principales entonces con la finalidad de combinar estos 3 esfuerzos en un solo esfuerzo equivalente apareció lo que se llama el esfuerzo "Von Mises Equivalent (VME)".



El criterio de falla de Von Mises es una ecuación que predice el punto de Cedencia en una pieza de tubular sujeto a una condición de carga Triaxial. El esfuerzo Triaxial es estimado usando la ecuación VME para encontrar un esfuerzo equivalente uni-axial, también llamado esfuerzo VME. Von Mises se basó en la teoría de la mínima energía distorsionada para establecer que un material dúctil bajo condiciones de cargas triaxiales empezará a fallar o ceder cuando el esfuerzo VME iguale al punto de Cedencia del material; este criterio fue luego verificado experimentalmente y se mostró que esta ecuación predice con bastante precisión el inicio de la Cedencia de los materiales, desde entonces es aplicado este criterio para cargas triaxiales.

Ecuación de Von Mises:

$$\sigma_{VME} = \sqrt{\sigma_{axial}^2 + \sigma_{hoop}^2 + \sigma_{radial}^2 - \sigma_{axial}\sigma_{hoop} - \sigma_{axial}\sigma_{radial} - \sigma_{radial}\sigma_{hoop} + 3(\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2)}$$

Donde:

$$\sigma_{axial} = \frac{T_{Real}}{\pi(r_o^2 - r_i^2)} \pm \sigma_b$$

T_{Real} Tensión Real

σ_b Esfuerzo de flexión debido al pandeo o patas de perro.

$$\sigma_{hoop} = -\left[\frac{r_i^2 r_o^2 (P_o - P_i)}{(r_o^2 - r_i^2)}\right] \frac{1}{r^2} + \left[\frac{(P_i r_i^2 - P_o r_o^2)}{(r_o^2 - r_i^2)}\right]$$

De la ecuación de Lamé

$$\sigma_{radial} = \left[\frac{r_i^2 r_o^2 (P_o - P_i)}{(r_o^2 - r_i^2)}\right] \frac{1}{r^2} + \left[\frac{(P_i r_i^2 - P_o r_o^2)}{(r_o^2 - r_i^2)}\right]$$

De la ecuación de Lamé

r_i radio interno

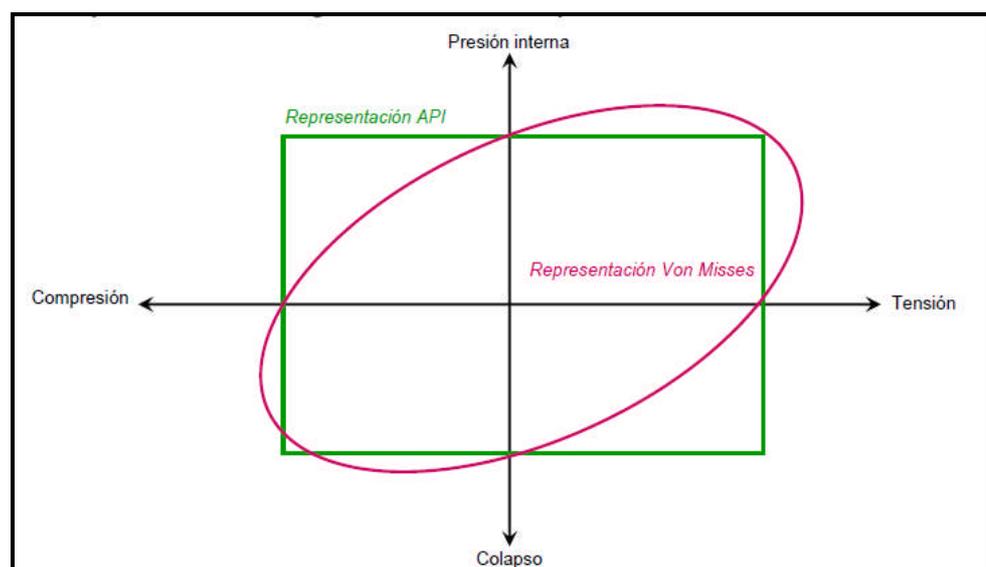
r_o radio externo

P_i presión interna

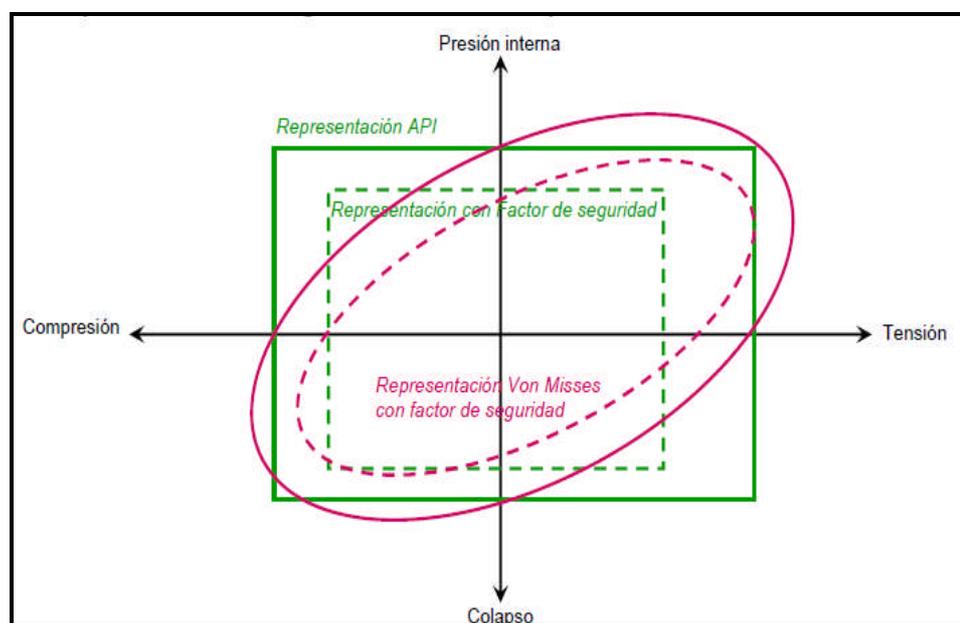
P_o presión externa

τ_1, τ_2, τ_3 esfuerzos de corte, usualmente se asume cero para diseño de revestidores

A partir de esta ecuación se conoce la conocida Elipse de Von Mises:



El Rectángulo verde representa la resistencia del tubular a las distintas cargas radiales y axiales si estas se dieran independientes de las otras; la representación Von Mises indica la resistencia del Tubular cuando se dan estas a la vez. Finalmente la grafica con los factores de diseño quedaría de la siguiente forma, quedando la elipse de Von Mises reducida para el diseño:



7.3. Selección de Grado y peso adecuado

La selección de Grado y peso adecuado se dará con la finalidad de brindar integridad al pozo asegurándose de que los revestidores sean capaces de soportar los distintos esfuerzos a los que estarán sometidos, para esto se utilizó el software de Landmark "StressCheck" y se calcularon los esfuerzos sobre estos y los revestidores que son capaces de cumplir con los mínimos factores de diseño; el peso adecuado es también seleccionado basado en el ID y sobre todo en el Drift el cual nos asegura pasar una broca de cierto diámetro.

7.4. Factores de Diseño de Repsol

Previo al diseño de revestidores, se mencionará los que según normativa de Repsol son considerados los factores de diseño para los revestidores y por lo tanto deben aplicarse para el diseño de revestidores en los pozos de Kinteroni.

Los factores de diseño para los revestidores son los siguientes:

- Factor de diseño Estallido: 1.1

- Factor de diseño Colapso: 1.0

- Factor de diseño Axial: 1.6

- Factor de diseño Compresión: 1.0

- Factor de diseño Triaxial: 1.25

7.5. Diseño de Revestidor para sección de 24”

Este primer Revestidor es conocido como conductora y es la primera sarta de revestidores en ser bajada, y por lo tanto la de mayor diámetro.

Su función principal es proteger formaciones no consolidadas a profundidades someras las cuales podrían ser lavadas con la propia circulación del fluido de perforación.

En los pozos Kinteroni 2 y 3 su objetivo será dar integridad al hoyo superficial con el fin de poder continuar la perforación a la vez que se busca proteger a los acuíferos superficiales, con este revestidor se cubrirá una parte de la formación Capas Rojas Superiores.

7.5.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento

Debido a que se espera que el pozo sea realizado en 5 secciones siendo la de la zona productiva una de 8 ½" que será posteriormente revestida con una lina de producción de 7" en el caso todo vaya conforme lo esperado o en 6 secciones con una sección 6.125" para la zona productiva que será revestida con una lina de producción de 5" en caso se tenga algún problema y alguno de los revestidores deba ser sentado anticipadamente, se decidió que el primer revestidor a ser corrido tenga **un diámetro de 20"** para que nos garantice el margen suficiente para poder realizar hasta 5 secciones por debajo de esta (Esto es gracias a los ensanchadores que se piensan utilizar).

Este tamaño de revestidor nos permitirá tener pasar la broca de 17 ½" de la sección posterior a esta y continuar la perforación sin inconvenientes.

La profundidad de asentamiento de este revestidor es de 500 ft ya que se espera darle mayor integridad al pozo cementándolo hasta superficie y a la vez profundizando lo máximo que se pueda para reducirle el intervalo a perforar a la siguiente sección, como referencia el pozo Kinteroni 1X se sentó a una profundidad de 300 ft sin problemas es por ello que en este se pide profundizarle 200 ft adicionales al observarse que la densidad de fluido de perforación te lo permite.

7.5.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos

Los escenarios Críticos para este tipo de revestidor fueron:

- Colapso : Evacuación Total
- Estallido: Pérdida de Retorno Con agua
- Axial: Overpull
- Triaxial: Evacuación Total

7.5.3. Factores de Seguridad

Con la finalidad de cumplir con los mínimos factores de diseño establecidos por la compañía el tipo de revestidor escogido fue el siguiente:

PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	20.000 in.	Nominal Weight	94.00 lbs/ft	Standard Drift Diameter	18.937 in.
Nominal ID	19.124 in.	Wall Thickness	0.438 in.	Special Drift Diameter	N/A
Plain End Weight	91.59 lbs/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	1480 x 1000 lbs	Internal Yield	2110 psi	Collapse	520 psi

ER™ CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Regular OD	21.000 in.	Special Clearance OD	N/A in.	Connection ID	19.177 in.
Critical Section Area	41.515 sq. in.	Critical Section Area (Special Clearance)	N/A sq. in.	Make-Up Loss	4.232 in.
Threads per in.	3.00	Coupling Length	9.646 in.		
PERFORMANCE					
Regular OD Tension Efficiency	100 %	Joint Yield Strength	1480 x 1000 lbs	Internal Yield	2110 psi
Compression Efficiency	100 %	Compression Rating	1480 x 1000 lbs	Collapse	520 psi
Special Clearance Tension Efficiency	N/A %	Bending	13 °/100 ft		
MAKE-UP TORQUES					
Minimum	12030 ft-lbs	Target	13000 ft-lbs	Maximum	13980 ft-lbs
Yield Torque	N/A ft-lbs				
BLANKING DIMENSIONS					
Blanking Dimensions					

Se escogió un revestidor de 20", 94 lb/ft, K-55, TER (Tenaris Easy Running); el diámetro de 20" y el peso nominal de 94 lb/ft (ID: 19.124", Drift: 18.937") nos permite asegurar el paso de una broca de 17 ½" para perforar la siguiente sección.

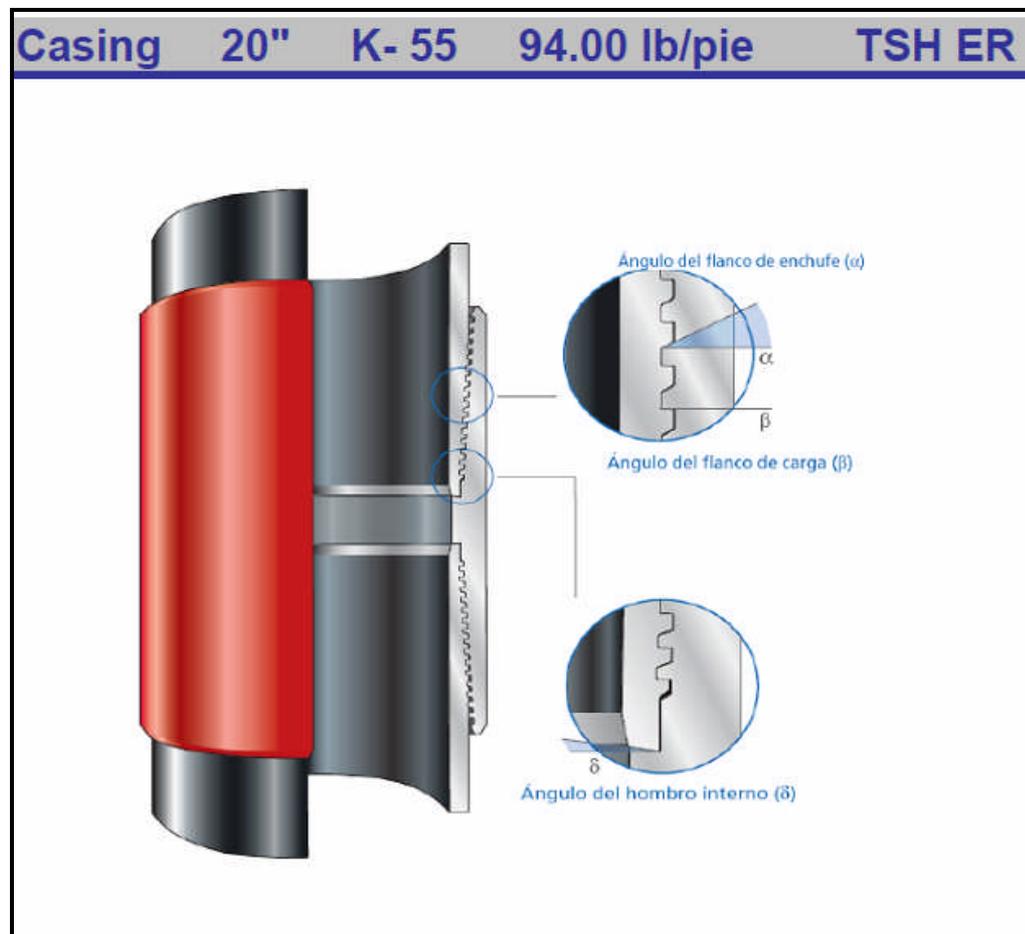
El grado K-55, indica que el mínimo esfuerzo de Cedencia para el revestidor es de 55000 psi, la letra K es para diferenciar la composición química que debe tener este revestidor según el API, para este caso el revestidor debe tener como máximo en su composición 0.030% de fósforo y 0.030% de Azufre.

La siguiente tabla muestra los requerimientos de composición química para los distintos grados de revestidores según el API:

0	1	2	3		4		5		6		7	8	9	10	11	
			min	max	min	max	min	max	min	max						max
Group	Grade	Type	Carbon		Manganese		Molybdenum		Chromium		Nickel	Copper	Phosphorous	Sulfur	Silicon	
			min	max	min	max	min	max	min	max	max	max	max	max	max	
1	H-40												0.030	0.030		
	J-55												0.030	0.030		
	K-55												0.030	0.030		
	N-80												0.030	0.030		
2	C-75	1		0.50		1.90	0.15	0.40	¹	¹	¹	¹	0.030	0.030	0.45	
	C-75	2		0.43		1.50							0.030	0.030	0.45	
	C-75	3	0.38	0.48	0.75	1.00	0.15	0.25	0.80	1.10			0.030	0.030		
	C-75	9Cr		0.15	0.30	0.60	0.90	1.10	8.00	10.0	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00	
	C-75	13Cr	0.15	0.22	0.25	1.00			12.0	14.0	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00	
	L-80	1		0.43 ²		1.90					0.25	0.35	0.030	0.030	0.45	
	L-80	9Cr		0.15	0.30	0.60	0.90	1.10	8.00	10.0	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00	
	L-80	13Cr	0.15	0.22	0.25	1.00			12.0	14.0	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00	
	C-90	1		0.35		1.00		0.75		1.20	0.99			0.020	0.010	
	C-90	2		0.50		1.90		NL		NL	0.99			0.030	0.010	
	C-95			0.45 ³		1.90								0.030	0.030	0.45
	T-95	1		0.35		1.20	0.25 ⁴	0.85	0.40	1.50	0.99			0.020	0.010	
T-95	2		0.50		1.90					0.99			0.030	0.010		
3	P-105												0.030	0.030		
	P-110												0.030	0.030		
4	Q-125	1		0.35		1.00		0.75		1.20	0.99		0.020	0.010		
	Q-125	2		0.35		1.00		NL		NL	0.99		0.020	0.020		
	Q-125	3		0.50		1.90		NL		NL	0.99		0.030	0.010		
	Q-125	4		0.50		1.90		NL		NL	0.99		0.030	0.020		

¹For Grade C-75, Type 1, Chromium, nickel and copper combined shall not exceed 0.50%.
²The carbon content for L-80 may be increased to 0.50% max. if the product is oil quenched.
³The carbon content for C-95 may be increased to 0.50% max. if the product is oil quenched.
⁴The molybdenum content for Grade T-95, Type 1 may be decreased to 0.15% minimum if the wall thickness is less than 0.700 inch.
NL = No limit. Elements shown must be reported in product analysis.

La conexión TER (Tenaris Easy Running) se escogió ya que ofrece un alto rendimiento debido a su facilidad para el enrosque y apriete los cual en estos tamaño de revestidores se torna crítico. La conexión TER es mostrada en la siguiente figura:



Las especificaciones anteriormente mencionadas en conjunto con el grado K-55 del revestidor nos asegura suficiente resistencia al estallido (2110 psi), al colapso (520 psi) y a la tensión (1480 Klbs) cumpliendo los factores mínimos de diseño establecidos arriba. Los factores de seguridad fueron los siguientes:

- Colapso : 2.31 (Evacuación Total)
- Estallido: 15.07 (Pérdida de Retorno Con agua)
- Axial: 10.49 (Overpull)
- Triaxial: 8.73 (Evacuación Total)

7.6. Diseño de Revestidor para sección de 17 1/2”

Este segundo Revestidor es conocido como superficial, su función principal es recubrir la primera sección, aislar la zona superficial que continua a este, brindar soporte estructural al hoyo y servir de soporte para la instalación del BOP.

En los pozos Kinteroni 2 y 3 este revestidor cubrirá completamente la formación Capas Rojas Superiores y parte de la formación Capas Rojas inferiores permitiendo continuar con la perforación de la siguiente sección en forma segura.

7.6.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento

El diámetro del revestidor, basándonos en las secciones que deben ser perforadas, posteriormente será de 13 3/8”. Este tamaño nos garantiza el poder realizar hasta 4 secciones adicionales, en caso de recurrir a la contingencia planeada, debajo de este (Esto es gracias a los ensanchadores a utilizar).

La profundidad de asentamiento de este revestidor es de 4000 ft (Kinteroni 2) y de 4500 ft (Kinteroni 3) estas profundidades fueron elegidas ya que se decidió cubrir la formación de Capas Rojas Inferiores con dos tamaños de revestidores esto a fin de minimizar riesgos de perder la sección.

Esto se justifica teniendo en cuenta que la profundidad estimada de la base de la formación capas rojas inferiores es de 7427 ft (Kinteroni 2) y 8784 ft (Kinteroni 3) , entonces si se quisiera perforar hasta la base de la formaciones de Capas Rojas inferiores en una sola sección se debería perforar un total de 6927 ft para el Kinteroni 2 y un total de 8284 ft para el

Kinteroni 3 sin embargo esto significaría perforar arcillas que son muy hidratables y tratándose de secciones desviadas con ángulos de 31.89° (Kinteroni 2) Y 49.77° (Kinteroni 3) existirá mucho riesgo de pega de Tubería siendo en algunos casos la única solución realizar un sidetrack; es por ello que en el caso del Kinteroni 2 los 6927 ft se repartieron en 3500 ft para esta sección y 3427 ft para la sección posterior teniendo el punto de asentamiento de este revestidor a 4000 ft.

En el caso del Kinteroni 3 se repartirán los 8284 ft en 4000 ft para esta sección y 4284 para la subsiguiente teniendo finalmente el punto de asentamiento del revestidor a 4500 ft.

7.6.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos

Los escenarios Críticos para este tipo de revestidor fueron:

- Colapso : Evacuación Total
- Estallido: Prueba de Presión
- Axial: Prueba de Presión
- Triaxial: Prueba de Presión

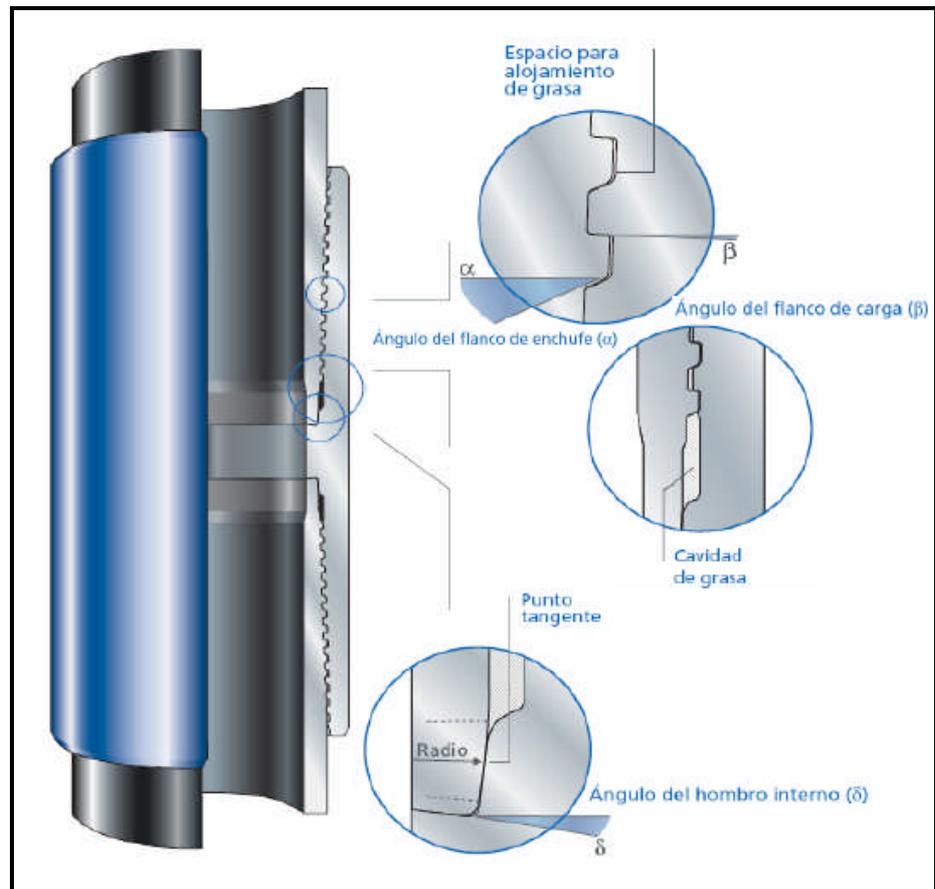
7.6.3. Factores de Seguridad

 Data Sheet					
TH DS-10.168 04 May 10 Rev 00					
13 3/8" 68.00 ppf 110 ksi - TenarisHydril Blue™ Dopeless® CUSTOMER: REPSOL PERU (USC Units)					
					
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	13.375 in.	Nominal Weight	68.00 lbs/ft	Standard Drift Diameter	12.259 in.
Nominal ID	12.415 in.	Wall Thickness	0.480 in.	Special Drift Diameter	-
Plain End Weight	66.17 lbs/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	2139 x 1000 lbs	Internal Yield	6910 psi	Collapse	2340 psi
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Regular OD	14.252 in.	Special Clearance OD	13.976 in.	Connection ID	12.371 in.
Critical Area (Regular)	22.664 sq. in.	Critical Area (Special Clearance)	16.556 sq. in.	Make-Up Loss	5.719 in.
Threads per in.	4	Coupling Length	13.031 in.		
PERFORMANCE					
Coupling Regular OD Tension Eff.	116.6 %	Joint Yield Strength	2139 x 1000 lbs	Internal Yield	6910 psi
Compression Efficiency	100.0 %	Compression Rating	2139 x 1000 lbs	Collapse	2340 psi
Special Clearance Efficiency	85.0 %	Bending	38 °/100 ft		
MAKE-UP TORQUES ⁽¹⁾					
Minimum	45840 ft.lb	Target	50930 ft.lb	Maximum	56020 ft.lb
<p>The present Data Sheet is applicable for all API and proprietary steels grades with SMYS equal to 110 ksi (i.e. C110, P110, TN 110 SS, TN 110 Cr3, TN 110 LT, TN 110 Cr13M, TN 110 Cr13S). It does not apply for anisotropic materials nor high collapse steel grades.</p> <p>(1) Torque values may be further reviewed. Please contact us at licensees@oilfield.tenaris.com</p>					

Se escogió un revestidor de 13 3/8", 68 lb/ft, P-110, TB (Tenaris Blue); el diámetro de 13 3/8" y el peso nominal de 68 lb/ft (ID: 12.415", Drift: 12.259") nos permite asegurar el paso de una broca de 12 1/4" para perforar la siguiente sección.

El grado P-110, indica que el mínimo esfuerzo de Cedencia para el revestidor es de 110000 psi, la letra P es para diferenciar la composición química que debe tener este revestidor según el API, para este caso el revestidor debe tener como máximo en su composición 0.030% de fósforo y 0.030% de Azufre.

La conexión (Tenaris Blue) se escogió ya que ofrece un alto rendimiento debido a su facilidad para el enrosque y apriete, resistencia a altos torques, y además es Dopeless es decir no necesita grasa para ser enroscada lo cual disminuye en cierto modo el utilizar esta grasa disminuyendo con eso la contaminación que en estas locaciones se torna crítica.



Las especificaciones anteriormente mencionadas en conjunto con el grado P-110 del revestidor nos asegura suficiente resistencia al estallido (6910 psi), al colapso (2340 psi) y a la tensión (1604 Klbs) cumpliendo los factores mínimos de diseño establecidos arriba. Los factores de seguridad fueron los siguientes:

- Colapso : 1.29 (Evacuación Total)
- Estallido: 1.88 (Prueba de Presión)
- Axial: 4.92 (Prueba de Presión, carga de servicios)
- Triaxial: 2.00 (Prueba de Presión)

7.7. Diseño de Revestidor para sección de 12 ¼" x 14 ½"

Esta sección será cubierta con la lina protectora de 11 ¾", su función principal es aislar los problemas más críticos del pozo, es decir separar los problemas potenciales de las Capas Rojas Inferiores de los problemas potenciales de la sección posterior en la cual se encuentran las formaciones Vivian y Chonta.

En los pozos Kinteroni 2 y 3 este revestidor cubrirá completamente la formación Capas Rojas Inferiores.

7.7.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento

El diámetro del revestidor, basándonos en las secciones que deben ser perforadas posteriormente, será de 11 ¾". Este tamaño garantiza el poder realizar hasta 3 secciones adicionales, en caso de recurrir a la contingencia planeada, debajo de este (Esto es gracias a los ensanchadores a utilizar).

La profundidad de asentamiento de este revestidor es en la base de las Capas Rojas inferiores a 7427 ft (Kinteroni 2) y a 8784 ft (Kinteroni 3), con esto se logrará cubrir completamente **las capas Rojas Inferiores y perforar Vivian y Chonta de forma segura.**

7.7.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos

Los escenarios Críticos para este tipo de revestidor fueron:

- Colapso : Evacuación Total
- Estallido: Prueba de Presión
- Axial: Pérdida de Retorno con Agua
- Triaxial: Evacuación Total

7.7.3. Factores de Seguridad

N-80:

		Data Sheet			
		TH DS-10.164 04 May 10 Rev 00			
11 3/4" 65.00 ppf 80 ksi - TenarisHydril Blue Near Flush™ Dopeless® CUSTOMER: REPSOL PERU (USC Units)					
					
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	11.750 in.	Nominal Weight	65.00 lbs/ft	Standard Drift Diameter	10.526 in.
Nominal ID	10.682 in.	Wall Thickness	0.534 in.	Special Drift Diameter	10.625 in.
Plain End Weight	64.03 lbs/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	1505 x 1000 lbs	Internal Yield	6360 psi	Collapse	3870 psi
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Box Turned OD	12.004 in.	Pin Bored ID	10.709 in.	Make-Up Loss	5.232 in.
Critical Area	13.732 sq. in.	Threads per in.	4		
PERFORMANCE					
Tension Eff.	70.0 %	Joint Yield Strength	1099 x 1000 lbs	Internal Yield	6360 psi
Compression Efficiency	40.0 %	Compression Rating	602 x 1000 lbs	Collapse	3870 psi
Bending	12 °/100 ft				
MAKE-UP TORQUES ⁽¹⁾					
Minimum	25520 ft.lb	Target	28350 ft.lb	Maximum	31190 ft.lb
<p>The present Data Sheet is applicable for all API and proprietary steels grades with SMYS equal to 80 ksi (i.e. N80.1, N80.Q, L80.1, L80 13Cr, TN 80 S, TN 80 SS, TN 80 Cr3, TN 80 LT, TN 80 TH, TN 80 Cr13). It does not apply for anisotropic materials nor high collapse steel grades.</p>					

P-110:

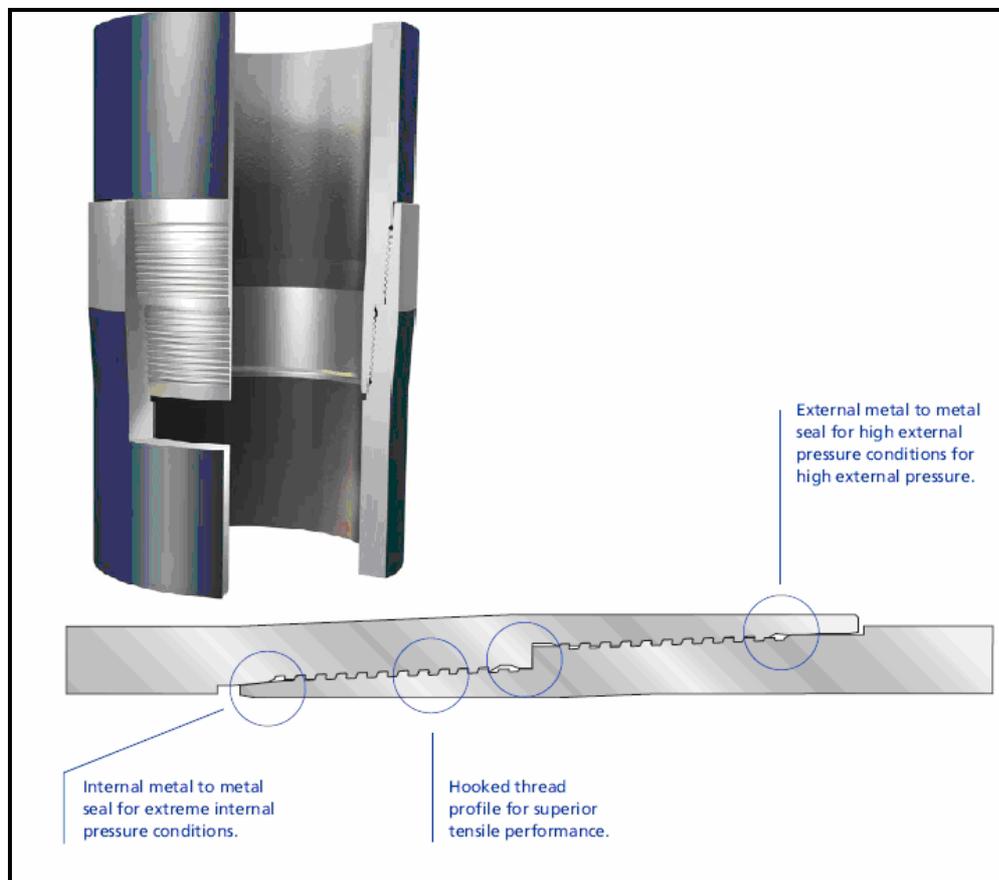
 Data Sheet					
TH DS-10.165 04 May 10 Rev 00					
11 3/4" 65.00 ppf 110 ksi - TenarisHydril Blue Near Flush™ Dopeless® CUSTOMER: REPSOL PERU (USC Units)					
					
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	11.750 in.	Nominal Weight	65.00 lbs/ft	Standard Drift Diameter	10.526 in.
Nominal ID	10.682 in.	Wall Thickness	0.534 in.	Special Drift Diameter	10.625 in.
Plain End Weight	64.03 lbs/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	2070 x 1000 lbs	Internal Yield	8750 psi	Collapse	4480 psi
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Box Turned OD	12.004 in.	Pin Bored ID	10.709 in.	Make-Up Loss	5.232 in.
Critical Area	13.732 sq. in.	Threads per in.	.4		
PERFORMANCE					
Tension Eff.	70.0 %	Joint Yield Strength	1511 x 1000 lbs	Internal Yield	8750 psi
Compression Efficiency	40.0 %	Compression Rating	828 x 1000 lbs	Collapse	4480 psi
Bending	17 °/100 ft				
MAKE-UP TORQUES ⁽¹⁾					
Minimum	27950 ft.lb	Target	31050 ft.lb	Maximum	34160 ft.lb

The present Data Sheet is applicable for all API and proprietary steels grades with SMYS equal to 110 ksi (i.e. C110, P110, TN 110 SS, TN 110 Cr3, TN 110 LT, TN 110 Cr13M, TN 110 Cr13S). It does not apply for anisotropic materials nor high collapse steel grades.

Se escogió una lina de 11 3/4", 65 lb/ft (Special Drift: 10.625"), N-80 & P-110, TBNF (Tenaris Blue Near Flush); el diámetro de 11 3/4" y el peso nominal de 65 lb/ft (ID: 10.682", Drift: 10.625") nos permite asegurar el paso de una broca de 10 5/8" para perforar la siguiente sección.

Los Grados N-80 & P-110, indica que el mínimo esfuerzo de Cedencia para el revestidor es de 80000 psi & 110000 psi respectivamente, la letra N & la letra P es para diferenciar la composición química que debe tener este revestidor según el API, para este caso el revestidor debe tener como máximo en su composición 0.030% de fósforo y 0.030% de Azufre.

La conexión TBNF (Tenaris Blue Near Flush) se escogió ya que ofrece un alto rendimiento debido a su facilidad para el enrosque y apriete, resistencia a altos torques, además es Dopeless es decir no necesita grasa para ser enroscada lo cual disminuye en cierto modo el utilizar esta grasa disminuyendo con eso la contaminación que en estas locaciones se torna crítica, y por ser una conexión Near Flush (Cercana a Lisa) la cementación se mejora ya que mayor cantidad de cemento será colocado detrás del revestidor y por que las presiones de Bombeo se disminuyen la cementación de este liner se mejora ya que se tendrá mayor diámetro donde será desplazado el cemento. La figura mostrada debajo muestra este tipo de conexión:



Las especificaciones anteriormente mencionadas en conjunto con los grados N-80 & P-110 del revestidor nos asegura suficiente resistencia al estallido 6360 psi para N-80 y 8750 psi para P-110, al colapso 3870 psi para N-80 y 4480 psi para P-110, a la tensión 1054 Klbs para N-80 y 1449 Klbs para P-110, cumpliendo los factores mínimos de diseño establecidos arriba. Los factores de seguridad fueron los siguientes:

- Colapso : 1.13 (Evacuación Total)
- Estallido: 1.81 (Prueba de Presión)
- Axial: 2.65 (Pérdida de retorno con agua, carga de servicios)
- Triaxial: 1.91 (Evacuación Total)

A modo de completar las preguntas inicialmente planteadas en la hipótesis , no se tendrá problemas en la corrida de esta lina protectora debido a que se utilizará un equipo de flotación especial que consiste en un filtro especial mudmaster (figura 1) ubicado en la primera junta, luego en la segunda junta un collar flotador de auto llenado y finalmente en el colgador del Liner una válvula Surgemaster (figura 2) que permite el flujo hacia la tubería hasta cierta presión a la cual se cierra en caso de algún influjo por dentro del revestidor luego de que el collar flotador de auto llenado.

Con respecto a la cementación a pesar de tener un espacio anular reducido la gradiente de fractura ronda los valores de 17.00 ppg y al máximo caudal de 8 bpm que dan las bombas de cementación no se ve en riesgo de fractura.

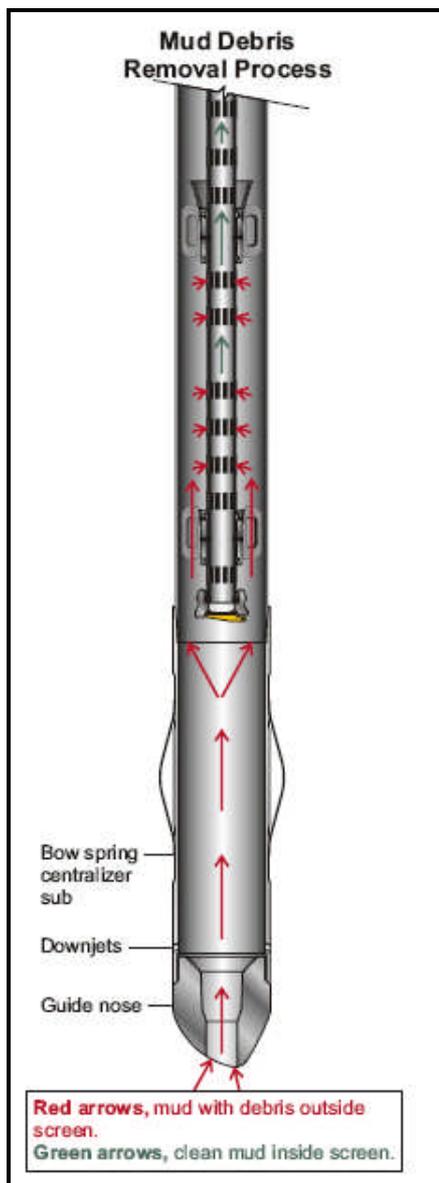


Figura 1

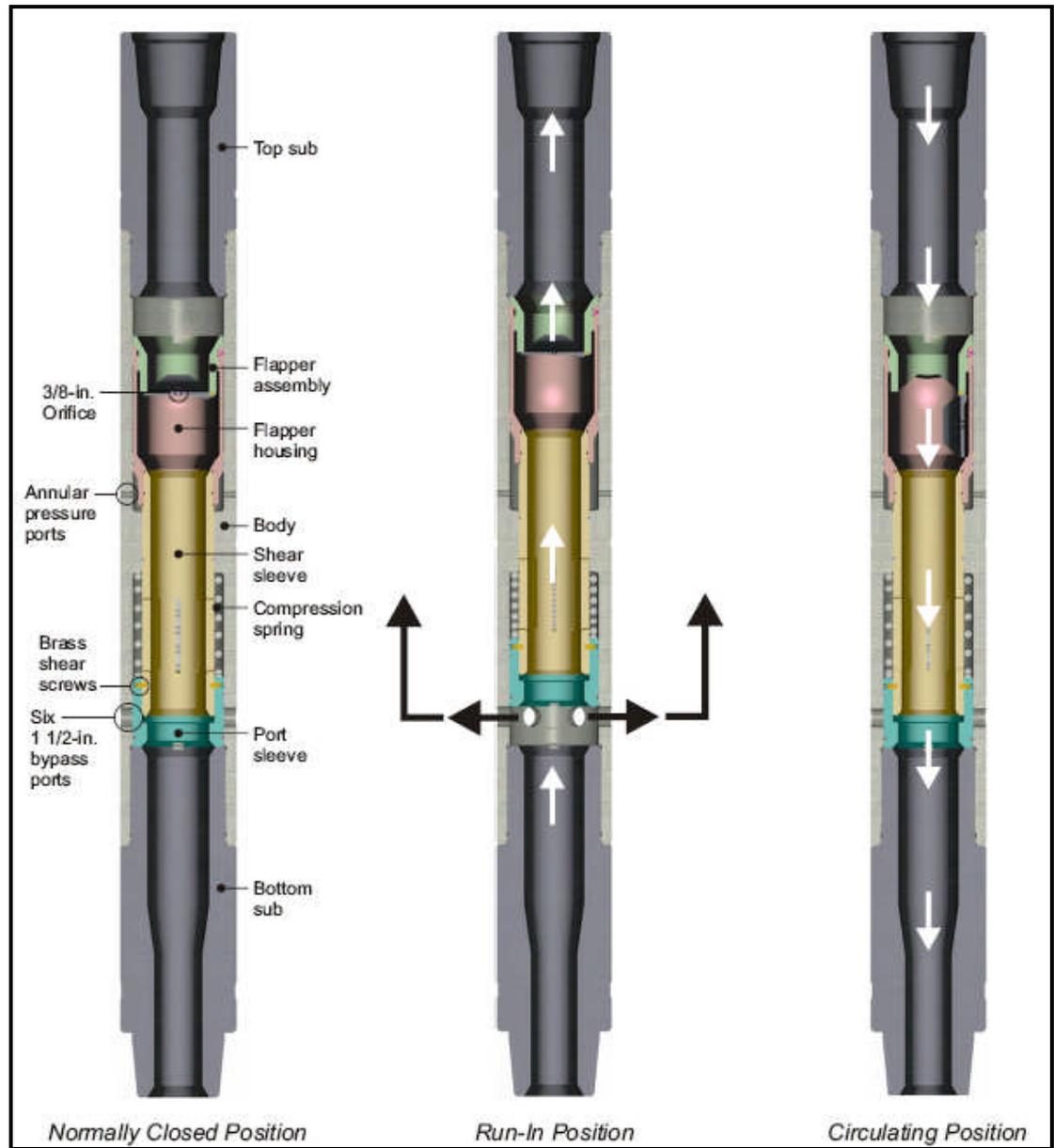


Figura 2

7.8. Diseño de Revestidor para sección de 10 5/8" x 12 1/4"

Esta sección será cubierta con una sarta de revestidores 9 5/8" la cual se combina a 500 ft de profundidad con una sarta de 10 3/4" llegando esta hasta superficie, su función principal es cubrir las formaciones de Vivian y Chonta logrando con esto aislar las zonas permeables y formaciones inestables para continuar perforando de manera segura.

7.8.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento

Inicialmente se escogieron estos diámetros de 9 5/8" x 10 3/4", debido a que nos garantizan el poder perforar hasta 2 secciones adicionales, en caso de recurrir a la contingencia planeada, debajo de esta sarta combinada de Revestidores.

El diámetro de 10 3/4" se escogió debido a que se utilizará un Cabezal tipo Mutilbowl (figura 3) , este cabezal tiene la ventaja de permitir sentar el colgador del revestidor de 10 3/4" y el colgador de la tubería de producción de 7" en un solo spool, ya que tiene el casing spool y el Tubing spool en uno solo; esto nos ahorra el tiempo que toma un cabezal convencional de sacar BOP, instalar el Tubing spool e instalar nuevamente el BOP por encima de este cuando se requiera correr la tubería de producción. Entonces con la finalidad de aprovechar esta ventaja del cabezal Multibowl, se decidió utilizar un diámetro de revestidor de tal forma que su colgador pueda pasar a través del diámetro interno del BOP 13 5/8" 10M, es decir que tenga un diámetro externo máximo de 13 5/8" y a la vez tenga suficiente diámetro de pase (Drift Diameter) para permitir instalar una válvula de seguridad de sub superficie (SSSV) en la tubería de producción.

Entonces con el revestidor de 10 $\frac{3}{4}$ " se podrá sentar el colgador de este sin necesidad de levantar el BOP y posteriormente correr la tubería de producción (figura 4) con la seguridad que no existirá restricción para la válvula de seguridad de sub superficie (SSSV) (figura 5).

En pozos vecinos se utiliza en vez del revestidor de 10 $\frac{3}{4}$ " uno de 11 $\frac{3}{4}$ " por lo que al querer sentar el colgador de este es necesario levantar BOP, quedando el pozo controlado únicamente por la hidrostática del lodo y como adicional utilizan un cabezal convencional por lo que nuevamente es necesario levantar BOP cuando se requiera colocar el tubing spool antes de correr la tubería de producción.

La profundidad de asentamiento de este revestidor combinado es en la base de la base de la formación Chonta es decir a 8226 ft (Kinteroni 2) y a 9663 ft (Kinteroni 3), con esto se logrará cubrir completamente la formación Vivian y Chonta e iniciar la perforación de la zona productiva con una densidad de fluido más baja a fin de evitar dañar las formaciones objetivos.

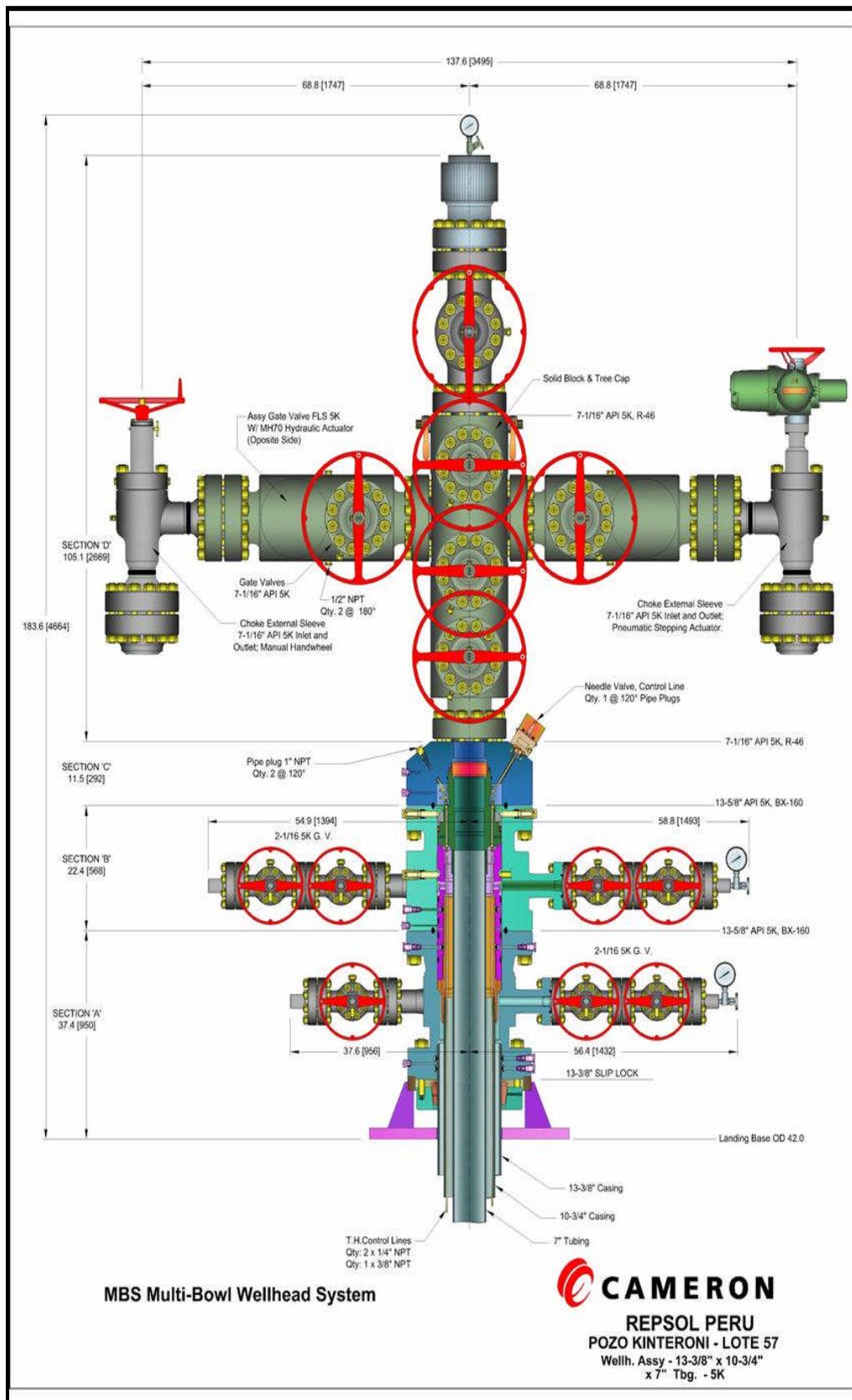


Figura 3

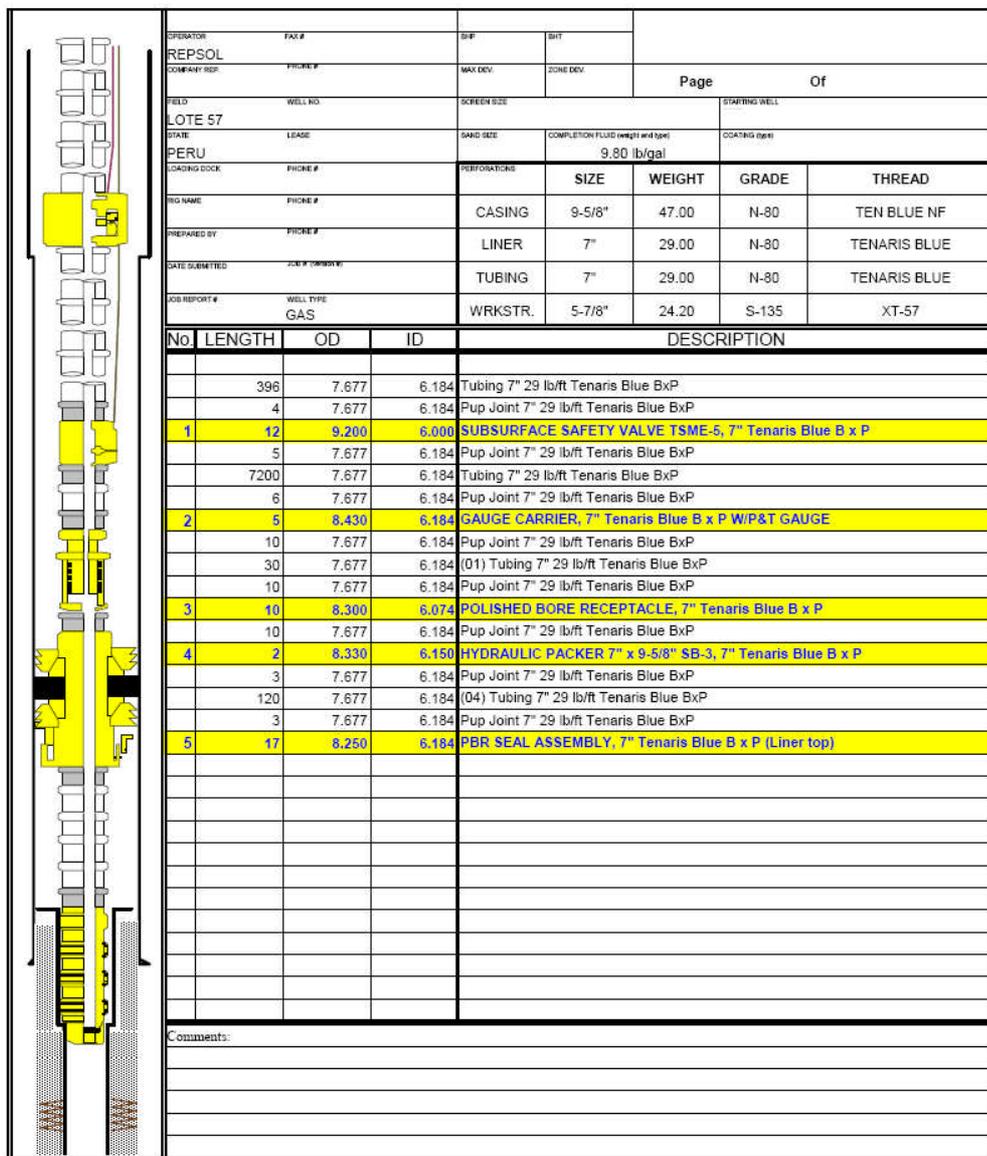


Figura 4

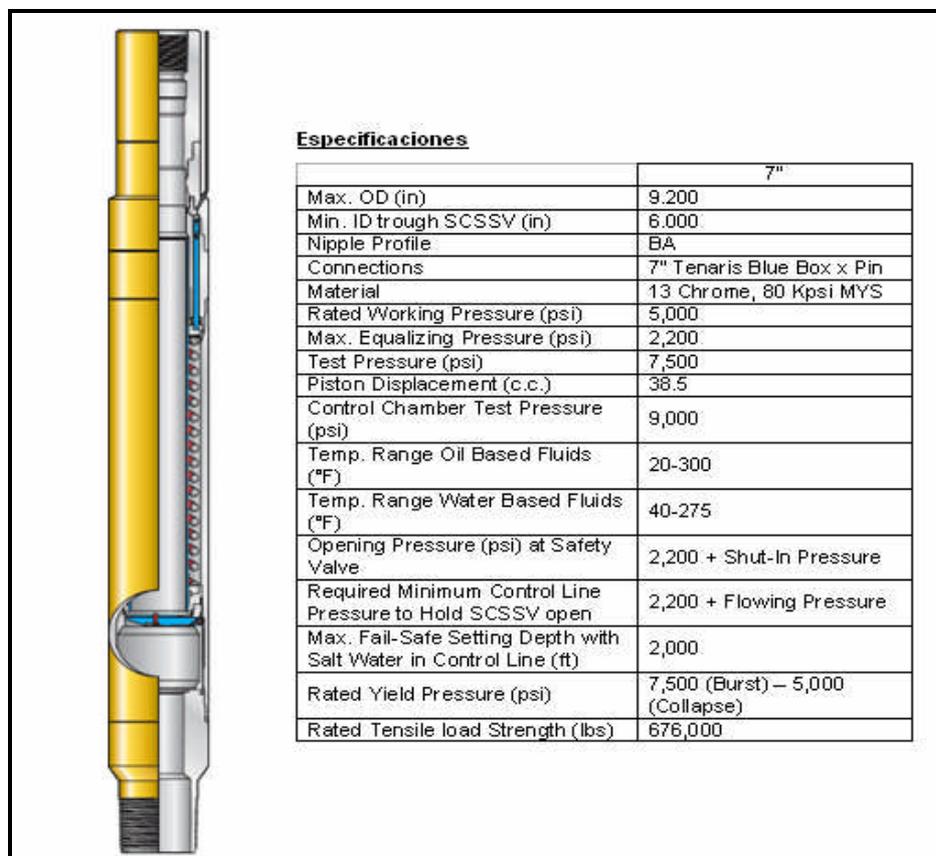


Figura 5

7.8.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos

Los escenarios Críticos para este tipo de revestidor fueron:

- Colapso : Evacuación Total
- Estallido: Prueba de Presión
- Axial: Pérdida de Retorno con Agua
- Triaxial: Evacuación Total

7.8.3. Factores de Seguridad

10 3/4", 60.7, N-80, Tenaris Hydril - Wedge 523

				Data Sheet	
			TH DS-10.162	4 May 2010 Rev 00	
10.750" 60.70 lb/ft N-80 Wedge 523™ with Dopeless®					
					
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	10.750 in	Nominal Weight	60.70 lb/ft	Standard Drift Diameter	9.504 in
Nominal ID	9.600 in	Wall Thickness	0.545 in	Special Drift Diameter	N/A
Plain End Weight	59.45 lb/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	1398 x 1000 lbf	Internal Yield	7100 psi	Collapse	5160 psi
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Box OD	10.931 in	Connection ID	9.546 in	Make-Up Loss	5.560 in
Critical Section Area	12.371 in.	Threads per in.	2.75		
PERFORMANCE					
Regular OD Tension Efficiency	70.8%	Parting Load	1237 x 1000 lbs	Joint Yield Strength	990 x 1000 lbs
Compression Efficiency	83.4%	Compression Rating	1165 x 1000 lbs	Internal Yield	7100 psi
Bending	202 7/100 ft			Collapse	5160 psi
MAKE-UP TORQUES					
Minimum	36000 ft-lbs	Target	43200 ft-lbs	Maximum	N/A
Yield Torque	149000 ft-lbs				

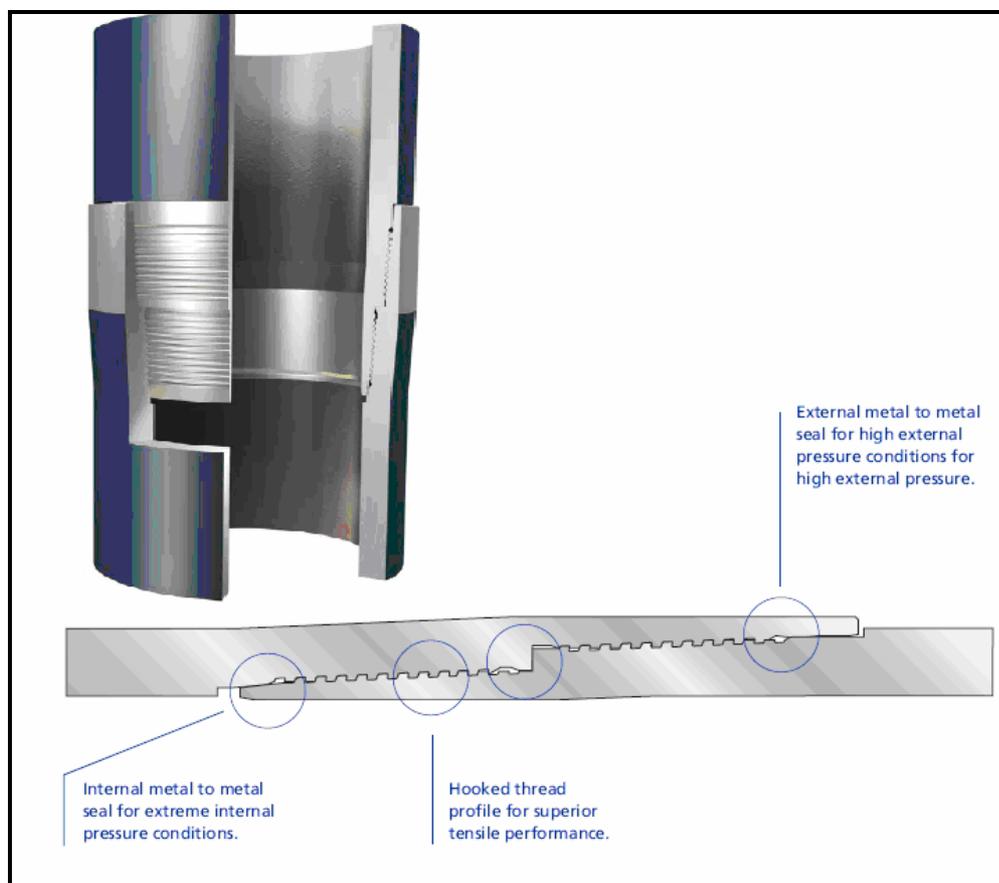
9 5/8", 47.0, N-80, TBNF (Tenaris Blue near Flush)

					
Data Sheet					
TH DS-10.166 04 May 10 Rev 00					
9 5/8" 47.00 ppf 80 ksi - TenarisHydril Blue Near Flush™ Dopeless®					
CUSTOMER: REPSOL PERU					
(USC Units)					
					
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	9.625 in.	Nominal Weight	47.00 lbs/ft	Standard Drift Diameter	8.525 in.
Nominal ID	8.681 in.	Wall Thickness	0.472 in.	Special Drift Diameter	-
Plain End Weight	46.18 lbs/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	1086 x 1000 lbs	Internal Yield	6870 psi	Collapse	4760 psi
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Box Turned OD	9.827 in.	Pin Bored ID	8.606 in.	Make-Up Loss	5.732 in.
Critical Area	10.316 sq. in.	Threads per in.	4		
PERFORMANCE					
Tension Eff.	76.0 %	Joint Yield Strength	825 x 1000 lbs	Internal Yield	6870 psi
Compression Efficiency	50.0 %	Compression Rating	543 x 1000 lbs	Collapse	4760 psi
Bending	19 °/100 ft				
MAKE-UP TORQUES ⁽¹⁾					
Minimum	18080 ft.lb	Target	20090 ft.lb	Maximum	22100 ft.lb

Se escogió un revestidor de 9 5/8", 47 lb/ft, N-80, TBNF (Tenaris Blue Near Flush); el diámetro de 9 5/8" y el peso nominal de 47 lb/ft (ID: 8.681", Drift: 8.525") nos permite asegurar el paso de una broca de 8 1/2" para perforar la siguiente sección.

El grado N-80, indica que el mínimo esfuerzo de Cedencia para el revestidor es de 80000 psi, la letra N es para diferenciar la composición química que debe tener este revestidor según el API, para este caso el revestidor debe tener como máximo en su composición 0.030% de fósforo y 0.030% de Azufre.

La conexión TBNF (Tenaris Blue Near Flush) se escogió ya que ofrece un alto rendimiento debido a su facilidad para el enrosque y apriete, resistencia a altos torques, y además es Dopeless es decir no necesita grasa para ser enroscada lo cual disminuye en cierto modo el utilizar esta grasa disminuyendo con eso la contaminación que en estas locaciones se torna crítica, y por ser "Near Flush" (Cercana a Lisa) la cementación se mejora ya que mayor cantidad de cemento será colocado detrás del revestidor y por que las presiones de Bombeo se disminuyen. La siguiente figura muestra este tipo de conexión:



La conexión Tenaris Hydrill 513 es una conexión que permite rotar ya que tiene mucha resistencia al torque es por ello que en caso se necesite rotar por algún evento no deseado que no permita llegar al TD este casing es el adecuado. La siguiente figura muestra este tipo de conexión

El D.E. de la conexión es igual al del cuerpo de la tubería, facilita la corrida, circulación y elimina el arrastre en el interior del pozo. Los extremos caja con maquinados directamente sobre la tubería lisa tal como se recibe de la fábrica.

Su excepcional resistencia al torque permite la rotación de la tubería durante la introducción al pozo así como durante la cementación de pozos desviados sin el riesgo de una falla estructural. Los flancos de carga y de ataque de la rosca tipo cola de milano proveen un tope positivo a la torsión y eliminan virtualmente las reducciones del D.I. causadas por el exceso de torsión.

La conexión Hydril 513 ofrece un excelente sellado y desempeño estructural manteniendo el D.E. igual al del cuerpo del tubo. Las principales aplicaciones de esta conexión son para liners de producción, liners de perforación, liners para pozos horizontales y de alcance extendido.

Su alta capacidad a la compresión se debe al ángulo invertido del flanco de ataque de la rosca tipo cola de milano, hace que la conexión Hydril 513 sea adecuada para cualquier tipo de liner. La resistencia a la compresión excede su capacidad a la tensión.

La conexión ofrece una hermeticidad del 100% a la presión externa (colapso), debido al sello que se logra a lo largo de la rosca con el lubricante aplicado.

Su alta capacidad estructural ha sido probada en el campo, obteniendo resistencias a la tensión y flexión del 60 al 65% con respecto al cuerpo del tubo. La gran resistencia de la Rosca Acuña tipo cola de milano permite un rendimiento superior en cargas combinadas de torsión, flexión y -- tensión o compresión.

Capacidad de sellado al gas al 100%. Esta se logra por el energizado del sello metal-metal. La presión interna induce una expansión radial, donde el diseño del sello asegura el contacto entre los mismos sin perder su capacidad estructural.

Un bisel maquinado en el diámetro interior del piñón elimina restricciones para el paso libre de -- herramientas.

Salva Sello patentado. Área inicial en la conexión del extremo piñón que protege el sello metálico de posibles daños durante el manejo de la tubería además de que asegura el buen funcionamiento del sello metal-metal.

Esta conexión es intercambiable con TSH 523.

Las especificaciones anteriormente mencionadas en conjunto con los grados N-80 del revestidor nos aseguran suficiente resistencia al estallido 6870, al colapso 4760 psi, a la tensión 825 Klbs, cumpliendo los factores mínimos de diseño establecidos arriba. Los factores de seguridad fueron los siguientes:

- Colapso : 1.15 (Evacuación Total)
- Estallido: 1.83 (Prueba de Presión)
- Axial: 2.05 (Pérdida de retorno con agua, carga de servicios)
- Triaxial: 1.99 (Evacuación Total)

7.9. Diseño de Revestidor para la sección de 8 ½”

Esta sección será cubierta con una lina de producción de 7”, su función principal es cubrir la zona productiva permitiendo la producción posterior del pozo.

7.9.1. Tamaño del Revestidor y Profundidad de Asentamiento

El diámetro del revestidor será de 7” ya que basados en el análisis nodal con este tamaño de tubería se maximizará la productividad debido a que las caídas de fricción son menores en caso se considerará un tamaño menor de revestidor.

Adicionalmente este tamaño de diámetro presenta un drift especial de 6.125” (el drift estándar para este liner 7” de 29 lb/ft es 6.059”) esto con el fin de utilizar una broca de 6.125” y no de 6” en caso se recurra a la contingencia para llegar al objetivo planificado.

La profundidad de asentamiento de este revestidor es la profundidad total debido a que es el último revestidor a ser corrido.

7.9.2. Escenarios Críticos y Esfuerzos Sometidos

Los escenarios Críticos para este tipo de revestidor fueron:

- Colapso : Evacuación Total
- Estallido: Prueba de Presión
- Axial: Inyección de Agua u otro fluido
- Triaxial: Evacuación Total

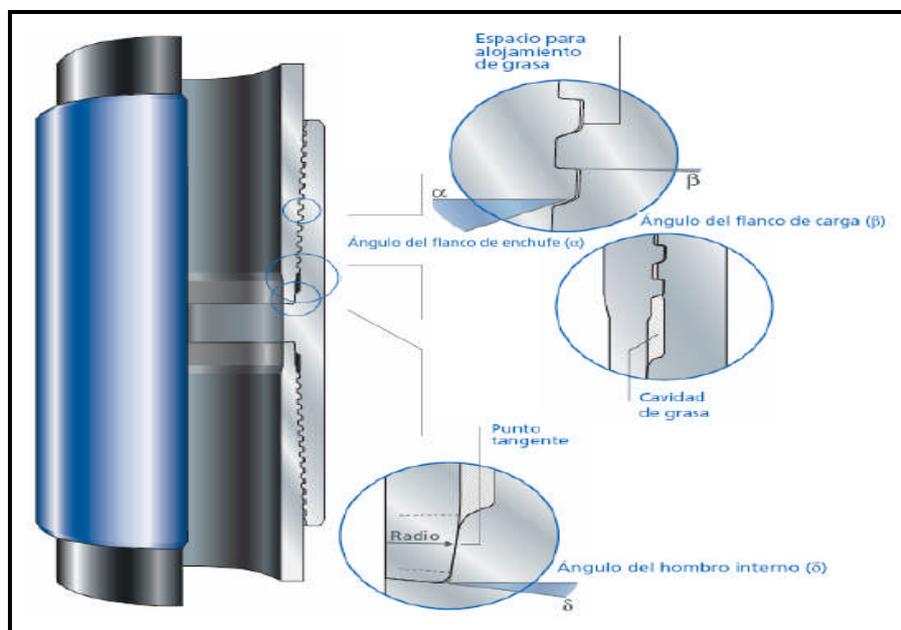
7.9.3. Factores de Seguridad

7" 29.00 ppf 80 ksi - TenarisHydril Blue™ Dopeless® SC (7.441") SD (6.125") SB ⁽¹⁾					
CUSTOMER: REPSOL PERU					
(USC Units)					
					
PIPE BODY DATA					
GEOMETRY					
Nominal OD	7.000 in.	Nominal Weight	29.00 lbs/ft	Standard Drift Diameter	6.059 in.
Nominal ID	6.184 in.	Wall Thickness	0.408 in.	Special Drift Diameter ⁽¹⁾	6.125 in.
Plain End Weight	28.75 lbs/ft				
PERFORMANCE					
Body Yield Strength	676 x 1000 lbs	Internal Yield	8160 psi	Collapse	7020 psi
CONNECTION DATA					
GEOMETRY					
Special Clearance OD ⁽¹⁾	7.441 in.	Connection ID ⁽¹⁾	6.189 in.	Coupling Length	10.551 in.
Critical Area (Special Clearance) ⁽¹⁾	6.416 sq.in.	Make-Up Loss	4.480 in.	Threads per in.	4
PERFORMANCE					
Special Clearance Efficiency ⁽¹⁾⁽²⁾	75.9%	Joint Yield Strength	513 x 1000 lbs	Internal Yield	8160 psi
Compression Efficiency ⁽¹⁾⁽²⁾	89.3%	Compression Rating	604 x 1000 lbs	Collapse	7020 psi
Bending ⁽¹⁾	40 °/100 ft				
MAKE-UP TORQUES ⁽²⁾					
Minimum	13050 ft.lb	Target	14500 ft.lb	Maximum	15950 ft.lb
<p>The present Data Sheet is applicable for all API and proprietary steels grades with SMYS equal to 80 ksi (i.e. N80.1, N80.Q, L80.1, L80 13Cr, TN 80 S, TN 80 SS, TN 80 Cr3, TN 80 LT, TN 80 TH, TN 80 Cr13). It does not apply for anisotropic materials nor high collapse steel grades.</p>					

Se escogió una lana de 7", 29 lb/ft (Special Drift: 6.125"), N-80, TB (Tenaris Blue) Special Clearance OD: 7.441"; el diámetro de 7" y el peso nominal de 29 lb/ft (ID: 6.184", Drift: 6.125") nos permite asegurar el paso de una broca de 6 1/8" en caso se requiera una sección adicional para alcanzar el objetivo.

El grado N-80, indica que el mínimo esfuerzo de Cedencia para el revestidor es de 80000 psi, la letra N es para diferenciar la composición química que debe tener este revestidor según el API, para este caso el revestidor debe tener como máximo en su composición 0.030% de fósforo y 0.030% de Azufre.

La conexión TB (Tenaris Blue; Clearance Especial diámetro externo 7,441") se escogió ya que ofrece un alto rendimiento debido a su facilidad para el enrosque y apriete, resistencia a altos torques, y además es Dopeless es decir no necesita grasa para ser enroscada lo cual disminuye en cierto modo el utilizar esta grasa disminuyendo con eso la contaminación que en estas locaciones se torna crítica y el diámetro externo especial nos genera menores presiones de Bombeo durante la cementación y mayor cantidad de este detrás de esta lana. La conexión de esta conexión se muestra en la figura de abajo:



Las especificaciones anteriormente mencionadas en conjunto con los grados N-80 del revestidor nos aseguran suficiente resistencia al estallido 8160, al colapso 7020 psi, a la tensión 473 Klbs, cumpliendo los factores mínimos de diseño establecidos arriba. Los factores de seguridad fueron los siguientes:

- Colapso : 1.67 (Evacuación Total)
- Estallido: 2.29 (Prueba de Presión)
- Axial: 3.00 (Inyección de agua u otro fluido)
- Triaxial: 2.31 (Evacuación Total)

8. Razones del Uso de Laina 11 ¾" en Capas Rojas Inferiores

A simple vista se podría diseñar estos pozos con la configuración convencional es decir la primera sección de 24" o 26" cubierta con un revestidor de 20" protegiendo la zona de acuíferos, la segunda sección de 17 ½" cubierta con un revestidor de 13 3/8" protegiendo la zona de Capas Rojas Superiores y parte de las Capas Rojas Inferiores y sirviendo de soporte para la instalación del Preventor de Reventones (BOP), la tercera sección de 12 ¼" cubierta con un revestidor de 9 5/8" protegiendo las zonas de Vivian y Chonta y la cuarta sección de 8 ½" cubierta con una laina de producción de 7" para la zona productiva permitiendo la producción de estas formaciones Objetivos (Nia, Noi y Ene).

Sin embargo eso se daría si no existieran algunos problemas que se presenta en la construcción de estos pozos teniendo que recurrir a la ayuda de la laina protectora de 11 ¾" para poder realizar la construcción en forma segura minimizando los riesgos de perder alguna sección lo cual generaría realizar algún sidetrack durante la perforación de estos. Con la primera, segunda y cuarta sección del pozo no existiría problemas. La principal problemática se da en la tercera sección si se pretendiera perforar la parte inferior de Capas Rojas Inferiores, Vivian y Chonta en una sola sección ya que encontraríamos cuatro problemas potenciales simultáneamente.

Estos problemas que se mencionaron son los siguientes:

- Arcillas Reactivas (Capas Rojas Superiores e Inferiores)
- Colapso de formación (Capas Rojas Inferiores -Charophytes)
- Pérdida de Circulación (Vivian)
- Colapso de formación (Chonta)

8.1. Arcillas Reactivas (Capas Rojas Superiores e Inferiores):

La formación Capas Rojas Superiores está dividida en dos intervalos; la parte superior consta mayormente de areniscas conglomeráticas intercaladas con lodolitas y limolitas, ocasionalmente con calizas y trazas de carbón; la parte inferior consiste de areniscas de grano medio a fino intercaladas con lodolitas y limolitas.

La arenisca conglomerática es muy friable en su parte superior y va gradando a moderadamente consolidado hacia la base. Muestra pequeñas capas de carbón y nódulos calcáreos.

Las areniscas son gris marrones, marrón oscuro amarillentas y marrón rojizas, de grano fino a medio. Consisten de granos de cuarzo hialino, translúcidos, subredondeado a subangular con algunos fragmentos líticos oscuros, matriz argilácea y ligera cementación calcárea.

Las lodolitas son marrones, ocasionalmente limosas, suaves a moderadamente firmes, solubles y reactivas, localmente presentan inclusiones de nódulos calcáreos, suaves a moderadamente firmes. También existen limolitas marrón rojizas, localmente calcáreas, suaves a firmes.

La formación Capas Rojas Inferiores es predominantemente arcillosa, consiste de lodolitas marrón rojizas a gris rojizas, lodolitas limosas y limolitas intercaladas con algunos niveles delgados de arenisca fina a muy fina.

Las lodolitas son predominantemente marrón rojizas, pero en su parte media y en la base van mostrándose gris verdosa, amarillenta y en tonos púrpuras. Las arcillas son muy reactivas, suaves, jabonosas y plásticas, alternando con niveles moderadamente firmes, más compactos y menos reactivos en los intervalos más profundos.

Entonces la perforación de estas arcillas reactivas empezaría luego de haber sentado el revestidor de 20"; como se planteó anteriormente en esta zona encontramos la formación Capas Rojas Superiores e Inferiores en donde las arcillas son muy hidratables presentando valores de capacidad de Intercambio de Cationes (CIC) entre 25 y 30 meq/100 gr el cual fue obtenido de valores de pozos vecinos, esto quiere decir que por muy inhibida que se encuentre la arcilla en un fluido base agua tenderá a hidratarse en función del tiempo, adicionalmente se debe tener en cuenta que para pozos inclinados entre 30 y 60 grados la Perforación se torna más lenta, y se van formando camas de cortes debido a que la limpieza de hoyo para estos ángulos se vuelve problemática, esta cama de cortes en conjunto con el hinchamiento que se tiene, genera mayor torque dificultando la perforación.

Por ello se decidió para la construcción de los pozos dividir esta zona arcillosa en 2 secciones aproximadamente iguales cubriéndose con revestidores de 13 3/8" y de 11 3/4", estos serían asentados a 4000 pies y 7427 pies (K-2) y 4500 pies y 8784 pies (K-3).

Tal es el cuidado que se le debe tener a esta zona que en pozos vecinos se registró que se obtuvieron 03 sidetracks (01 en Pagoreni 1002 D y 02 en Pagoreni 1003 D), para esto se utilizará un lodo base poliamida (Ultrahib) como inhibidor serán de mucha importancia, buenas prácticas como los viajes cada de 600 pies o 24 horas de perforación serán obligatorios.

8.2. Colapso de formación (Capas Rojas Inferiores -Charophytes)

En la parte inferior de la formación Capas Rojas Inferiores se encuentran las llamadas Charophytes estas son conocidas por su inestabilidad de manera que presenta gran riesgo de falla por cizalla o corte (“shear failure”) generando grandes wash out al momento de ser perforadas lo cual dificultará de una manera u otra la cementación de el liner de esta sección.

Entendiéndose por gradiente equivalente de colapso al mínimo peso de lodo que se debe tener para mantener la formación estable, esta gradiente equivalente de colapso basada en estudios geomecánicos ha sido estimada entre 11.23 ppg a 11.63 ppg para el Kinteroni 2 y entre 11.26 a 11.80 ppg para el Kinteroni 3.

Antes de la perforación no se puede determinar con exactitud la aparición de estas, en el Kinteroni 1X-ST se tuvo desde 5430 pies hasta 6384 pies (200 pies encima de Vivian), en pozos vecinos de Camisea y en el Bloque 76 estos niveles de Charophytes son mejor diferenciados.

Siguiendo el diseño de los Revestidores esta zona también será cubierta por la lana protectora de 11 ¾” ya que esta se asentará encima del Tope de Vivian; esto se escogió así con la finalidad de evitar el tener 4 problemas al mismo tiempo los cuales son el hinchamiento de arcilla (Capas Rojas Inferiores), Colapso de Formación (Charophytes), Pérdida de Circulación (Vivian), Colapso de Formación (Chonta).

8.3. Pérdida de Circulación (Vivian)

En los pozos del área se pueden distinguir tres unidades en esta formación, estas están compuestas mayormente por areniscas con estratificación cruzada interpretada como depósitos pertenecientes a canales de marea.

La unidad superior está compuesta de areniscas cuarzosas intercaladas con niveles arcillosos. Las areniscas son blancas, finas a muy finas, bien seleccionadas, gradando hacia la base de la unidad a una arenisca de grano grueso a ocasionalmente muy grueso, contiene localmente matriz arcillosa blanca y ligeramente silíceas, los granos de arena se muestran mayormente sueltas en las muestras de ripios debido a los procesos de perforación.

La unidad media está caracterizada por el incremento del contenido arcilloso, con presencia de lodolitas púrpuras y lodolitas limosas gris oscuras.

La unidad inferior es definida por areniscas cuarzosas, blancas, de grano fino a medio, con escaso contenido de matriz arcillosa. Esta unidad presenta buena porosidad y permeabilidad.

Esta zona presenta un perfil de presión normal, sin embargo debido al alto peso de lodo que se necesita en la formación Chonta para evitar que la formación colapse se tiene un sobre balance muy alto el cual genera pérdidas de circulación en esta formación, por ello es que el uso de agentes sellantes CaCO_3 será de suma importancia al ser perforada esta sección; Además se debe tener en cuenta que esta formación Vivian tiene una gradiente equivalente de Fractura baja al tratarse de arenas, entendiéndose por gradiente equivalente de fractura al máximo peso de lodo que se puede tener sin fractura la formación, esta gradiente equivalente de fractura basada en estudios geomecánicos ha sido estimada en 13.60 ppg (Kinteroni -2) y 13.63 (Kinteroni - 3) tomando el valor del límite inferior del mínimo esfuerzo horizontal utilizando el criterio de Mohr-Coulomb y únicamente el ángulo de fricción para simular las formaciones con fracturas preexistentes o de muy baja cohesión.

8.4. Colapso de formación (Chonta)

En los pozos del área se pueden distinguir tres miembros en esta Formación, están compuestas principalmente de lutitas y arcillas con intercalaciones de areniscas y calizas en la parte superior y principalmente de lutitas y areniscas con intercalaciones de arcillitas y calizas en la parte inferior.

El primer Miembro es el Chonta Superior, este miembro está principalmente constituido por lutitas marinas gris oscuras, son localmente micromicáceas, frágil, sub-fisibles, laminares y presentan fracturas astillosas. Algunas intercalaciones de calizas y areniscas se presentan hacia la base de esta unidad.

El Segundo Miembro es el Chonta Inferior, los cuales son depósitos de areniscas correspondientes a ambientes de facies costeras, con presencia de calizas masivas indicando la entrada a este miembro. Esta caliza es gris clara en parte dolomitizada, localmente presenta venas de calcita, es moderadamente firme a firme. Debajo de los niveles calcáreos esta unidad presenta intercalaciones de areniscas, lutitas, lodolitas marrón rojizas y en menor cantidad limolitas.

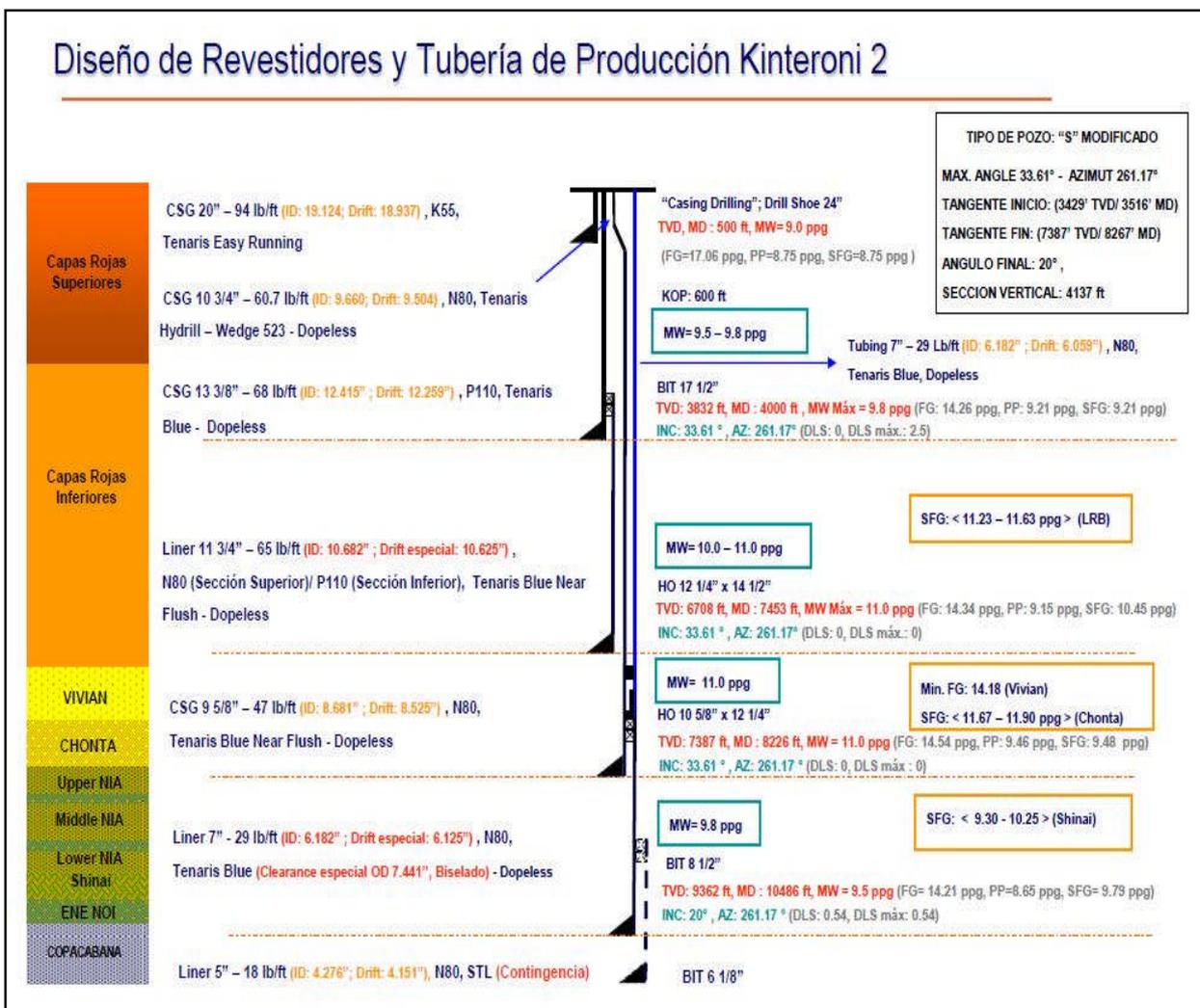
Las areniscas son generalmente gris muy claras, gris blanquecina a gris naranja, muy fina a fina, bien seleccionada, con granos de cuarzo hialino, ocasionalmente fragmentos líticos oscuros, contiene matriz argilácea y ligero cemento calcáreo, moderadamente consolidada mostrando regular porosidad visual.

El tercer Miembro es el Chonta Basal, representado por lodolitas limosas intercaladas con areniscas. Las lodolitas limosas son marrones y ocasionalmente gris claros, terrosos, ligeramente calcáreos. Las areniscas son marrón pálido rojizas y gris verdosas, muy finas, bien seleccionadas, compuesta por cuarzo y fragmentos líticos marrón y verde oscuro, en parte posee abundante matriz argilácea, localmente abundante cemento calcáreo, moderadamente consolidada a friable, regular porosidad visual.

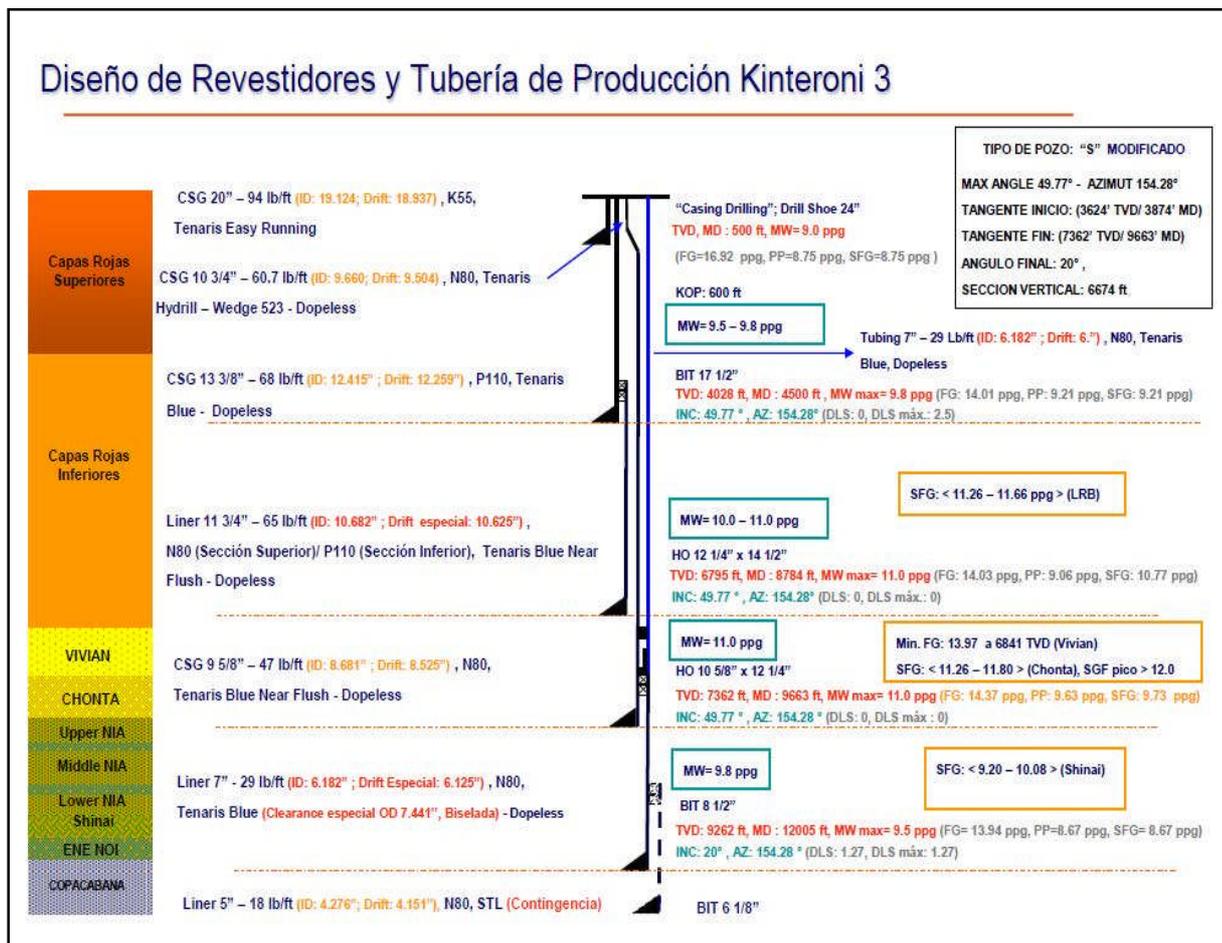
Esta formación es la más propensa a fallar por colapso, tal es así que basado en estudios de geomecánica se estima que en esta formación el gradiente equivalente de colapso varía de 11.67 ppg a 11.90 ppg (Kinteroni-2) y de 11.26 ppg a 11.80 ppg (Kinteroni-3). También en esta formación presenta zonas de presiones anormales alcanzando valores equivalentes de 10.47 ppg (Kinteroni-2) y 10.48 ppg (Kinteroni-3).

- Entonces debido a que el espesor de las Formaciones Capas Rojas Superiores e Inferiores es muy grande y al tratar de formaciones muy reactivas a lodos base agua por más inhibidos que estos estén, se decidió realizar estas 2 formaciones en 2 secciones y no realizar las 2 en una sola sección hasta el tope de Vivian.
- Una vez haberse decidido que el revestidor de 13 3/8" sería sentado aproximadamente a la mitad del hoyo abierto entre el revestidor conductor y la base de las Capas Rojas Inferiores; se pensaría en realizar lo que falta de las Capas Rojas Inferiores, Vivian y Chonta en una sola sección con un revestidor de 9 5/8", sin embargo a fin de evitar tener 4 problemas a la vez se decide correr un liner protector de 11 3/4" el cual va hasta el Tope de Vivian y luego se cubre Vivian y Chonta con el de 9 5/8".
- En caso se piense perforar en una sola sección las formaciones mencionada, lo que podría suceder es que al estar perforando Vivian o Chonta se empieza a hinchar la zona de Lower Red Beds, entonces el espacio anular para que el lodo retorne arrastrando los recortes se empezará a reducir ocasionando un incremento del ECD (Densidad equivalente de circulación) debido al aumento de la caída de fricción al encontrarse una restricción por el cual el lodo circula; entonces al ir incrementando es posible que esta incremente tanto que alcance el gradiente de fractura de la formación Vivian y la fracture ocasionando pérdida de circulación, pega en Lower Red Beds y pérdida del hoyo no

teniendo más remedio que realizar un sidetrack. Entonces se prefiere ir por el caso más conservador claro aumentando los costos por realizar esta quinta sección pero reduciendo el riesgo de tener un sidetrack el cual no es algo que no puede suceder pues en pozos vecinos han tenido y sin llegar a estar perforando Vivian o Chonta si no solamente por el hinchamiento de arcillas.



Diseño de Revestidores y Tubería de Producción Kinteroni 3



9. Evaluación Económica

Como se dijo anteriormente, con la finalidad de llegar a los reservorios productivos los cuales son NIA, NOI y ENE, debemos atravesar la formación Capas Rojas Superiores, Capas Rojas Inferiores, Vivian y Chonta. Cuando se empezó a perforar esto se hacía en 4 secciones sin embargo se encontraron con muchos problemas incluso perdiendo los hoyos o aumentando los días de perforación al realizar viajes adicionales o al trabajar sobre los problemas presentados, entonces se decidió desde los pozos realizados en Camisea hacerlo con 5 secciones dándonos un tiempo estimado extra debido a operaciones relacionadas con la lina 11 3/4" que no se presentarían en caso este no fuera utilizado. Estas operaciones básicamente serían: La corrida de la lina (Incluye las charlas de seguridad, el tiempo de armado del equipo de la corrida, la corrida en sí y el asentamiento del liner Hanger de 11 3/4" x 13 3/8"), la cementación del Liner (Charlas de seguridad, el tiempo de armado de líneas y cabeza de cementación, la cementación en sí y el WOC).

Entonces la comparación sería entre el costo generado por el tiempo extra que representa el uso del liner 11 3/4" versus el costo generado por el tiempo que llevaría un sidetrack operativo (El cual es muy probable 2 sidetracks en pozos vecinos Pagoreni 1002 D & Pagoreni 1003 D) más el costo de realizar en sí el sidetrack además de las dificultades operativas que conllevaría este ya que al tratarse de un pozo direccional realizar un sidetrack complicaría mucho el llegar al target planeado (Ya que el target planeado el Tope de Upper Nia se alcanzaría al final de la tangente de la trayectoria), obligándonos a construir o tumbar ángulo para alcanzar este en la tangente de la nueva trayectoria o bien modificar un poco el target; en caso sucediera esto el Torque y Arrastre se incrementarían al igual que los sideforce.

En el caso del Pagoreni 1002 el tiempo perdido por el sidetrack tuvo una duración aproximada de 70 días; en el Pagoreni 1003 aproximada de 13 días todo esto se dio en

la parte inferior de Capas Rojas inferiores, estos pozos también fueron diseñados para ser cubiertos con lana de 11 ¾" así que si incluso con lana de 11 ¾" hay riesgo de problemas de hinchamiento de arcillas en combinación con colapso de Charophytes generando un sidetrack, como sería si se quisiera agregar a estos 2 problemas 2 problemas adicionales como el de pérdida de circulación de Vivian y colapso de Chonta. En el pozo K-1X ST se realizó un sidetrack geológico el tiempo perdido para este sidetrack fue de 22 días, esto fue debido a que no se encontró la formación NIA lo cual no fue por cuestiones operativas.

Al ser 5 los pozos Pagoreni con configuración de pozo muy parecida a la de los que se perforarán Kinteroni 2 y Kinteroni3, y haberse dado 2 sidetracks; se podría muy arriesgado decir que el 2 de 5 pozos se necesito un sidetrack en esta zona, es decir un 40% de posibilidades de que esto ocurra en el peor caso; se debe tener en cuenta que en estos sidetracks se dieron en pozos que se planificaron en 5 secciones es decir no fue porque se quiso perforar en una sola sección las 4 zonas problemáticas; entonces si se desea hacerlo en una sola sección este dato estadístico de 40% se podría incrementar y al realizar un sidetrack en el caso de menos días que dure esto duraría como mínimo 13 días.

Además por más que se piense realizar en 4 secciones de todas maneras se tendría en sitio las herramientas necesarias para realizarla en 5 secciones (Lana de 11 ¾", ampliadores de 12 ¼"x 14 ½")

El estimado de días que se tarda en realizar el viaje de Limpieza para la corrida de la lana 11 ¾", la corrida de lana 11 ¾", el asentamiento del colgador de lana 11 ¾" x 13-5/8", la cementación de la lana, el Fragué (WOC), las pruebas a la BOP, Prueba de casing y perforar el Tramo del zapato (shoe track) es de 8 días; esto en adición al costo de los ampliadores, es la diferencia en costo que se tendría con configuración convencional.

Entonces la comparación será en ahorrarnos 8 días y correr el riesgo de generar un sidetrack que nos tardaría 13 días y una vez ocurrido esto cambiar a configuración con lina 11 ¾" demorando los 8 días que nos ahorráramos o hacerla en 5 secciones y minimizar los riesgos de perder la sección.

Un día de perforación en la selva tiene un costo aproximado de 200,000.00 dolares.

Caso Probable:

Configuración	Probabilidad de Éxito	Días ahorrados	Monto (\$)
Convencional	< 30%	8	1'600,000.00
Con lina de 11 ¾"	>60%	0	0

Se escogió el valor de 30% como máximo ya que la probabilidad es de 60% en caso de atravesar 2 formaciones problemáticas entonces al ser 4 estas se vio que máximo podría llegarse a 30%, ya que al tratar de convivir con 4 problemas siempre es más complicado que el doble de tratar 2 de estos.

Se escogió el valor de 60% como mínimo ya que se tiene experiencia en el área y se tienen lecciones aprendidas de estos pozos, por lo que las buenas prácticas operacionales servirán para minimizar el riesgo de fracaso.

Gastos del Sidetrack

Pozo	Días perdidos	Monto (\$)
Pag 1002 D	70	14'000,000.00
Pag 1003 D	13	2'600,000.00
K1X-ST	22	4'400,000.00

Entonces en el mejor de los casos, con la configuración convencional a una probabilidad menor al 30% se tendría ahorrado 1'600,000.00 dólares, sin embargo en caso de fallar este se tendría que pagar adicionalmente 2'600,000.00 dólares como mínimo en caso se tenga perdidos 13 días (aquí se rompió el BHA y no hubo necesidad de hacer back off) y adicionarle el 1'600,000.00 dólares haciendo un total de 4'200,000.00 dólares.

Tomando los tiempos que se dieron en K1X ST, estos fueron 22 días, generando un gasto de 4'400,000.00 dólares, mas los 1'600,000.00 dólares, se llega a un total de 6'000,000.00 dólares. Se debe tener en cuenta que por ser direccional los 22 días podrían incrementarse.

El más trágico sería, como el del Pagoreni 1002, de 70 días, unos 14'000,000.00 más el 1'600,000.00 serían 15'600,000.00 los que se perderían.

Entonces se prefiere hacer un gasto de 1'600,000.00 dólares adicionales a gastar en caso se dé un sidetrack como mínimo 4'200,000.00 dólares.

Estos valores tomados fueron referenciales ya que para los pozos de Pagoreni los sidetrack se dieron en Charophytes es decir que cuando ocurrieron los problemas aún no se había perforado Vivian y Chonta; entonces si solo las Capas Rojas Inferiores y las Charophytes generan esos problemas y se pretende adicionar a ellos 2 problemas como los de Vivian y Chonta es más que seguro que la tubería de perforación quede pegada y se tenga que realizar un sidetrack; este sidetrack es muy probable que sea de un costo mayor a los anteriores ya que si la tubería quedase pegada cuando se está perforando Vivian y Chonta en algún punto de Capas Rojas Inferiores o Charophytes el punto libre o donde se haría el Back Off sería en Capas Rojas Inferiores teniéndose que volver a perforar Capas Rojas Inferiores, Charophytes , Vivian y Chonta y por ende el tiempo no productivo sería mayor para retornar a la profundidad a la que se quedo el pozo cuando ocurrió la pega.

10. Nuevas Tecnologías Para Eliminar la Laina 11 ¾"

Debido a la aparición de nuevas tecnologías en la industria, se está buscando una que nos ayude en un futuro a no seguir siendo dependientes de esta laina. Para ello actualmente se puede hablar principalmente de 2 de esas, es decir más que todo la aplicación de estas porque ellas como tales ya están siendo utilizadas como el Casing While Drilling en el país y otras como casing expandibles en el mundo, sin embargo la aplicación adecuada de estas nos podría ayudar a eliminar la laina de 11 ¾".

10.1. Casing While Drilling

Esta tecnología está teniendo un gran uso en nuestro país pero en la primera sección la cual corresponde a la conductora de 20", esto lo que permite es ir revistiendo a medida que se va perforando es decir ya no se necesita viajes adicionales de calibración para poder correr el revestidor porque la sección ya se está perforando directamente con este. Las aplicaciones fuera de esta sección donde se sienta la conductora no son muchas, hay casos en la Selva de Perú donde si se ha aplicado casing drilling direccional y se tuvo éxito sin embargo esto corresponde a la parte norte de la selva y no se puede decir a ciencia cierta que esto podría funcionar.

Las razones por lo que el Casing While Drilling podría servir en la eliminación no es directamente perforar toda la sección faltante de Upper Red Beds, Lower Red Beds, Vivian y Chonta con el uso de este ya que si no regresaríamos nuevamente a los problemas el envejecimiento del lodo generando hinchamiento de arcillas, Colapso de formación y pérdidas de circulación sino una vez terminada la sección de 12 ¼" x 14 ½" la cual llega hasta el tope de

Vivian, hacer un viaje de Calibración y en ese momento bajar el revestidor y perforar con este utilizando las herramientas y equipos especiales para lograr esto.

Con esto se reduciría el riesgo de perder la sección al menos desde el Tope de Vivian hacia arriba ya que hasta ahí se habrá bajado el Revestidor, luego una vez llegado al Tope de Vivian se empezaría a perforar esta Formación con el Revestidor y continuamente Chonta, esto es factible ya que el lodo que se use para la sección de Vivian y Chonta es el mismo que se utilizará para perforar Lower Red Beds así que el único problema mientras se perfore Vivian y Chonta es el hinchamiento de Arcillas y más en un hoyo con una inclinación de 31.89° y otro de 49.77° , no obstante las secciones son relativamente cortas teniendo aproximadamente 800 pies para el k2 y de 900 pies para el K3, y en caso no se pueda seguir avanzando por algún tipo de pega se sentaría el revestidor de 9 5/8" se cementaría este y se continuaría la perforación con broca de 8 1/2" hasta el Tope de Upper Nia, utilizando la broca de contingencia de 6 1/8" para perforar la sección de producción.

Entonces se podría decir que es recomendable debido al hecho de tratarse de que el revestidor solo perforaría Vivian y Chonta, sin embargo los problemas de las Lower Red Beds te podrían obligar a un asentamiento prematuro de esta obligando a utilizar la broca de contingencia para la perforación de la zona productiva sin embargo en este no se tendría la necesidad del Sidetrack ni de tanto tiempo perdido al que se estaría expuesto usando la configuración convencional de Revestidores.

Esta aplicación sería ideal para pozos verticales ya que al ser vertical se generan menos problemas de mala limpieza de hoyo y excesivos Torque y Arrastre, sin embargo de necesitarse la corrida de algún registro en la zona de Vivian y Chonta esto no sería factible.

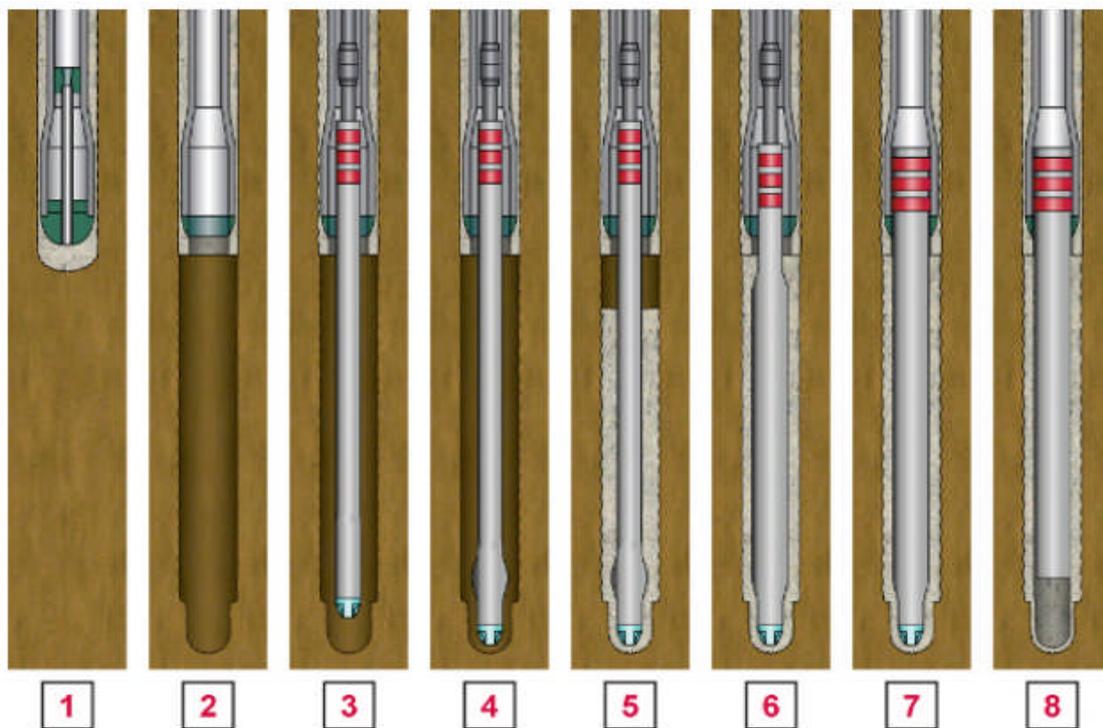
10.2. Casing Expandibles

Para el caso del casing expandible este se usaría con la finalidad de extender la lina de 11 $\frac{3}{4}$ " a 13 $\frac{3}{8}$ ", es decir de todas maneras se usaría la lina de 11 $\frac{3}{4}$ " pero finalmente se agrandaría a 13 $\frac{3}{8}$ " quedando cubiertos desde superficie hasta el tope de Vivian con un revestidor de 13 $\frac{3}{8}$ ".

Para esto se tendría que utilizar aproximadamente 3700 pies (hoyo abierto + overlap) para K2 y 4400 pies (hoyo abierto + overlap) para K3.

Previo a esto se debe correr una zapata especial (TieBack Shoe) en revestidor de 13 $\frac{3}{8}$ " de tal forma que nos permita expandir la parte superior del casing expandible 11 $\frac{3}{4}$ " x 13 $\frac{3}{8}$ " en este zapato especial de 15", este zapato especial deberá ser de una longitud aproximada de 300 pies para ambos pozos ya que con esto aseguramos integridad del hoyo, debido a que en esta zona se ubicarán los sellos los cuales están ubicados en la parte superior del revestidor 11 $\frac{3}{4}$ " x 13 $\frac{3}{8}$ ".

Entonces con el uso del casing expandible sellaríamos la zona problemática y nos permitiría continuar perforando el hoyo a un tamaño óptimo; por lo tanto eliminando la necesidad de sentar otro sarta de revestidores sin pérdida de ID. Este sistema se expande hidráulicamente usando un cono de abajo hacia arriba; siendo el cono formado mediante el uso de una cánica la cual se deja caer luego de haberse corrido la sarta de revestidores de 11 $\frac{3}{4}$ ".



Primero : Correr el revestidor convencional 13-3/8" con el zapato (Tieback shoe) de 15".

Segundo : Perforar el zapato especial y ensanchar el hoyo a 17 1/2".

Tercero : Correr el revestidor expandible 11 3/4" x 13 3/8"

Cuarto : Soltar la cánica para formar el cono.

Quinto : Bombear cemento y soltar el dardo.

Sexto : Expandir el revestidor de 11 3/4" x 13 3/8"

Séptimo : Continuar expandiendo dentro del zapato especial (Tieback shoe) creando un sello de ancla con los elastómeros.

Octavo : Perforar el zapato.

11. Cronograma de Trabajo

Según lo trabajado en esta tesis acerca de la lana protectora de $11 \frac{3}{4}$ " , el tiempo de trabajo de cada una de las actividades realizadas es la siguiente:

Fase	Asignación	Tiempo estimado Días
1	Adquisición de Datos	6
2	Interpretación de Datos	3
3	Simulación de Esfuerzos para la fase de 26"	5
4	Simulación de Esfuerzos para la fase de $17 \frac{1}{2}$ "	5
5	Simulación de Esfuerzos para la fase de $12 \frac{1}{4}$ " x $14 \frac{1}{2}$ "	5
6	Simulación de Esfuerzos para la fase de $10 \frac{5}{8}$ " x $12 \frac{1}{4}$ "	5
7	Simulación de Esfuerzos para la fase de $8 \frac{1}{2}$ "	5
8	Selección del tipo, peso, grado y conexión del Revestidor	7
9	Justificación Económica	3
10	Generación de Informe	21
	Total Estimado	65

12. Conclusiones y Recomendaciones

De esta Tesis se puede concluir lo siguiente:

- El diseño de Revestidores en la Cuenca Ucayali-Madre de Dios ha ido evolucionando desde los primeros pozos perforados por Shell en los cuales se uso la configuración convencional con 4 revestidores a los de la actualidad en los cuales se aplican 5 revestidores.
- La lina protectora de 11 ¾" que es el revestidor que hace al diseño más conservador al momento torna indispensable en la construcción de los pozos en estas zonas debido a los problemas de Hinchamiento de Arcillas (Capas Rojas Inferiores), Colapso de Formación (Charophytes), Pérdidas de Circulación y Pegas Diferenciales (Vivian), Colapso de Formación (Chonta) que simultáneamente se pueden presentar.
- Al momento pensar en construir el pozo en 4 secciones no es recomendable, ya que el riesgo de un sidetrack es muy alto lo que implicaría un incremento del tiempo de perforación desde 13 días como mínimo tal como ocurrió en el pozo Pagoreni 1003 D hasta 72 días como máximo tal como ocurrió en el pozo Pagoreni 1002 D generando pérdidas descomunales comparados con el costo adicional del uso del liner de 11 ¾", minimizando el riesgo de un sidetrack.
- Herramientas y técnicas tales como Casing Drilling Direccional y Casing Expandibles pueden ser la solución a la construcción de los pozos futuros en esta Cuenca, sin embargo, debido a que los pozos de desarrollo en Kinteroni, serán pozos direccionales con ángulos de 30° a 50° el riesgo es muy elevado; ello sería aplicable en pozos exploratorios los cuales generalmente son verticales.

Para el diseño de revestidores de estos pozos se recomienda:

- El uso del revestidor de 10 ¾" permite en todo momento mantener el pozo con 2 barreras, no existiendo necesidad de Desmontar el BOP para correr este tipo de revestidor, ya que el colgador de 10 ¾" tiene un OD de 13 5/8" el cual pasa exactamente por el Diámetro interno del BOP.
- El uso de la conexión TER en la sección de 20" es la recomendada para realizar el "Casing Drilling" ya que a parte del fácil enrosque que se tiene con estos revestidores de gran tamaño tiene en la cupla un tope que no permite que al momento de estar rotando el revestidor este no baje y pueda dañar la cupla; esto no ocurre las roscas convencionales.
- El uso de las conexiones Dopeless (No se necesita grasa) en todos los revestidores del pozo minimizará impactar ambientalmente en una zona tan sensible como es la selva Peruana ya que no hay químicos ó lubricantes liberados. Además con el uso de estas conexiones e elimina la necesidad de limpieza de estas con vapor y se elimina todo tipo de la contaminación en la locación, en las formaciones principalmente a la productora y a los fluidos en el pozo.
- El uso de laines 11 ¾" y 7" con drift especiales con la finalidad de tener el hoyo siguiente con el mayor diámetro posible para mejorar la cementación de los revestidores subsiguientes; además el uso de una conexión con clearance especial con diámetro externo 7.441" (Diámetro externo estándar de la conexión 7.667") para el liner de 7", 29 lb/ft, N-80 con la finalidad de mejorar la cementación de este ya que se trata del hoyo de producción.

13. Bibliografía

- Applied Drilling Engineering , SPE 1991
- Drilling Practices , Preston Moore
- Casing Design Manual, Repsol
- Well Design Manual, Repsol
- Fundamentals of Tubular Design, PetroSkills
- StressCheck Manual, LandMark
- Kinteroni 1X-ST Post Mortem
- Well Control School, Manual