



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“HERRAMIENTAS DE PESCA UTILIZADAS  
DURANTE LA ETAPA DE PERFORACION DE UN  
POZO PETROLERO”**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO PETROLERO**

P R E S E N T A:

BARRERA MONTERO BENITO

DIRECTOR DE TESIS:  
ING. AGUSTIN VELAZCO ESQUIVEL



MÉXICO, D.F. 2014

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios:*

*Por darme la dicha de concluir una etapa muy importante en mi vida, rodeado de mi familia, amigos y seres querido.*

*A mis padres:*

*Benito Barrera Rojo por darme tu apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, como también por esos consejos que me han servido para continuar y nunca dejarme caer y por el ejemplo de persona que eres. Araceli Montero Zamudio gracias a ti por cuidar de nuestra familia y porque la has mantenido siempre unida. A los dos les doy las gracias por todos los sacrificios que hicieron por mí para darme una educación, porque sin su apoyo nunca lo hubiera logrado.*

*A mi hermana:*

*Brenda Barrera Montero por tu apoyo, por tus buenos consejos y sobre todo porque en ti, siempre he tenido a la persona que me escucha siempre y en todo momento.*

*A mis padrinos:*

*Ing. Raúl González Enciso y Josefina Barrera Rojo por todo el apoyo incondicional que me han dado a lo largo de mi vida y los buenos consejos que recibí de ustedes.*

*A mi primo:*

*Carlos Gonzales Barrera por tu apoyo que me diste a lo largo de mi carrera y por esos buenos consejos que me sirvieron para seguir adelante.*

*A mi familia:*

*A mi abuela, a mis tíos, primos y sobrinos que me acompañaron durante mi vida y que fueron parte importante de este logro.*

*Ing. Fernando López Arriaga y esposa por brindarme su apoyo que me dieron durante mi carrera.*

*A mis sinodales:*

*M.I. Rafael Viñas Rodríguez, Ing. Agustín Velasco Esquivel, M.C. Ulises Neri Flores, Ing. Mario Rosas Rivero, M.C. Juana Elia Escobar Sánchez por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.*

*A mis amigos:*

*Caleb, Zaid, Memo, Arturo, Pedro, Toño, Fany, Layla, que han estado siempre conmigo y también a mis amigos que tuve durante mi carrera Christian, Isai, Mickey, Rafael, Antonio, Javier y a los que me pudieron faltar.*

## Índice

<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I Causas que nos generan un pescado durante la perforación de un pozo</b>	<b>6</b>
1.1 Problemas de pesca	7
1.2 Trabajos de pesca	8
1.3 Tipos de pesca de acuerdo a la forma del pescado	10
1.4 Pesca de basura o chatarra	10
1.5 Causas de aprisionamiento de la tubería	12
1.5.1 Formaciones no consolidadas	14
1.5.2 Pegadura en ojo de llave	15
1.5.3 Formaciones móviles	16
1.5.4 Zonas geopresionadas	17
1.5.5 Formaciones reactivas	18
1.5.6 Vibración de la sarta de perforación	19
1.5.7 Aprisionamiento por presión diferencial	20
1.5.8 Enchavetamiento	21
1.5.9 Perforación de formaciones duras y abrasivas	22
1.5.10 Bloques de cemento	23
1.5.11 Geometría del pozo	24
1.6 Prevención de una pesca	25
<b>Capítulo II Herramientas y accesorios utilizados en las operaciones de pesca</b>	<b>27</b>
2.1 Instrumentos de trabajo	28
2.2 Bloque de impresión	29
2.3 Herramienta usada para pesca de basura o chatarra	30
2.3.1 Canasta de pesca	31

2.3.2 Imanes de recuperación	33
2.4 Herramientas de captura	35
2.4.1 Pescantes de agarre externo	36
2.4.1.1 Pescante de cuñas	37
2.4.1.2 Pescante de cuñas de agarre cortó	41
2.4.1.3 Sarta de pesca con herramienta de agarre externo	42
2.4.2 Pescantes de agarre interno	44
2.4.2.1 Terraja de pesca	44
2.4.2.2 Macho cónico	45
2.4.2.3 Arpones	46
2.4.2.4 Sarta de pesca con herramienta de agarre interno	49
2.4.3 Herramientas de martilleo	50
2.4.3.1 Sarta de vibración	51
2.4.3.2 Martillos	52
2.4.3.3 Percusores de aceite	53
2.4.3.4 Acelerador o intensificador	54
2.4.3.5 Sarta de pesca con herramienta de martilleo	55
2.4.4 Herramientas de molienda	56
2.4.4.1 Fresas o molino cónico	56
2.4.4.2 Molinos y zapatas	57
2.4.4.3 Molinos	58
2.4.4.4 Molinos tipo junk	60
2.4.4.5 Sarta de pesca con una herramienta de molienda	61
<b>Capítulo III Aspectos económicos.</b>	<b>62</b>
3.1 Economía de la pesca	63
3.2 Consideraciones económicas	65

3.2.1 Ejemplo	66
<b>Capítulo IV Caso de aplicación</b>	<b>70</b>
4.1 Métodos para la estimación del punto libre	71
4.1.1 Registro de tubería aprisionada	71
4.1.2 Indicador del punto libre	71
4.1.3 Ley de Hooke	72
4.1.3.1 Datos de elasticidad para tubería de perforación	73
4.1.3.2 Tablas de elasticidad	74
4.1.3.3 Determinación de la elasticidad	76
4.1.3.4 Determinación del punto libre	76
4.1.3.4.1 Ejemplo: determinación del punto libre	77
4.1.3.5 Como calcular la constante de la elasticidad y la constante del punto libre	79
4.1.3.5.1 Ejemplo: cálculo de la constante de elasticidad	79
4.1.3.5.2 Ejemplo: cálculo de la constante del punto libre	80
4.1.3.6 Graficas de elasticidad	80
4.2 Separación de la sarta de tubería	82
4.2.1 Desenrosque voluntario	83
4.2.2 Desenrosque involuntario	83
4.2.3 Desenrosque con cordón explosivo (Back Off)	83
4.2.4 Corte de tubería	84
4.2.4.1 Cortador químico	84
4.2.4.2 Cortador a chorro	84
4.2.4.3 Cortador mecánico	84
4.3 Plan general de recuperación de un pescado	85
4.4 Caso 1	92

<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>95</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>98</b>

# RESUMEN



### Capitulo I

"Causas que nos generan un pescado durante la perforacion de un pozo"

- Problemas de pesca, tipos de pesca de acuerdo a la forma del pescado:  
Pesca de basura o chatarra  
Pesca de tubería

### Capitulo II

"Herramientas y accesorios utilizados en las operaciones de pesca".

- Categorías de las herramientas de pesca:  
Canastas de pesca, recogen objetos pequeños.  
Herramientas de corte.  
Herramientas de captura, se dividen en herramientas de agarre externo e interno.  
Herramientas de martilleo.  
Herramientas de fresado, trituran la superficie superior de un objeto.

### Capitulo IV

"Caso de aplicación"

- Veremos la manera de encontrar el punto libre de la tubería, utilizando la ley de Hooke.

### Capitulo III

"Aspectos económicos".

- Economía de la pesca, es un aspecto muy importante durante la planeación de una pesca.  
la pesca debe ser una solución económica a un problema en un pozo.

El objetivo principal de este trabajo es elaborar una guía de las causas que nos pueden ocasionar un pescado durante la perforación de un pozo petrolero, además de hacer una descripción de las herramientas utilizadas en la pesca.

También se planea dar una idea de la parte económica de una pesca, que es una parte muy importante durante estas operaciones, debido a que cuando se tiene un pescado se detienen operaciones y se tiene pérdidas económicas.

Para poder comprender las operaciones de pesca, es necesario clasificar las operaciones en: agujero descubierto, cuando no hay tubería de revestimiento en el área de los pescados; agujero revestido, cuando el pescado está dentro de la tubería de revestimiento; y a través de la tubería, cuando es necesario pescar a través de la restricción de un diámetro reducido de tubería.

También se realizaron las clasificaciones de acuerdo a la forma del pescado: cuando es pesca de basura o chatarra y cuando es pesca de tubería.

# Introducción

En el campo petrolero, se le llama pescado a cualquier pieza dejada en un pozo que impide la ejecución de operaciones posteriores. Esta definición abarca todas las etapas de perforación, toma de registros o producción (mantenimiento, terminación, reparación), lo que incluye barrenas de perforación, tuberías, herramientas de adquisición de registros o cualquier otro elemento de metal que pudo haberse perdido, dañado, atascado, caído o dejado en el pozo.

Un trabajo de pesca se define como el conjunto de operaciones o procedimientos realizados dentro del pozo con la finalidad de recuperar un pescado que nos impide o afecta la continuidad del programa operativo de un pozo perforación.

Las operaciones de pesca se pueden presentar en cualquier momento de la vida productiva de un pozo; desde la etapa perforación hasta la etapa de abandono.

Para llevar a cabo estas operaciones, contamos con diversas herramientas y métodos que pueden ser aplicados a diferentes tipos de clases de pescados, dependiendo de sí el pescado está libre o pegado, además de considerar el área donde está ubicado el pescado, en agujero abierto o en agujero entubado y el diámetro.

Un trabajo de pesca deberá ser una solución económica a un problema en el pozo, la decisión de proceder a la pesca debe considerarse en función a la necesidad de preservar el pozo, recuperar equipos costosos o cumplir con la normativa. A su vez cada decisión estará cargada de costos, riesgos y repercusiones.

## **Capítulo I**

**Probables causas que nos ocasionan un  
pescado durante la perforación de un pozo**

El término de pesca históricamente se toma a partir del comienzo de la perforación con herramienta de cable. En aquel tiempo, cuando una línea de acero se rompía, un miembro del equipo simplemente ponía un gancho en una línea e intentaba tomar la línea de acero para recuperar la herramienta o los pescados. La necesidad y la ingeniosidad llevaron a estos trabajadores del campo petrolero a desarrollar nuevos anzuelos. Los métodos de prueba y error de comienzos de la industria construyeron la base para muchas de las herramientas de pesca usadas hasta el día de hoy.

Las compañías de herramientas de pesca han avanzado al mismo paso que con el rápido desarrollo de la industria petrolera y el despliegue de la nueva tecnología. Hoy en día muchos son capaces de pescar con éxito en pozos con profundidades que exceden los 20,000 pies, en altos ángulos de desviación, en pozos horizontales y en aguas profundas.

### **1.1 Problemas de pesca:**

Un problema de pesca se define como el conjunto de operaciones o procedimientos realizados dentro de un pozo con el objetivo de remover o recuperar materiales, herramientas o tuberías que impiden o afectan el desarrollo secuencial durante la intervención del pozo.

Es uno de los problemas más importantes que afectan el desarrollo de la intervención en un pozo. Pueden ocurrir por varias causas, las más comunes son: las fallas de algún componente del equipo superficial, subsuperficial, accesorios de trabajo (llaves, cuñas, etc.) y, en algunos casos, por operaciones mal efectuadas y descuidos humanos.

La mayoría de fallas en el equipo superficial se originan por falta de mantenimiento en los dados, resortes y pernos de las cuñas que se encuentran en mal estado, falta de potencia hidráulica en las bombas que limitan la limpieza del fondo del pozo, e indicadores de peso descalibrados.

Las fallas en el equipo subsuperficial se deben a operaciones inadecuadas durante la perforación del pozo, por la mecánica del pozo y una mala limpieza del pozo, entre otros. Se originan por falta de conocimiento por parte del personal o por descuido o falta de habilidad de la persona que ejecuta la operación.

Como se puede ver el factor humano predomina en muchas de las causas que originan situaciones de pesca. Por esta razón se recomienda que toda herramienta introducida en el pozo deba medirse y que en la bitácora de operación se anoten todas sus características: diámetro interior, exterior, longitud, de igual forma cubrir siempre la boca del pozo y en caso de tener que ocupar alguna herramienta (llaves, marros, etc.) para acondicionar algún equipo sobre la mesa rotaria, se extremen precauciones.

## **1.2 Trabajos de pesca:**

Los trabajos de pesca se clasifican de tres formas: agujero descubierto, cuando no hay tubería de revestimiento en el área de los pescados; agujero revestido, cuando el pescado está dentro de la tubería de revestimiento; o a través de la tubería, cuando es necesario pescar a través de la restricción de un diámetro reducido de tubería. Los tipos de pesca en agujero descubierto y en agujero entubado involucran procedimientos, técnicas y herramientas relativamente similares, pero los problemas y el peligro es diferente.

<b>Clasificación de los trabajos de pesca</b>	<b>Se realizan cuando:</b>
<b>Agujero descubierto:</b>	No hay tubería en el área donde se encuentra el pescado
<b>Agujero entubado:</b>	El pescado se encuentra localizado dentro de la tubería de revestimiento
<b>A través de la tubería:</b>	Es necesario pescar a través de un diámetro reducido.

Los trabajos en agujero descubierto están más relacionados a las operaciones de perforación del pozo, se llevan a cabo por lo regular con lodo, así que existe el riesgo de aprisionamiento de la tubería por la existencia de la presión diferencial entonces se debe de tomar en cuenta siempre este factor.

Mientras que los trabajos de pesca en agujeros entubados son más relacionados con la terminación o el mantenimiento del pozo, en estos casos se utiliza la misma herramienta la única diferencia es que es más pequeña y las fuerzas necesarias son menores.

Hay muchas clases de pescados y trabajos de pesca, muchas herramientas diversas y métodos que pueden ser aplicados. Algunos de ellos pueden ser muy simples, otros son extremadamente complejos. No hay dos trabajos de pesca iguales, muchos probablemente son similares. Un supervisor experimentado en herramientas de pesca extraerá la experiencia ganada de muchos trabajos.



### **1.3 Tipos de pesca de acuerdo a la forma del pescado**

Esta división ha sido hecha para facilitar un poco la selección de herramientas ya que existen en el mercado una gran cantidad y variedad de herramientas con diferentes nombres pero que para el problema de pesca son similares y tienen los mismos principios de operación. En el mercado existen diversas empresas prestadoras de servicios especializadas en la materia, en las tareas de pesca, lo esencial es no perder el tiempo y si no se tiene a mano la herramienta apropiada se demora el rescate y por ende aumentan los costos.

Se divide en dos partes:

- Pesca de Basura o Chatarra
- Pesca de Tubería

### **1.4 Pesca de basura o chatarra**

En la industria del petróleo, por lo general un trabajo muy común de pesca, después de los pescados tubulares, lo constituyen cualquier objeto más pequeño que el diámetro del tazón del buje principal de la mesa rotaria puede extraviarse en el fondo del pozo, como por ejemplo: el recbro de conos de barrenas, cuñas, pequeñas herramientas, cables de acero y piezas misceláneas de metal que caen en el pozo.

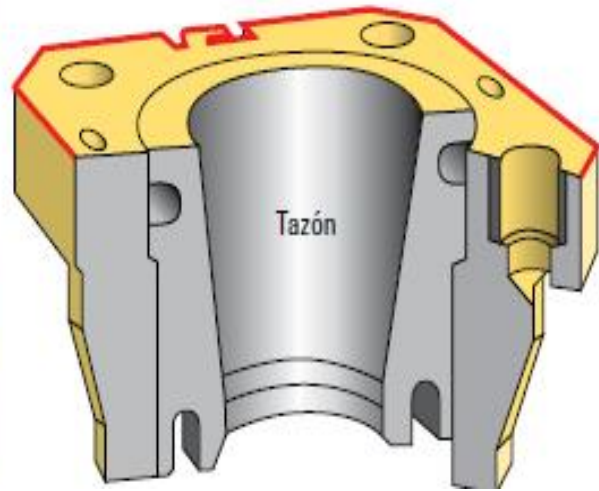


Figura 1.1. Buje principal o maestro se encuentra inmediatamente en el piso de perforación y cualquier elemento que pasa a través del tazón puede convertirse en una pieza de pesca.

Las pérdidas de piezas de metal en el pozo, incluso pequeñas, pueden ser costosas en razón del tiempo que se pierde. No hay una forma que pueda considerarse la mejor para solucionar este problema. Un método preventivo es mantener todo el tiempo una cubierta sobre el pozo en la mesa rotaria o una empaadura tipo disco con la tubería de trabajo y el anular, para así evitar dejar caer equipo pequeño dentro del pozo.



Figura 1.2. Componentes de la barrena

Todas las brigadas de perforación deben estar al pendiente con respecto a los daños que se puedan originar al pozo, al dejar caer cualquier herramienta u objeto al fondo del pozo, que bien pueden prevenirse si se tiene la atención necesaria a las prácticas de orden y mantenimiento en el piso de perforación.

### **1.5 Causas de aprisionamiento de la tubería**

Existen muchos factores que dan lugar al aprisionamiento de la sarta de perforación. Cuando ocurre esto lo más importante es identificar la causa y el tipo de aprisionamiento de modo que pueda utilizarse el método más efectivo para superar el problema.

Las pegaduras de tuberías más comunes en las operaciones de perforación, son:

- 1. Formaciones no consolidadas**
- 2. Pegaduras de ojo de llaves**
- 3. Formaciones móviles**
- 4. Zonas geopresionadas**
- 5. Formaciones reactivas**
- 6. Vibración de la sarta de perforación**
- 7. Aprisionamiento por presión diferencial.**
- 8. Enchavetamiento**
- 9. Formaciones duras y abrasivas**
- 10. Bloques de cemento**
- 11. Geometría del pozo**

### 1.5.1 Formaciones no consolidadas:

Las formaciones no consolidadas pueden desmoronarse en el interior del pozo y atrapar la sarta de perforación a medida que la barrena remueve la roca que sirve como soporte. Los esquistos, las lutitas laminadas, fracturas y las fallas también generan rocas sueltas que se desmoronan en el pozo y pudieran acuñaar o atrapar la sarta de perforación.

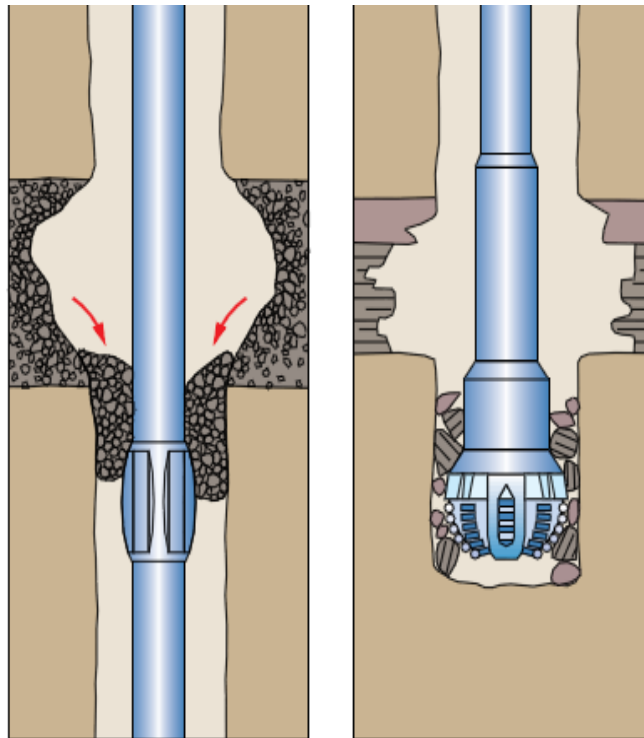


Figura 1.3. Formaciones no consolidadas

### **1.5.2 Pegaduras en ojo de llaves:**

Ocurren en agujeros direccionales, debido a que la tubería de perforación genera una ranura en el lado bajo del agujero, en el radio de la pata de perro.

La trayectoria del pozo está afectada por una serie de factores, tales como los de origen natural que están relacionados con el buzamiento, dureza y las variaciones tectónicas, estos generan en un mayor o menor grado el cambio de trayectoria del pozo. El cambio brusco en el ángulo de desviación del pozo se presenta generalmente cuando ocurren cambios litológicos, o bien si se atraviesa por una zona de discordancia, este cambio se conoce como pata de perro (dog leg) y se produce también porque la sarta de perforación no tiene la rigidez necesaria.

Estos puntos con una alta inflexión, durante la rotación de la sarta van desgastando una cara del pozo, este tramo desgastado tendrá un diámetro de paso no mayor al de las juntas de la tubería, formando de esta manera lo que se llama el ojo de llave (key seat).

### 1.5.3 Formaciones móviles:

Generalmente se presentan en zonas de composición salinas o arcillosas, pueden tener un comportamiento plástico debido a los componentes de sus materiales. Cuando son comprimidas por los estratos de sobrecarga, es posible que fluyan e ingresen en un pozo, restringiendo su calibre o deformando y atrapando la tubería.

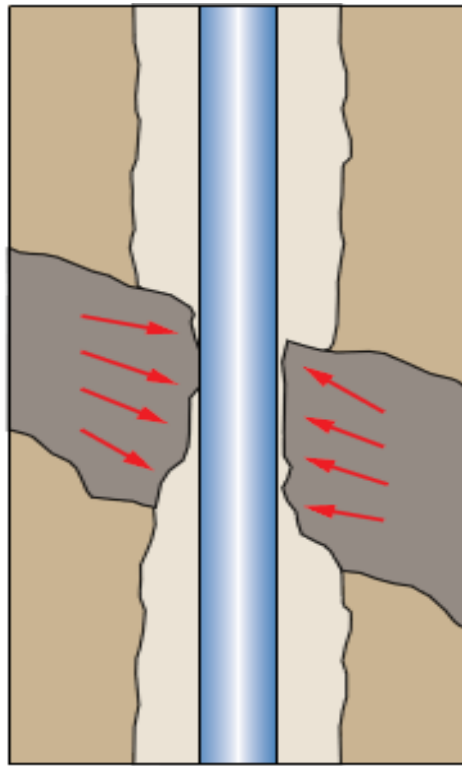


Figura 1.4. Formación móvil

#### 1.5.4 Zonas geopresionadas:

Se caracterizan por tener presiones de formación mayores a las presiones hidrostáticas normales. En este tipo de formaciones, la densidad insuficiente del lodo permite que el pozo se vuelva inestable y colapse alrededor de la tubería.

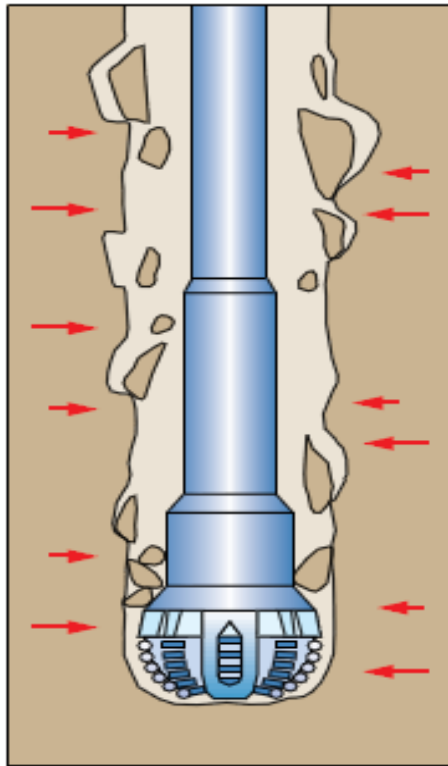


Figura 1.5. Zona geopresionada, provocadas por presiones anormales dentro del pozo



### 1.5.5 Formaciones reactivas

Las arcillas reaccionan con el agua y absorben el agua del fluido de perforación. Con el tiempo es posible que se dilaten en el pozo. La dilatación química de las arcillas hacen que se produzca un aprisionamiento o atascamiento de la sarta de perforación por la reducción del diámetro del pozo, lo que restringe el flujo de fluidos en esa sección de aprisionamiento. Para evitar la reacción de las arcillas se recomienda utilizar lodos inhibidos, lodos en base aceite, fluidos de perforación en base a polímeros.

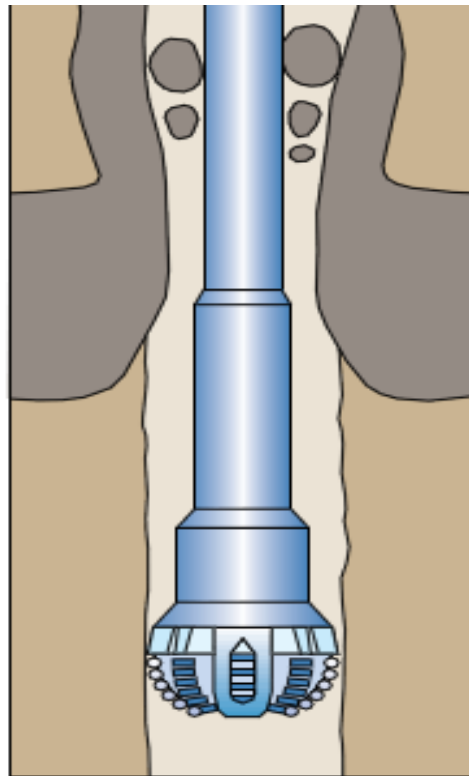


Figura 1.6. Formación reactiva

### 1.5.6 La vibración de la sarta de perforación

Pueden ocurrir derrumbes dentro del pozo. Estos derrumbes se empaquetan alrededor de la tubería y pueden ocasionar el atascamiento de la sarta de perforación. Las vibraciones en el fondo del pozo son controlados con parámetros de monitoreo, tales como el peso sobre la barrena, la velocidad de penetración y la velocidad de rotación que puede ser ajustada desde la consola del perforador.

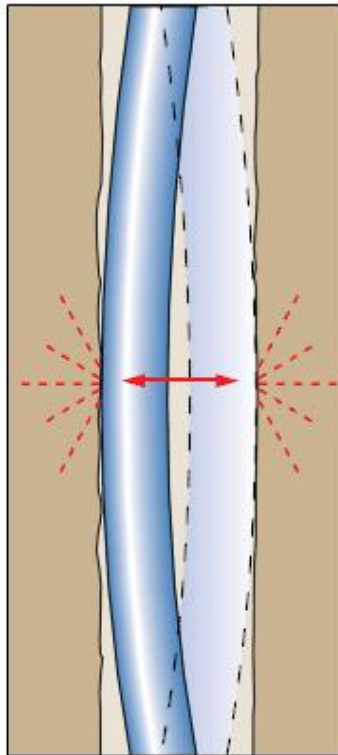


Figura 1.7. Vibración de la sarta de perforación

### 1.5.7 El atrapamiento por presión diferencial

Se presenta cuando la sarta de perforación se mantiene contra la pared del pozo como resultado de la condición de sobre balance hidrostático existente entre la presión del pozo y la presión de poro de una formación permeable. Este problema se presenta cuando una sarta de perforación estática entra en contacto con una formación permeable, y donde existe un revoque de filtración de gran espesor.

El reconocimiento de este problema puede hacerse mediante las siguientes señales:

- Incremento de torque.
- Incremento de arrastre.
- Imposibilidad de mover y rotar el sondeo.

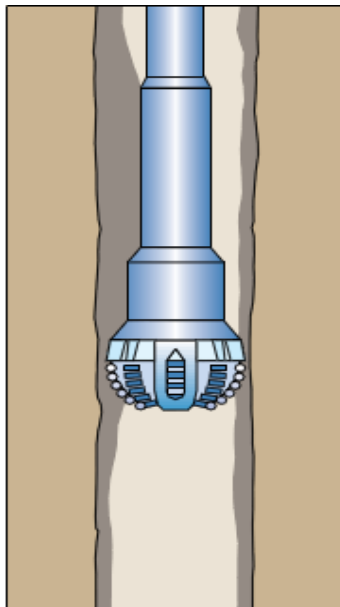


Figura 1.8. Atascamiento por presión diferencial

### 1.5.8 El enchavetamiento

El enchavetamiento se refiere cuando se genera la rotación de la columna de perforación hace una canaleta en la pared del pozo. Cuando se manipula la sarta de perforación, el arreglo de fondo (BHA) o las uniones de tubería de mayor diámetro se introducen en el enchavetamiento y se produce el atascamiento. Este problema generalmente se presenta en los cambios abruptos de inclinación, durante el proceso de extracción de la sarta de perforación. Las herramientas de toma de registro con cable y los cables también son susceptibles a este problema.

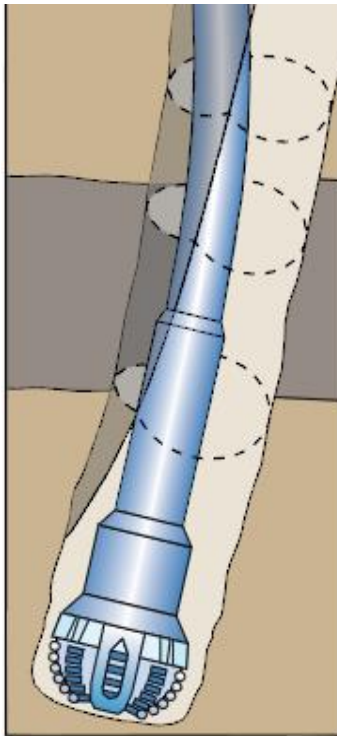


Figura 1.9. Enchavetamiento

### 1.5.9 Durante la perforación de formaciones duras y abrasivas

Pueden desarrollarse pozos de menor diámetro. Cuando la roca desgasta la barrena o el estabilizador la barrena perfora un pozo de menor diámetro que el planeado. Si subsiguientemente se corre una barrena en calibre, está tendrá resistencia en la zona de menor diámetro. Por otra parte, si la barrena se baja muy rápido sin haber corregido el problema del diámetro la barrena puede atascarse en esta zona. Este problema se puede presentar cuando se corre una barrena nueva, después de la extracción de núcleos, durante la perforación de formaciones abrasivas o cuando se corre una barrena de PDC después de una barrena de cono giratorio.

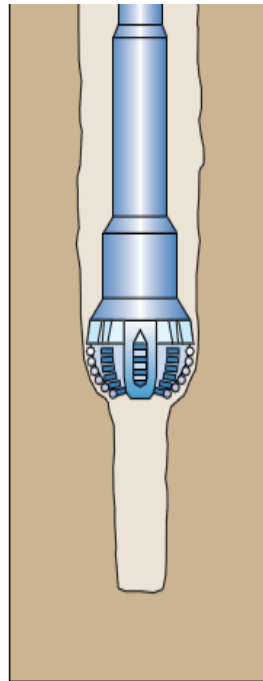


Figura 1.10. Pozo con menor diámetro

### 1.5.10 Bloques de cemento

Pueden obturar la sarta de perforación cuando el cemento duro existente alrededor de la zapata de entubación se desprende y cae en el nuevo intervalo de agujero descubierto.

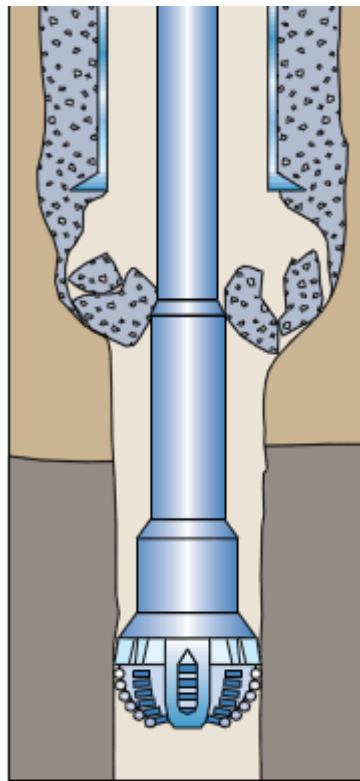


Figura 1.11. Bloques de cemento

### 1.5.11 Geometría del pozo

En los pozos de altos ángulos, el desgaste de la tubería puede acelerarse debido a los cambios abruptos en la trayectoria del pozo. Las curvas pronunciadas imponen esfuerzos flexores alternados sobre la tubería a medida que esta se abre camino a través de un camino angular. Los pozos de alto ángulo a menudo presentan problemas de limpieza. Para evitar que los recortes se empaquen alrededor de la sarta de perforación, el perforador puede recurrir a altas velocidades de rotación y circulación para limpiar el pozo.

Hay consideraciones para la planeación de trabajos en pozos altamente desviados y que no están presentes en la pesca de agujeros verticales. Entre ellas se incluyen las siguientes.

- Cuando un agujero altamente desviado es perforado con una sarta rotatoria, usualmente el lado inferior del agujero es de un diámetro menor que la parte del agujero perforado. Cuando este es un factor se pescara con un pescante de cuñas o con una herramienta similar.
- En agujeros horizontales o en pozos altamente desviados, el martillo impide una buena acción.
- Añadir peso a la sarta para operaciones de molienda puede ser un problema. Los lastrarbarrenas carecen de flexibilidad, lo cual dificulta su paso en altos ángulos de desviación o en patas de perro.
- Es difícil obtener torsión en las desviaciones cuando se intenta atrapar la tubería en pozos altamente desviados.

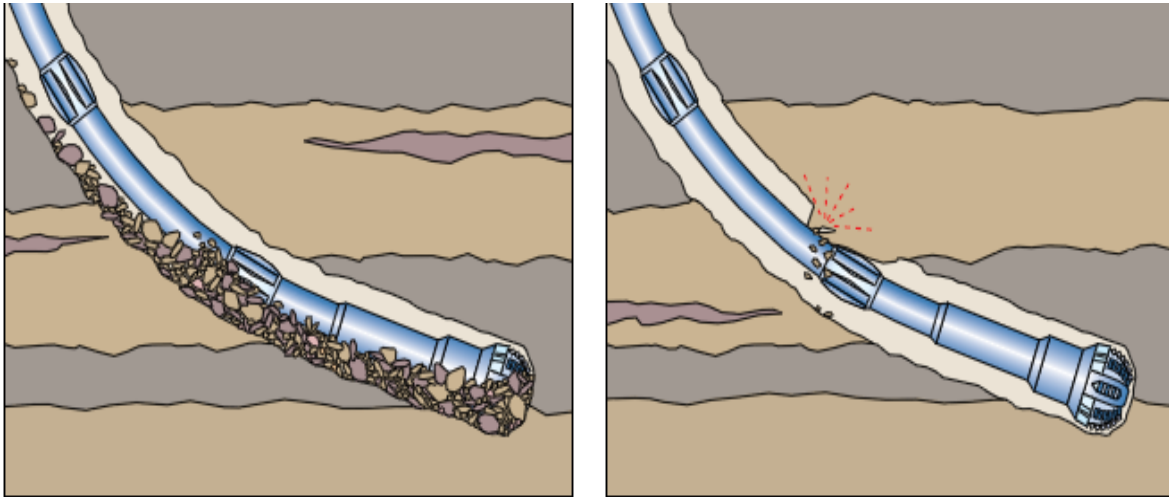


Figura 1.12. Limpieza deficiente del pozo (lado izquierdo) podemos ver los pedazos de detritos que nos atascan la tubería.

Geometría del pozo (lado derecho), es probable que por la mala geometría del pozo la tubería se nos atore cuando tenemos un cambio de dirección.

## 1.6 Prevención de una pesca

Casi cualquier práctica incorrecta en las operaciones puede causar problemas de pesca. La prevención requiere de mantenimiento preventivo a fin de ejercer el cuidado y la previsión antes de que surjan problemas.

La mayoría si no toda la pesca se puede prevenir. Hay casos en los que puede parecer que la causa de la pesca no puede ser prevista, pero estas son muy pocas.

El tema de la causa y prevención de la pesca es tan importante que merece una parte substancial de tiempo de todo el personal, incluyendo todos los niveles que participan en operaciones de perforación, terminación y reparación de pozos. La gravedad y el costo de la pesca, probablemente no es reconocida por la industria, ya que en gran parte de ella son “pequeños trabajos” como la recuperación de conos de barrena. Sin embargo, la pesca no es una operación normal. El personal



no está familiarizado con ella y como resultado, la pesca a menudo conduce a la pesca.

En la industria no se ha iniciado un amplio programa de prevención por varias razones. La pesca no es un tema de interés en general, salvo con algún personal de la industria. El costo de los trabajos de pesca es poco reconocido, se pasa desapercibido o se acepta como parte del costo en el proyecto.

La debida preparación del programa de perforación y de tuberías de revestimiento es una medida preventiva importante. Desarrollar un programa que prevenga o alivie los problemas de pesca. Prestar especial atención a los posibles problemas de formación, especialmente a los problemas de circulación. Estar conscientes de los problemas y necesidades especiales en pozos horizontales y con alto ángulo de desviación.

Una de las primeras medidas de prevención es reconocer la causa real de la pesca. Por ejemplo, si un agujero se pierde durante la pesca, la pérdida se atribuye a los trabajos de pesca. Aunque esto puede ser la causa directa, la causa indirecta y real puede deberse a una serie de factores diferentes.

## **Capítulo II**

### **Herramientas de pesca**

## 2.1 Instrumentos de trabajo

El tipo de pescado a recuperar y las condiciones de fondo de pozo determinan la estrategia de pesca. A lo largo del tiempo se han desarrollado numerosas herramientas y técnicas innovadoras para recuperar del pozo tuberías, componentes del fondo.

Pero en general la mayoría de las herramientas de pesca corresponden a una de las categorías siguientes:

1. Las canastas de pesca, recogen objetos pequeños o trozos de escombros que son demasiado pesados para circular fuera del pozo.
2. Las herramientas de corte de tubería.
3. Las herramientas de captura, estas se dividen en dos herramientas de agarre externo y herramientas de agarre interno.
4. Las herramientas de martilleo
5. Las herramientas de fresado que trituran la superficie superior de un objeto.

La solución a los problemas de pesca dependen de algunos parámetros importantes como son: donde se encuentre la pieza a recuperar, como llegó hasta allí, su estado, sus dimensiones y su orientación dentro del pozo. La orientación y el tamaño del pozo también son muy importantes; estos parámetros pueden limitar el tipo y el diámetro del equipo de recuperación y restringir el espacio disponible para realizar las maniobras de dicho equipo por encima de la pieza de pesca. Caso contrario, en un pozo de gran diámetro puede dificultar la localización de la parte superior de la pieza.

Para diseñar un programa de pesca, el operador debe conocer el tamaño y la forma exactos de la pieza a recuperar. La falta de datos dimensionales correctos puede hacer fracasar una operación de pesca. Por este motivo los representantes de las compañías requieren que cada elemento que es bajado al pozo sea

delineado con precisión, sujeto con una cinta de medición para la determinación de su longitud y calibrado para la determinación de su ancho.

## **2.2 Bloques de impresión**

Si el perforador no está seguro de que tipo de detrito debe recuperarse, la brigada de perforación puede bajar al pozo un bloque de impresión para determinar la posición y la forma de la parte superior de la pieza a recuperar. Los bloques de impresión poseen un cuerpo de acero tubular corto cuyo extremo inferior está provisto de un bloque de material blando, generalmente un inserto de plomo. La herramienta se baja en el extremo inferior de la sarta de pesca hasta que hace contacto con la obstrucción en el pozo. Algunos bloques de impresión poseen un orificio de circulación para el bombeo de fluido de perforación que tiene la finalidad de limpiar la parte superior de la pieza que se va a recuperar antes de que se siente el bloque. El peso de la sarta de pesca ayuda a presionar el inserto de plomo contra la parte superior de la pieza y de esta manera se genera una impresión; posteriormente el bloque es llevado a superficie donde el perforador o el especialista estudia la impresión. Esta información preliminar ayuda al operador a saber la profundidad donde se encuentra la pieza de pesca y así pueden saber el tipo de equipo de pesca a desplegar.



Figura 2.1. Bloque de impresión. Si existe incertidumbre acerca de qué tipo de objeto debe ser recuperado, el operador puede correr primero un bloque de impresión en el pozo.

Los bloques de impresión también pueden ser corridos con línea de acero, lo que resulta mucho más rápido que correrlos con sarta de perforación; este método posee limitaciones de peso y tamaño.

### **2.3 Herramientas usadas para pesca de basura o chatarra**

Cuando no se trata de tubería, el rescate presenta problemas muy diferentes. El pescado pueden ser conos de barrenas, barrenas, herramientas manuales, segmentos de cuñas, obturadores y otras partes del equipo o pescado destruido. En este caso, los pescantes son herramientas para rescatar piezas no tuberías.

Los trozos más pequeños de detritos o escombros, tales como herramientas manuales, conos de barrenas o dados de llaves para tuberías, pueden ser recuperados con una canasta de pesca o con un imán de recuperación de detritos.

### **2.3.1 Canasta de pesca**

Para recuperar trozos pequeños de detritos del fondo de un pozo, los pescadores utilizan a veces una canasta de pesca de tipo extractor de núcleos. Mediante la extracción lenta de un núcleo de la formación, este dispositivo recupera los detritos junto con el núcleo. Estas operaciones se emplean a menudo en formaciones blandas a semiblandas.

Las canastas de recuperación, utilizadas en las operaciones de pesca y fresado, atrapan los detritos que son demasiados pesados para circularlos fuera del pozo. Estas se corren lo más cerca posible de la barrena o de la fresa y a veces se baja en cascada para incrementar la capacidad de recuperación de detritos. La canasta de recuperación se utiliza en el fondo del pozo y emplea el lodo de circulación para transportar los detritos desde el fondo. Dado que el espacio anular es más ancho por encima de la canasta de recuperación, la velocidad anular del lodo se reduce, y en consecuencia, los detritos sedimentan y se asientan dentro de la canasta.

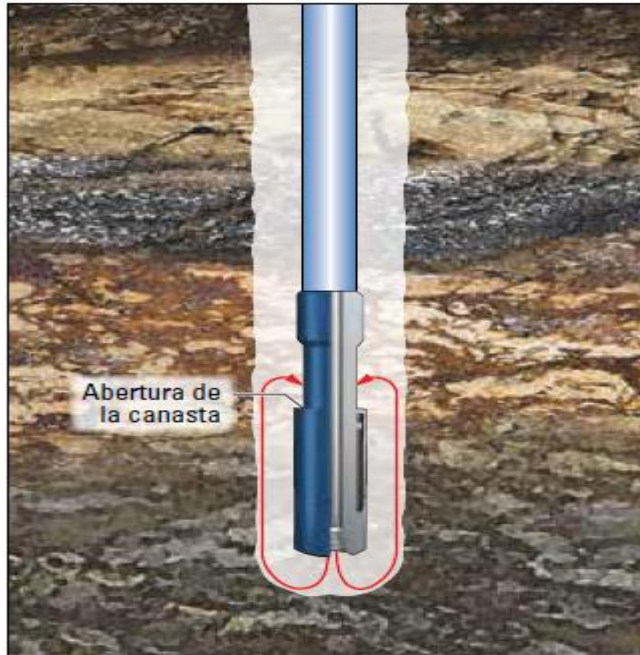


Figura 2.2. Canasta de recuperación. La circulación del fluido de perforación levanta los detritos del fondo del pozo. Por debajo de la unión de la tubería la velocidad del fluido disminuye a medida que se incrementa el ancho del espacio anular. Esta reducción en la velocidad permite que los detritos se almacenen en las aberturas de la canasta.

Una canasta de pesca de chorro produce una fuerza de circulación capaz de levantar del fondo del pozo elementos que ofrezcan resistencia, tales como cadenas. Estas canastas utilizan los orificios cercanos a su base para producir una circulación inversa que fuerza el material hacia arriba, a través del centro de la canasta. La canasta de pesca de chorro puede ser corrida en agujero descubierto o pozo entubado para recuperar detritos pequeños del pozo y resulta efectiva en aplicaciones verticales u horizontales.

### 2.3.2 Imanes de recuperación

Los imanes de recuperación de detritos se utilizan para recuperar residuos ferrosos, tales como conos de barrenas, cojinetes, recortes fresados y pasadores que pueden ser difíciles de recuperar utilizando otros métodos.



Figura 2.3. Imanes de recuperación. Este tipo de imán se utiliza para recuperar pequeños trozos de material ferroso dentro del pozo.

Estas herramientas poseen una placa polar interna altamente magnetizada dentro de un cuerpo no magnético. Los imanes se corren generalmente antes de la barrena de diamantes para remover los escombros que podrían dañar las barrenas.



Si los detritos no se recuperan en su totalidad, el operador puede optar por correr una barrena usada y tratar de perforar y lavar más allá de la pieza a recuperar. Si esta estrategia fracasa, los detritos pueden fragmentarse en piezas más pequeñas utilizando una carga de tipo disparo para desechos (junk shot) o una fresa. Una carga de tipo disparo para desechos es una carga premoldeada (hueca) diseñada para dirigir su energía hacia abajo para fracturar el objeto en cuestión.

Un procedimiento más convencional consiste en triturar el objeto utilizando una fresa cóncava. La concavidad de la fresa ayuda a centrar los detritos por debajo de una gruesa superficie de corte de carburo de tungsteno que fragmenta los detritos en trozos más pequeños. Luego, estos detritos fragmentados pueden lavarse con las canastas de pesca por encima de la fresa.



Figura 2.4. Fresa de detritos. Una leve concavidad en la cara de la fresa ayuda a centrar los detritos por debajo de la superficie de corte para triturarlos en trozos más pequeños.

## 2.4 Herramientas de captura

La recuperación de tuberías, tales como tubería de perforación o lastrabarrenas, requieren un enfoque diferente. Muchas de estas operaciones comienzan con la hipótesis de que es probable que cualquier tubería que queda en el pozo se atasque. Sin circulación de lodo alrededor de la pieza de pesca, los recortes pueden asentarse alrededor de la tubería o formación y puede obturarse, lo que restringirá el movimiento posterior. Cuando una sarta de perforación se atasca, se rompe por tensión o se desenrosca, el plan de recuperación en general consiste en liberar la pieza a recuperar.

A continuación hablaremos de las herramientas de captura que nos ayudan a recuperar el pescado mediante la captura de este, estos se pueden clasificar en dos tipos de herramientas:

1. De agarra externo
2. De agarre interno

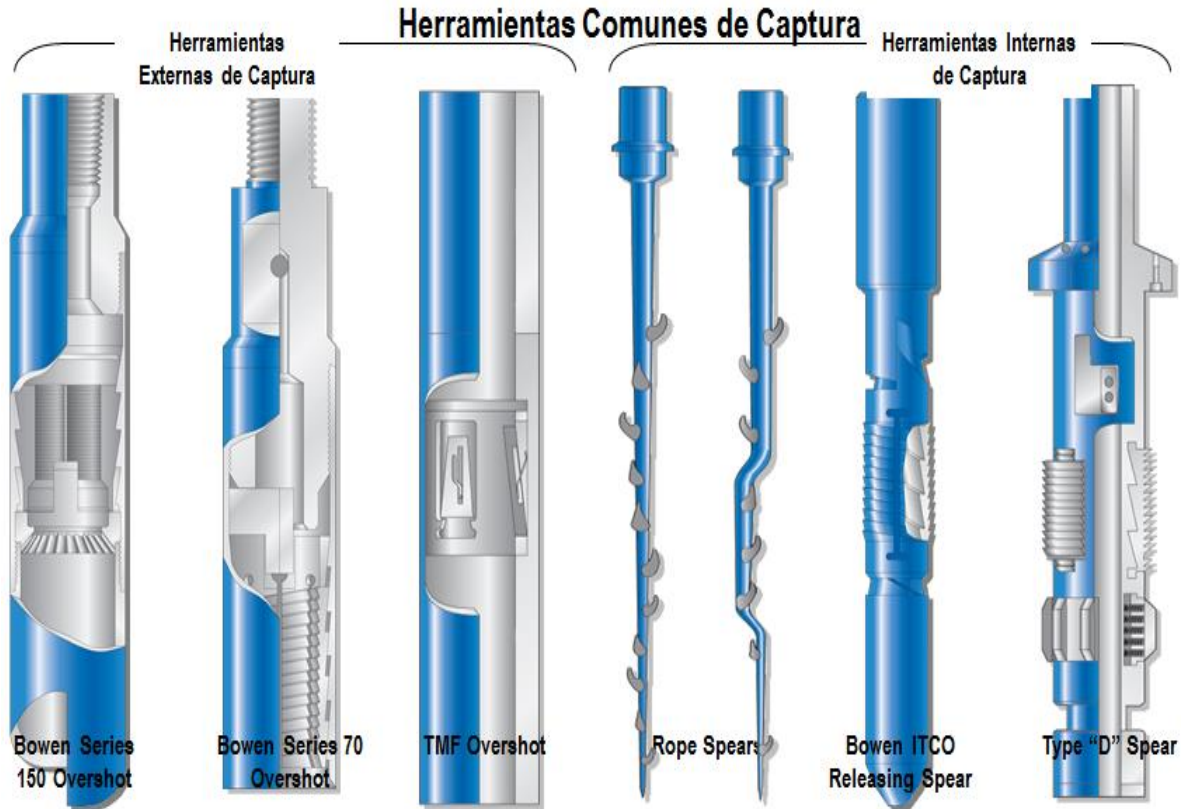


Figura 2.5. Herramientas comunes de captura

### 2.4.1. Pescantes de agarre externo

Son aquellas herramientas que están diseñadas para sujetar a la herramienta en pesca por la parte exterior, antes de bajar estos pescantes será necesario analizar cuidadosamente las características y las causas incluyendo el tamaño y la forma de la parte superior o boca de pez.

### 2.4.1.1 Pescante de cuñas

El pescante de cuñas es la principal herramienta de agarre exterior y es probablemente la más popular de todas las herramientas de pesca. El pescante de cuñas se usa para engranar externamente, empacar y jalar el pescado. Están diseñados con una ranura helicoidal en el tazón y con grapas o cuñas, siendo ahora casi universalmente usados.



Figura 2.6. Pescante de cuñas. Está dividido en tres segmentos: el cabezal, superior conecta al pescador de agarre exterior con la herramienta de servicios.

El tazón posee un diseño helicoidal ahusado para alojar una mordaza que sostiene la pieza de pesca.

La guía ayuda a posicionar la herramienta sobre la pieza de pesca.

La mayoría de los pescantes de cuñas consiste en un tazón, un substituto superior, una guía, una grapa o cuña, un control, un empacador y tal vez algunos

accesorios adicionales. Cada una de las grapas es girada con cuñas o con garras con lo que se asegura la firme captura.

Si el diámetro del pescado se aproxima al diámetro máximo del enchufe entonces se utiliza una grapa tipo espiral.



Figura 2.6. Grapa tipo espiral, usadas de acuerdo al tamaño del pescado

A continuación podemos ver cómo quedaría el pescante de agarre externo utilizando una grapa de tipo espiral.

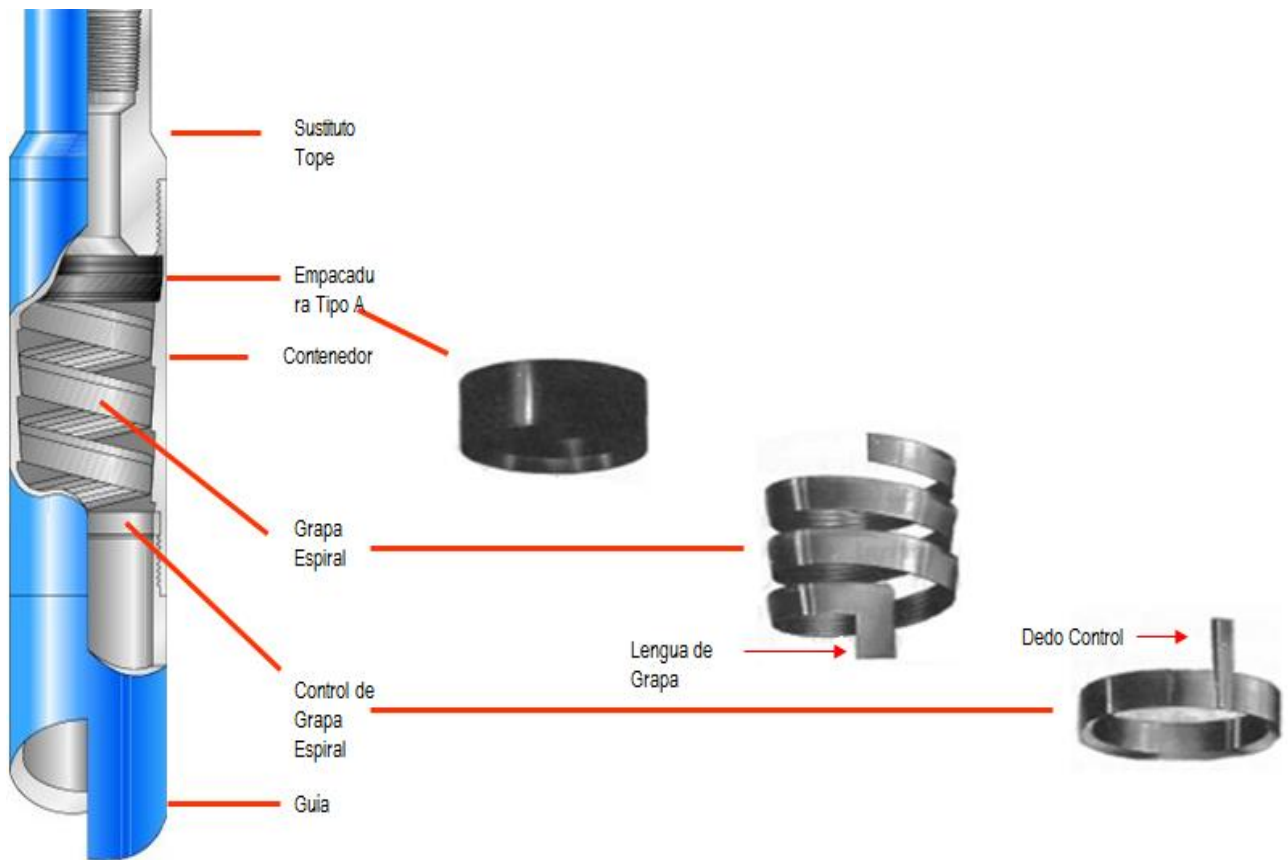


Figura 2.8. Pescante de agarre externo con grapa tipo espiral.

Si el diámetro de la boca de pescado es mucho menor que el agarre máximo del enchufe hay que usar una grapa de cesta y un empaque de control.



Figura 2.7. Grapa tipo canasta, usada de acuerdo al tamaño del pescado

La siguiente imagen nos muestra un pescante de cuñas utilizando una grapa tipo canasta.

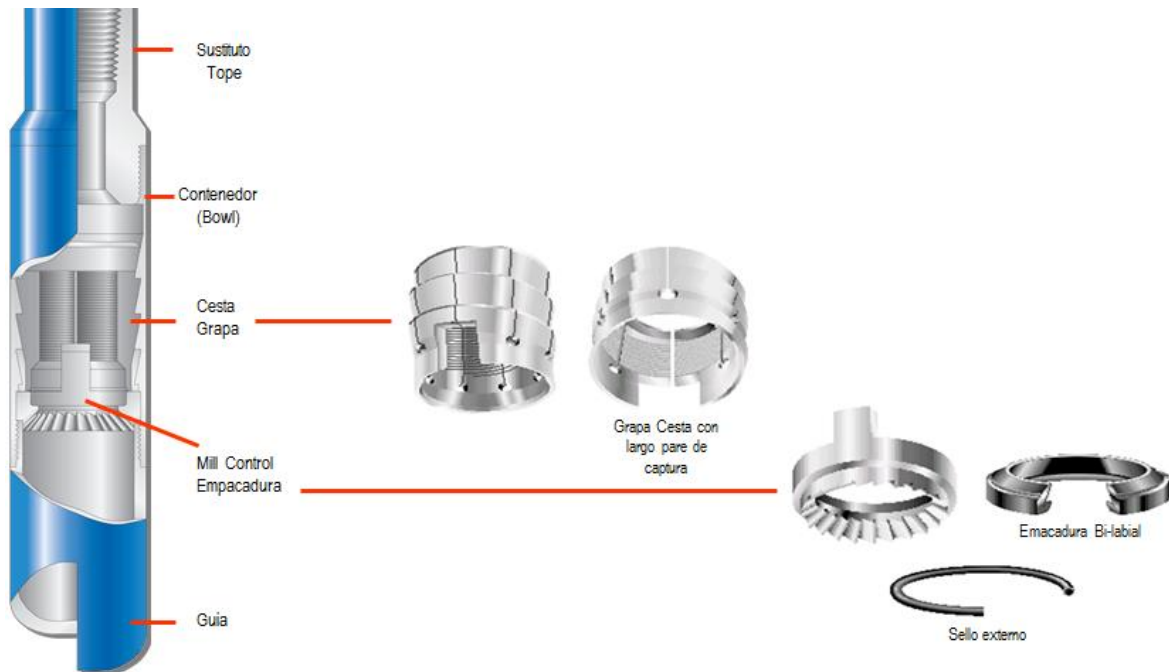


Figura 2.10. Pescante de cuñas con grapa tipo canasta.

Para enchufar adecuadamente el pescante de cuñas sobre la boca de pescado se hace rotar lentamente la sarta de pesca hacia la derecha y se baja gradualmente el enchufe sobre el pescado; la rotación y bajada combinada son importantes. La bomba en superficie puede ser enganchada para ayudar a limpiar el pescado y también para indicar cuando el pescante de cuñas está enchufado en el pescado. Una vez verificado esto, por el incremento en la presión de la bomba se debe parar la misma.

Los pescantes de cuñas son muy versátiles y se pueden utilizar casi para cualquier problema. Las extensiones como los lavadores de tuberías pueden ser corridas por encima de la tubería y el pescante de cuñas puede agarrar por debajo

el cople o la junta de la herramienta. Esto se hace a menudo cuando la parte superior de la junta del pescado está en malas condiciones y no es práctico tirar de él.

#### 2.4.1.2 Pescante de cuñas de agarre cortó

El pescante de cuñas de agarre cortó está disponible en tamaños limitados para ser usado cuando la parte expuesta del pescado es demasiado corta para ser capturado con un pescante de cuñas convencional.

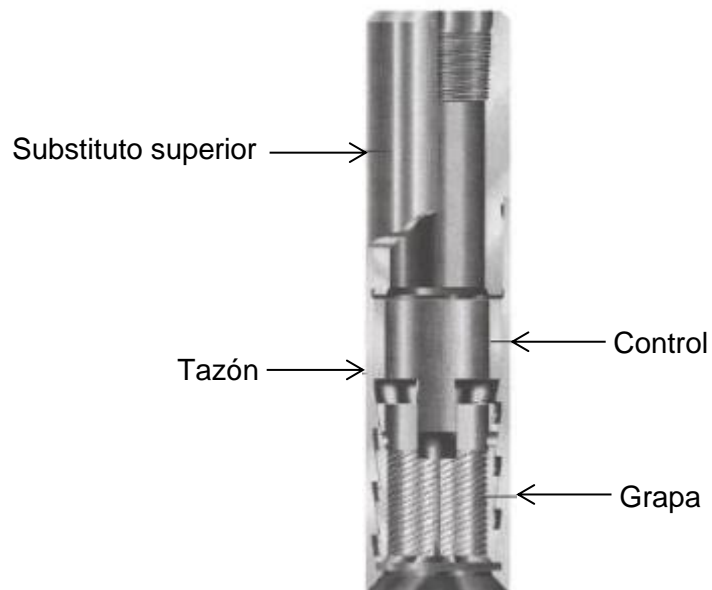


Figura 2.11. Pescante de cuñas con agarre cortó para ser usado cuando la parte de agarre del pescado es demasiado corta.



Para emplear correctamente un pescante de cuñas en un pescado, gire lentamente el pescante de cuñas mientras baja sobre el pescado (un pescante de cuñas no deberá caer sobre el pescado). La circulación se puede establecer para ayudar a limpiar el pescado y también para indicar cuando el pescante de cuñas esta sobre el objeto a capturar. Una vez que esto ha sido indicado por el aumento de la presión de bombeo, la bomba deberá ser detenida para evitar una manifestación del pescante de cuñas fuera del pescado. Las vibraciones deberán hacerse iniciando con un ligero golpe y poco a poco incrementarlos, ya que esto tiende a “fijar” la grapa en el pescado.

Para liberar el tazón y la grapa del pescante de cuñas, la sección cónica del tazón y la grapa primero tendrán que liberarse mutuamente. Cuando se tira de un pescado, estas dos superficies se engranan y evitan la liberación con fricción.

### **2.4.1.3 Sarta de pesca con una herramienta de agarre externo**

La siguiente imagen muestra una sarta de pesca típica con una herramienta de agarre externa.

Los martillos amortiguadores permiten viajar libremente y tocar suavemente el pescado para capturarlo y golpetear amortiguadamente hacia abajo.

Los “oil jar” y los intensificadores proporcionan fuertes impactos hacia arriba para liberar el pescado atascado.

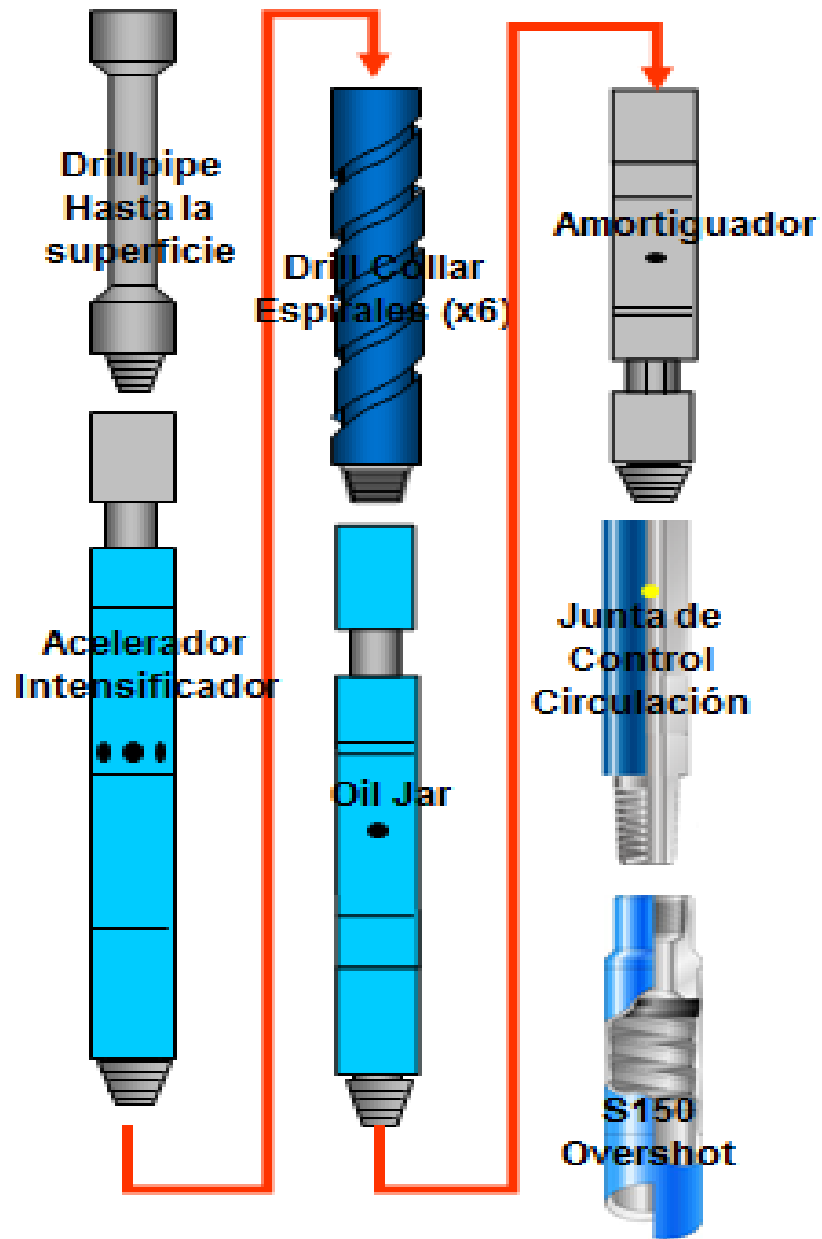


Figura 2.12. Sarta de pesca con una herramienta de agarre externo

## 2.4.2 Pescante de agarre interno

Básicamente están compuestos por machuelos y arpones. Son herramientas que penetran en el interior del pescado y que cuentan con un mecanismo o diseño de agarre interior. Entre las variantes de los dispositivos de agarre interior se encuentran las terrajas de pesca, las terrajas cónicas (machos cónicos) y los arpones de pesca.

### 2.4.2.1 Terraja de pesca

La terraja de pesca se utiliza con piezas de pesca que se han desenroscado de la sarta de tuberías. Como consecuencia de esta situación, una unión hembra de la tubería queda mirando hacia arriba de modo que puede ser enganchado por la terraja.



Figura 2.13. Terraja de pesca, se utilizan para ser enroscadas en una unión hembra de tubería cuando se recupera una pieza de pesca tubular que no puede rotar

### 2.4.2.2 Macho cónico

Es un dispositivo de agarre interno de los tubulares que poseen un diámetro interno restringido. La terraja cónica tiene un perfil largo y ahusado, y se utiliza para labrar roscas nuevas mientras se atornilla en la parte superior de la pieza de pesca. Se corre en el pozo hasta la parte superior de la pieza de pesca y luego se hace rotar para labrar o enganchar roscas. Se emplea en conjunto con una unión de seguridad, que permite desenganchar la herramienta de servicio de la pieza a recuperar en caso de que la primera se atasque.



Figura 2.14. Macho cónico, su forma de rosca fina permite que la terraja funcione como herramienta de enrosque.

### 2.4.2.3 Arpones

Los arpones se utilizan para la captura de la parte interior de una tubería o de otro tipo de pescado tubular. En general, un arpón se emplea solo cuando un pescante de cuñas no es adecuado. El arpón tiene un orificio interior pequeño que limita correr algunas herramientas e instrumentos a través de él para tareas de corte y en algunos casos para desenroscar. Para el arpón también es más difícil que para el pescante de cuñas empacar o sellar entre el pescado y la sarta de trabajo.

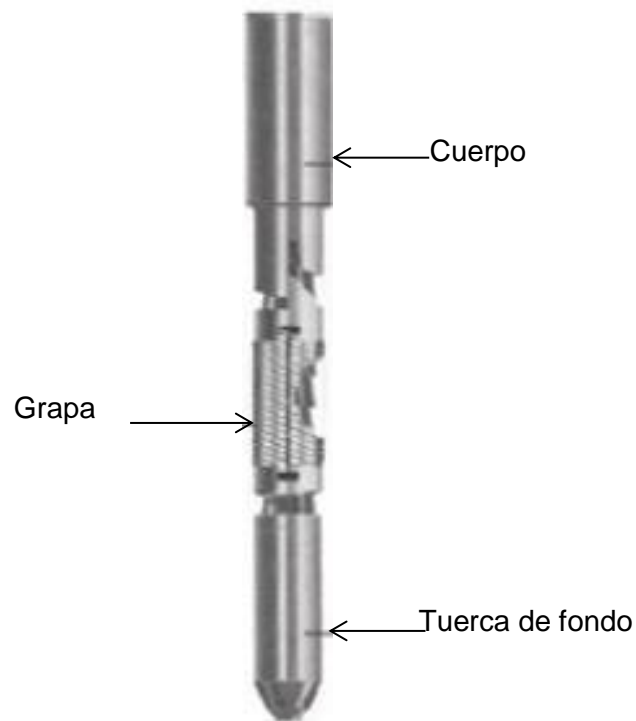


Figura 2.15. Arpón, captura por la parte interna del pescado

Sin embargo, los arpones son más útiles que los pescantes de cuñas para algunos trabajos de pesca tales como sacar tuberías cortas de revestimiento o empacadores, tuberías de revestimiento pegadas o pescar tubería que se ha ampliado debido a disparos con explosivos, por fatiga o por fragmentación.

El arpón es una herramienta versátil. Esta se puede correr en la sarta por encima de la herramienta interior de corte o en combinación con otras herramientas, ahorrando viajes dentro del agujero con la sarta de trabajo. Las herramientas de molinos pueden ser corridas por debajo del arpón para abrir la tubería de manera que el arpón pueda entrar y capturar.

El arpón más utilizado se basa en los mismos principios que el pescante de cuñas. Las cuñas de la grapa en la superficie exterior del arpón son para agarrar y capturar el interior de la tubería que se está pescando.

Para liberar al arpón se gira a la derecha. Si la grapa es paralizada contra el mandril, puede ser necesario golpear hacia abajo para liberar la grapa. El martillo puede ser corrido por encima del arpón para golpear hacia abajo y liberar la grapa.

Para empacar el pescado cuando se captura con el arpón, en lugar de una extensión, al arpón se le colocara por debajo un empacador de copa. Generalmente estos están protegidos por una guía de acero, que ayuda al empacador de copa a introducirse en la tubería sin dañarse.

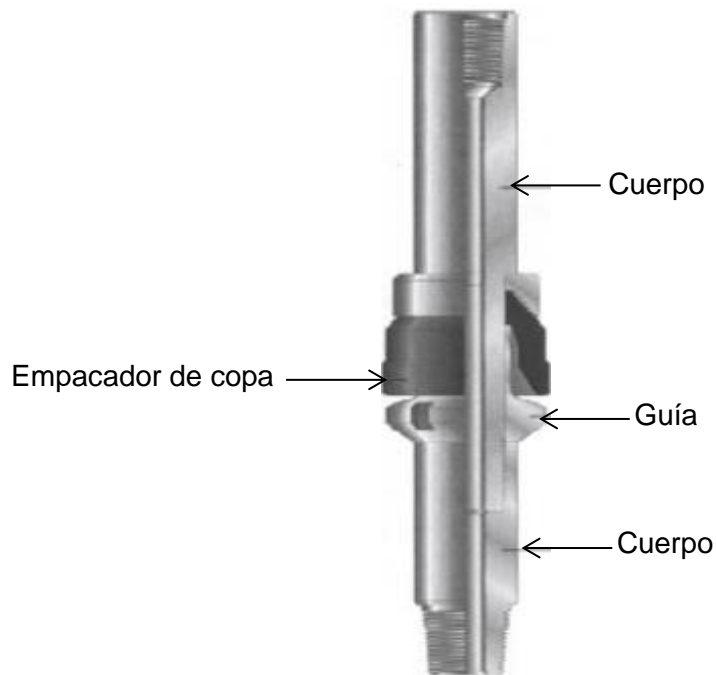


Figura 2.16. Arpón con emparador de copa.

Existen otros diseños de arpones. La mayoría se basa en el principio de la cuña cónica. Estos tipos de arpones varían con las diferentes compañías de herramientas de pesca. Los pescantes de cuñas y los arpones descritos en este capítulo son ampliamente usados por todas las compañías. La operación hidráulica de los pescantes de cuñas y los arpones se hace principalmente para ser usados en la pesca a través de tubería.

#### 2.4.2.4 Sarta de pesca con herramienta de agarre interno

La siguiente imagen nos muestra una sarta de pesca típica utilizando una herramienta de agarre interno.

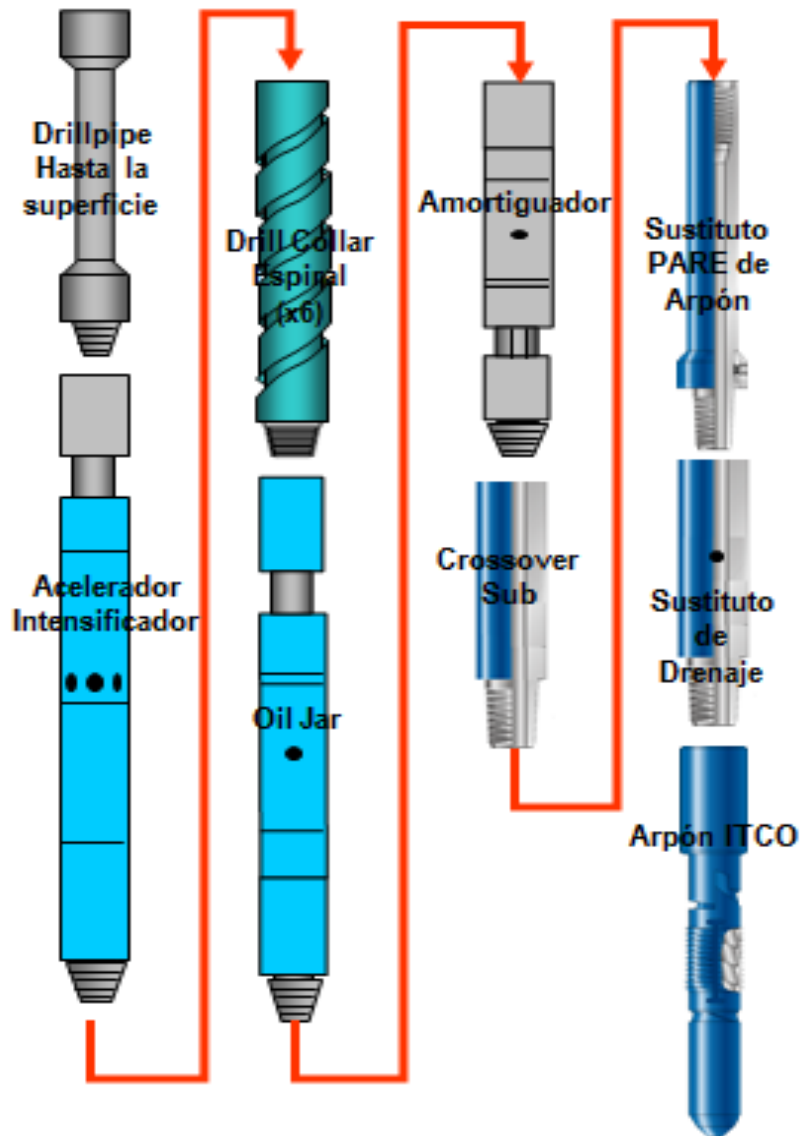


Figura 2.17. Sarta de pesca con herramienta de agarre interno



### **2.4.3 Herramienta de martilleo**

Los percusores son herramientas de impacto usadas para golpear fuertemente, ya sea hacia arriba o hacia abajo, sobre el pescado pegado. Los percusores se han utilizado en perforación por muchos años. Al principio la herramienta de cable era usada por los perforadores conectándola con los percusores para pesca y perforar. Hoy en día los percusores se dividen en dos categorías: para pesca y perforación.

Los percusores en cada una de estas categorías pueden ser distinguidos por su funcionamiento mecánico o hidráulico. Mientras tanto los percusores para pesca y los percusores para perforación trabajan con el mismo principio y generalmente su construcción es diferente.

La mayoría de las sargas de vibración para pesca consisten en percusor de aceite (algunas veces llamado percusor hidráulico) y martillo, junto con los lastrabarrenas necesarios para dar peso. Además un acelerador (también llamado intensificador o reforzador) puede ser añadido a la sarga.

El percusor de aceite golpea el pescado hacia arriba; y el martillo golpea hacia abajo. Un acelerador puede ser incluido en la sarga de vibración para proporcionar mayor energía, lo que ayudara a acelerar los lastrabarrenas cuando estos sean liberados por los percusores de aceite. También proveen un libre viaje que es compensado por el viaje del percusor de aceite en el mandril.

### 2.4.3.1 Sarta de vibración

Una sarta de vibración completa consiste en una herramienta de captura adecuada, un martillo o sustituto, un percusor de aceite, los lastrabarrenas deseados, un percusor del acelerador y la sarta de trabajo. Cada herramienta en la sarta realiza una función específica y es fundamental correrlas en el orden adecuado. El pescante de cuñas o el arpón en la parte inferior capturan o engranan al pescado. El martillo vibra hacia abajo, ya sea para sacar al pescado o para ayudar a liberar la herramienta de captura.

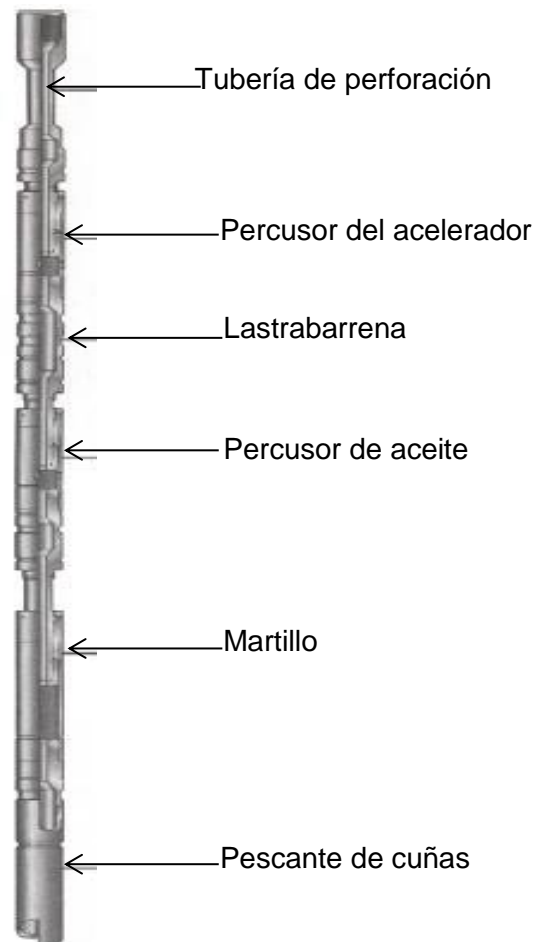


Figura 2.18. Sarta de vibración.

### 2.4.3.2 Martillos

El martillo es una junta telescópica mecánica. Los modelos más sencillos tienen mandriles expuestos cuando están abiertos. En otros diseños el mandril con ranura se cierra y lubrica. El martillo se usa casi exclusivamente como herramienta de impacto descendente. El martillo libera el peso de los lastrabarrenas que transporta, lo que provoca un fuerte impacto. Además de liberar golpes de impacto sobre el pescado, el martillo es utilizado por encima de las herramientas de captura tales como los pescantes de cuñas y los arpones.

Los operadores de herramientas de pesca frecuentemente utilizan el martillo en sartas de pesca o en herramientas de corte para que el peso constante pueda aplicarse a una herramienta tal como a un cortador.



Figura 2.19. Martillo, libera golpes de impacto sobre el pescado.

### 2.4.3.3 Percusores de aceite

Un percusor de aceite consiste en un mandril y pistón funcionando dentro de un cilindro hidráulico. Cuando el percusor de aceite se cierra, el pistón está en su posición inferior, donde se ha ajustado perfectamente y restringe el movimiento dentro del cilindro. El pistón está equipado con empaques especiales que retardan el paso del aceite de la cámara alta a la cámara baja del cilindro cuando el mandril se jala al recoger la sarta de trabajo. A mitad de camino a través del golpe, el pistón alcanza una amplia sección del cilindro que libera su movimiento. El pistón se mueve rápidamente y golpea el cuerpo del mandril. La intensidad de los impactos puede ser modificada por la cantidad de tensión en la sarta de trabajo. Esta variable en los impactos es la principal ventaja del percusor de aceite sobre el percusor mecánico para pesca.

Algunos diseños de percusores de aceite tienen válvulas de retención o válvulas de desviación que permiten la transferencia rápida de fluidos a la cámara por encima del pistón cuando amortillan o se recargan. Sin embargo hay muchos percusores de aceite en el campo sin esta característica.



Figura 2.20. Percusor de aceite hidráulico, esta herramienta puede modificar la intensidad de los impactos.

#### 2.4.3.4 Acelerador o intensificador

El acelerador o intensificador, también llamado reforzador es un accesorio que se corre en la sarta de vibración. Cuando se corre por encima de los lastrabarrenas, el impacto lanzado hacia el pescado es incrementado y la mayor parte del golpe es liberado por la sarta de trabajo y el equipo. El intensificador es esencialmente fluido compuesto por un cilindro lleno con fluido compresible, por lo general de un gas inerte. Cuando se tira de la sarta de trabajo, un pistón en el cilindro comprime el fluido y almacena energía. Cuando el percusor de aceite viaja, esta energía es liberada y acelera el movimiento de los lastrabarrenas hacia arriba del agujero para dar un fuerte golpe.

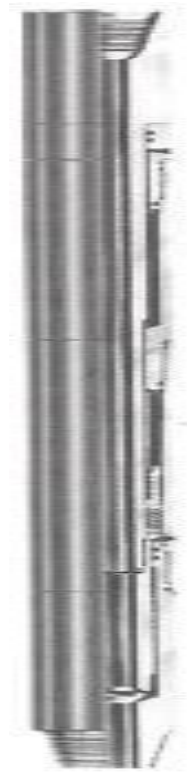


Figura 2.21. Intensificador, incrementa el golpe liberado por la sarta de trabajo.

### 2.4.3.5 Sarta de pesca con una herramienta de martilleo

Herramientas de Martilleo por impacto elaboradas de material con alta cedencia tensil y torsional para golpear pesada y explosivamente hacia arriba para liberar un pescado atascado.

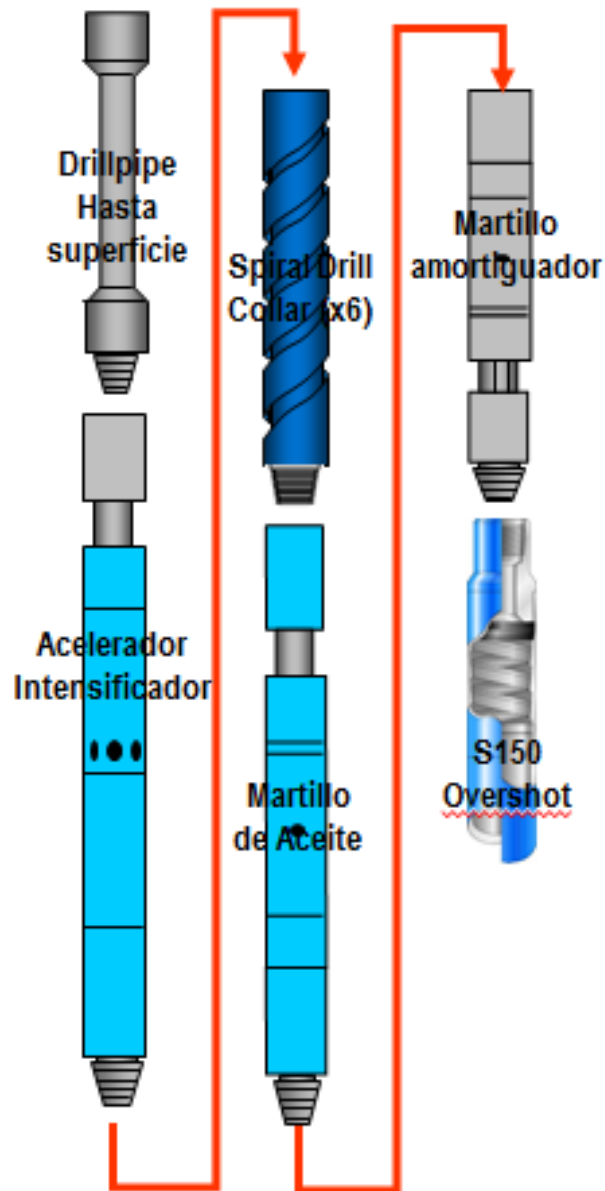


Figura 2.22. Sarta de pesca con una herramienta de martilleo

## 2.4.4 Herramientas de molienda

### 2.4.4.1 Fresas o molinos cónicos

Las fresas se encuentran disponibles en una amplia gama de configuraciones para ser utilizadas en varias aplicaciones. A menudo se utilizan con el fin de preparar la parte superior de la pieza de pesca para que se adapte a una herramienta de pesca, pero también para triturar collares flotadores, tapones puentes y retenedores.

Fresa puntiaguda



Fresa piloto



Fresa longitudinal estrecha y ahusada



Figura 2.17. Herramientas de fresado para fondo del pozo.

Los detritos producidos mediante la operación de fresado se levanta luego con imanes o canastas de pesca o se circulan fuera del pozo.

#### 2.4.4.2 Molinos y zapatas

Los molinos y las zapatas dentadas se encuentran entre las herramientas de pesca más comunes. Antes de la invención del carburo de tungsteno, estos eran hechos con cuchillas o dientes de carburo. La superficie exterior era endurecida para cortar, mientras que el interior metálico estaba todavía en un estado semi-recocido y en comparación más flexible. Esto contribuía a evitar la rotura de cuchillas o dientes. El desarrollo del carburo de tungsteno acondiciono herramientas para cortar y moler, siendo un gran avance en la capacidad de estas herramientas.



Figura 2.24. Zapatas dentadas y molinos para cortar y moler

El material con el cual se hacen los molinos y las zapatas son de carburo de tungsteno para acondicionar molinos y zapatas viene en barras o varillas



aproximadamente de 18 pulgadas de largo. Las varillas contienen partículas de incrustación de carburo de tungsteno, que son de forma irregular y tienen bordes filosos. Estas partículas son incorporadas a una matriz de material de bronce, níquel y plata. Las partículas de carburo de cada barra son seleccionadas según su tamaño y pueden ser clasificadas, por ejemplo, en 3/8, 1/4 de pulgada, o en mallas del 10-18.

Para un corte efectivo, el carburo tungsteno deberá ser de buena calidad y estar perfectamente limpio de cualquier suciedad, como aceite o basura que impida la adherencia a la aleación de materiales en la matriz. Normalmente, las partículas grandes se utilizan para diámetros grandes de molinos y zapatas, mientras que las partículas más pequeñas se utilizan para pequeñas herramientas.

#### **2.4.4.3 Molinos**

Una operación de molienda puede emplearse en casi todas las operaciones de pesca; sin embargo algunas moliendas resultan infructuosas, debido a la cantidad que se va a moler del pescado, el tipo de molino usado y las condiciones de operación.

Los molinos deben diseñarse para trabajos específicos. Son herramientas que no tienen partes móviles en su cuerpo y que se podrían quedar en el pozo como resultado de la molienda y de su mismo desgaste. Para su operación se requiere de cierto torque; la cantidad depende del diámetro molino y del material que se va a moler, del ritmo de penetración y del peso sobre el molino. Un torque excesivo puede ocasionar daño en las juntas de la sarta de trabajo, que posteriormente puede ocasionar otros problemas.



Figura 2.25. Molinos con diferentes configuraciones de fondo

Los molinos están contruidos con una pieza de metal recubierta en el fondo con cortadores de diferentes materiales como carburo de tungsteno, o metal muncher (metal más resistente que el carburo de tungsteno). La selección del tipo de cortador depende del material que se va a moler. Son contruidos en tres diferentes configuraciones del fondo (plano, cóncavo, cónico de aletas). Además deben diseñarse con canales o puertos de circulación que no restrinjan el flujo de fluido y que impidan levantar los recortes molidos.

#### 2.4.4.4 Molinos tipo junk

Los molinos tipo junk son los más versátiles debido a su capacidad para moler cemento, todo tipo de tubería y empacadores de producción. Están revestidos por carburo de tungsteno o metal muncher. Se disponen con fondo plano, cóncavo y convexo, y con cuello de pesca y estabilizadores.



Figura 2.26. Molino tipo junk

### 2.4.4.5 Sarta de pesca con una herramienta de molienda

La siguiente imagen es un ensamble típico de Molienda (BHA). Consistente de los componentes mostrados como: magnetos y canastas para disponer de los escombros de corte cuando se muele con un “molino tipo junk” o con cualquier otra herramienta de molienda

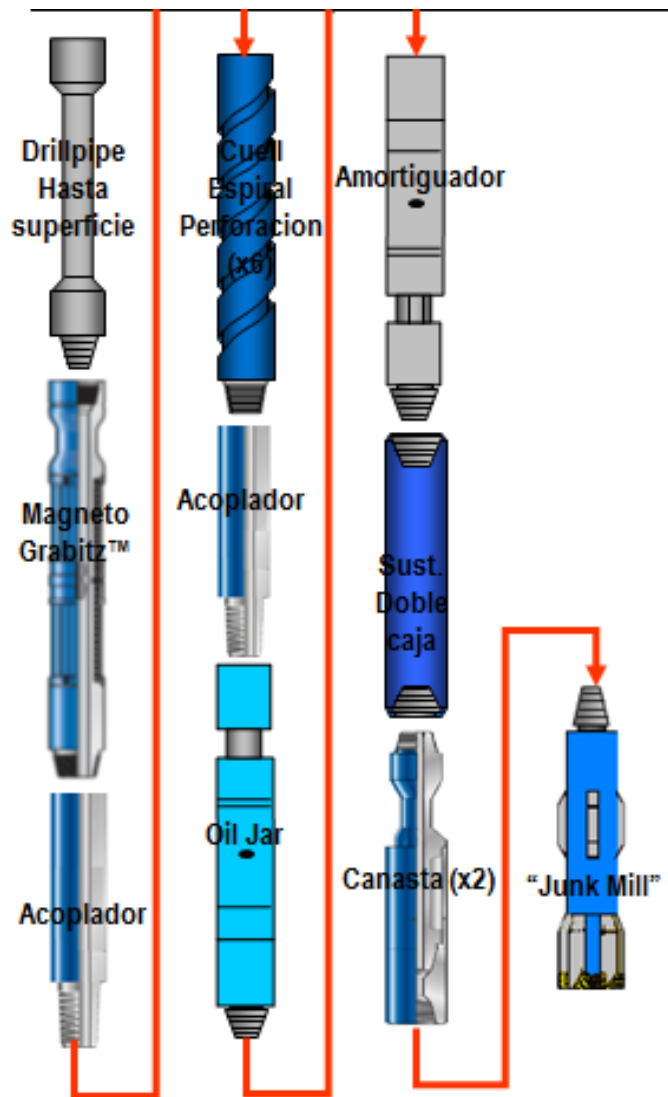


Figura 2:27. Sarta de pesca con una herramienta de molienda

## **Capitulo III**

### **Evaluación económica**

### **3.1 Economía de la pesca**

Los trabajos de pesca son una parte del proceso de planeación en operaciones de perforación, terminación y reparación de pozos. Con el costo cada vez mayor del tiempo de equipo y de pozos más profundos y más complicados, los operadores a menudo presupuestarán las operaciones de pesca. Cuando una operación de pesca es un procedimiento previsto para una reparación de pozos, el operador trabajara con la compañía de herramientas de pesca para diseñar un procedimiento y para desarrollar una estimación de costos.

Considerando la probabilidad de éxito para un trabajo de pesca, el costo del trabajo de la pesca tendrá que ser menor que el costo de re-perforación o de desviar el pozo, para que este tenga sentido económico.

La pesca puede ser considerada como una herramienta de riesgo. Cuando esta se utiliza con éxito, puede salvar al pozo. Porque la pesca es más un arte que una ciencia exacta, puede haber más de una entrada a un problema. El personal de la compañía de herramientas de pesca tiene experiencia valiosa al realizar muchos trabajos de pesca bajo una variedad de circunstancias. Esta experiencia generalmente señala una entrada específica cuando se consideran todos los factores. Aunque ningún trabajo de pesca se puede garantizar para el éxito, la combinación de personal experimentado y de avances tecnológicos en herramientas de pesca ofrece generalmente una opción con una buena probabilidad de éxito.

Para maximizar esta probabilidad, planear apropiadamente un trabajo de pesca es lo más importante. La planeación de reuniones se deberá celebrar y deberá incluir a cada uno de los implicados en el trabajo, tales como operadores o supervisores de herramientas de pesca, personal de la compañía de lodo, personal del equipo,

representantes de la compañía de la línea de acero-eléctrico (cuando sea aplicable), y cualquier otro que pudiera estar implicado. Es mucho más barato determinar que cierto procedimiento no se trabajara antes de hacerlo.

Los trabajos de pesca más económicos son los no realizados. Sin embargo, en los planes de trabajo de perforación y reparación de pozos, estos pueden ser cuidadosamente formulados para prevenir problemas que pueden provocar la pesca, factores impredecibles que pueden entrar en juego. Un error humano, condiciones de agujero desconocidas, fatiga en tubería de metal, chatarra en el agujero y equipo defectuoso sólo son algunos.

La pesca es el término para los procedimientos utilizados para recuperar o eliminar tubería pegada, lastrabarrenas, tubería rota, empacadores pegados, líneas de acero rotas o pegadas y otras pérdidas o fallas del equipo en el pozo. Cuando estas condiciones se desarrollan, las operaciones de perforación, terminación y reparación de pozos se suspenden. La pesca debe ser terminada con éxito antes de poder reanudar las operaciones normalmente. El alcance y la duración del problema y la eficiencia de la solución tienen un impacto económico sobre el proyecto.

La pesca debe ser una solución económica a un problema en el pozo. Existen varios documentos, estudios, formulas y modelos que ayudan a tomar la decisión económica de pescar o no pescar, y en caso afirmativo por cuanto tiempo. Todas tienen merito, y la mayoría de las principales compañías operadoras tienen sus propias formulas con las que deciden entre ellos. Sin embargo muchos factores influyen en la decisión de convertir una lista estándar aplicable a todas las situaciones sería imposible.

Afortunadamente los avances en la tecnología y en los métodos de pesca, molienda, desviaciones, junto con una gran base de datos de información sobre las operaciones de pesca, han hecho más fácil las decisiones para las compañías operadoras.

La probabilidad de los factores es útil para determinar el tiempo que debe dedicarse a un trabajo de pesca. Estos porcentajes deben derivarse de situaciones similares, sin embargo, no hay dos trabajos de pesca exactamente iguales. Árboles de decisión con los costos asociados deben ser establecidos para los programas de trabajo de perforación, terminación y reparación de pozos, en los que hay varios pozos y situaciones similares.

Experiencia, buen juicio, un cuidadoso análisis del problema y una comunicación eficaz entre todas las partes dará lugar a un retorno a la normalidad en las operaciones de perforación, terminación y reparación de pozos con la menor cantidad de pérdida de tiempo y dinero.

### **3.2 Consideraciones económicas**

Cuando se tiene un pescado en el pozo se tiene que tomar la decisión de proceder con la pesca o no, debe contemplarse en función de la necesidad de preservar el pozo, recuperar equipos costosos o cumplir con la normatividad. A su vez, cada elección está cargada de costos, riesgos y repercusiones.

Antes de comprometerse con un curso de acción específico, el operador debe considerar numerosos factores que mencionaremos a continuación:

- Parámetros del pozo: profundidad total propuesta, profundidad actual, profundidad hasta la parte superior de la pieza de pesca y costos de operación diarios del equipo de perforación.



- Costo del material perdidos en el pozo: el valor de la pieza de pesca menos el costo de cualquier componente cubierto por el seguro de las herramientas.
- Costos de las maniobras de pesca: arancel diario de los servicios de expertos en operaciones de pesca y costos diarios de alquiler de las herramientas de pesca y los percutores.
- Cronograma de las maniobras de pesca: tiempo requerido para la movilización de las herramientas y el personal de pesca, duración estimada de la operación de pesca y la probabilidad de éxito.

El costo generalmente determina la duración máxima de la operación de pesca.

### **3.2.1 Ejemplo:**

Un pozo somero con poca inversión de tiempo de equipo de perforación y equipamiento probablemente garantizará un costo mínimo en cuanto al tiempo de pesca. Por el contrario, cuando el equipo perdido representa una inversión de capital importante, se justificara más tiempo y más gastos.

Algunos operadores exigen que cuando los costos de la operación de pesca alcanzan aproximadamente la mitad del costo de la desviación y reperforación del pozo, se deben abandonar las operaciones de pesca para proceder a la desviación de la trayectoria del pozo.

Se han desarrollado varias fórmulas y programas patentados para ayudar a los operadores a determinar cuánto tiempo debe pasarse intentando recuperar un pescado.

Con la siguiente fórmula podemos obtener el número de días asignados a la operación de pesca en el cual todavía nos es rentable intentar recuperar el pescado, esta fórmula incluye algunos parámetros muy importantes que nos ayudan a obtener este resultado.

$$D_f = \frac{(V_f + C_s)}{(C_f + C_d)}$$

Dónde:

$D_f$  = número de días asignados a la operación

$V_f$  = valor de la pieza de pesca

$C_s$  = costo estimado de la desviación de la trayectoria del pozo

$C_f$  = alquiler diario de la herramienta de pesca y costos del personal

$C_d$  = costos de operación diarios del equipo de perforación

La experiencia ha demostrado que la probabilidad de éxito de la recuperación disminuye rápidamente con el tiempo. Esta conclusión tiende a constituir un incentivo para dar comienzo a las operaciones de pesca lo antes posible, con la seguridad de que más allá de un cierto punto, las probabilidades de recuperar la pieza de pesca serán nulas.

Por ejemplo, a la hora de recuperar tuberías atascadas, muchos operadores establecen el límite en cuatro días, lo que incluye el tiempo requerido para preparar la tubería o colocar píldoras.

Si la decisión es abandonar la pieza de pesca, el operador debe decidir si tapara y abandonara el pozo, si lo terminara por encima de la pieza o si desviara su trayectoria alrededor de esta. En caso de tapar y abandonar el pozo, los geocientíficos de la compañía operadora quizás extraigan valor de los datos obtenidos en el pozo, lo que puede incidir en las decisiones subsiguientes acerca de perforar o no un pozo vecino.

Algunos pozos encuentran horizontes productivos en su trayecto hacia zonas productivas más profundas. Si las reservas alojadas en los horizontes más someros son suficientes para justificar la terminación, el operador puede decidir renunciar a la búsqueda de zonas productivas más profundas cuando se enfrenta con una operación de pesca; en cambio, la compañía puede abandonar el pozo profundo y colocar la tubería en la zona productora más somera. En esta opción incidirán el costo de reposición del equipo que ha quedado en el pozo, la probabilidad de su recuperación, el costo de la terminación somera y el volumen de reservas de la zona somera.

Otra opción es desviar la trayectoria del pozo. Además de dar cuenta del equipo del que ha quedado en el pozo, el operador debe contemplar los siguientes puntos:

- El costo y el tiempo requeridos para despachar una cuña de desviación, un motor de perforación u otros instrumentos utilizados para desviar la trayectoria del pozo.
- El costo de colocar tapones de cemento hasta el punto de comienzo de la desviación, el tiempo de fragüe y las maniobras de preparación para la desviación.
- El costo de perforar desde el punto de comienzo de la desviación hasta la profundidad total.
- La probabilidad de atascamiento en el mismo intervalo nuevamente.

En ciertas áreas, puede sucederle al operador que la operación de pesca sea más costosa que la desviación de la trayectoria del pozo o que esta última arroje un resultado más confiable.

Para las operaciones en agujero descubierto, la colocación de un tapón de cemento y de una cuña de desviación o cuchara es quizá una alternativa atractiva con respecto a varios días de tiempo no productivo.

## **Capitulo IV**

### **Caso de aplicación**

## **4.1 Métodos para la estimación del punto libre**

Cuando la tubería se aprisiona por cualquiera de las razones, el primer paso es determinar a qué profundidad se ha producido el aprisionamiento. Existen tres métodos que sirven para determinar el punto libre de una pesca y son:

- Indicador del punto libre.
- Registros de tubería aprisionada.
- Ley de Hooke

### **4.1.1 Registros de tubería aprisionada**

Consiste en un vibrador el cual es medido por un receptor en los intervalos aprisionados, las vibraciones sónicas disminuyen en proporción a la severidad del aprisionamiento, normalmente se corre el registro desde fondo de tubería hasta superficie.

### **4.1.2 Indicador del punto libre. •**

Una determinación más exacta del punto libre se obtiene mediante la utilización de mecanismos electromagnéticos altamente sensibles que miden tanto la elongación como el movimiento de torsión de una sarta de tubería.

### 4.1.3 Ley de Hoocke

Este método para localizar el punto de aprisionamiento de una sarta de tubería, fue desarrollado en la década de los 30. El procedimiento está basado sobre el alargamiento de la tubería después de aplicar una tensión conocida sobre la sarta desde la superficie, de acuerdo a la ley de Hoocke, que dice: “Dentro de los límites elásticos la deformación producida es proporcional al esfuerzo que la origina”.

Si la fuerza producto del estiramiento es conocida, la longitud de la tubería libre puede ser calculada, y de esto la profundidad del punto de aprisionamiento. El método es razonablemente exacto, si las observaciones y las hipótesis son cuidadosamente hechas; y es a menudo usado como posibilidad o para proveer un chequeo comparativo con el punto libre observado eléctricamente con el indicador.

La siguiente ecuación es utilizada para calcular la profundidad aproximada a la cual una sarta de tuberías está aprisionada:

$$L = \frac{EeA}{12P}$$

Dónde:

*L = Longitud libre de tubería de perforación (o de producción), sobre el punto de aprisionamiento, pies.*

*E = 30'000.000, el módulo de elasticidad del acero, psi.*

*e = Elongación (estiramiento) de la tubería, pulgadas.*

*A = Área de la sección transversal de la tubería, pulgadas cuadradas.*

*P = Diferencia entre las tensiones máxima y mínima, libras.*

Por cierto que los valores obtenidos no son exactos por la imposibilidad de tener una sección constante de las uniones, estiramiento, rozamiento por desviación, etc... pero que nos da una información aproximada.

Por su puesto el esfuerzo debe ser tal que no supere el límite elástico de la barra superior, es el punto de mayor elasticidad en la columna.

#### **4.1.3.1 Datos de elasticidad para tuberías de perforación**

La cantidad de estiramiento o alargamiento de material tubular en el pozo, que resulta de aplicar una fuerza de tirón, es comúnmente necesaria su medición. Robert Hooke (1635-1702) descubrió que el estirar o distorsionar un determinado material es proporcional a la tensión o a la fuerza aplicada, sí el límite elástico del material no es superado (Ley de Hooke). El límite elástico de un material es el esfuerzo máximo que se le puede aplicar sin causar deformación permanente o estiramiento permanente en términos petroleros.

La cantidad de estiramiento que se produce cuando una fuerza de tirón es aplicada, varía con la cantidad de tirar, además cambia la longitud del material, la elasticidad del material y la sección transversal. Estas variables se dan en la formula general de elasticidad, siempre que el límite elástico del material no sea superado.



Formula general de la elasticidad

$$\Delta L = \frac{F * L * 12}{E * a_s}$$

Dónde:

$\Delta L$  = elasticidad en pg.

F = fuerza de tirón en lb.

L = longitud en pies.

E = módulo de elasticidad en psi. (Para acero el modulo es = 30, 000,000 psi)

$a_s$  = área de la sección transversal en  $\text{pg}^2$ .

#### **4.1.3.2 Tablas de elasticidad**

Las tablas de elasticidad en esta sección abarcan una amplia gama de tamaños y pesos de tuberías de producción, tuberías de perforación y tuberías de revestimiento. Las columnas en las tablas muestran el diámetro exterior, peso, diámetro interior, pared de tubería de la sección transversal, constante de elasticidad y la constante del punto libre.

OD (In.)	Weight (Lbs/Ft)	ID (In.)	Wall Area (Sq In.)	Stretch Constant (In./1,000 Lbs/1,000 Ft)	Free Point Constant
2.875 (2-7/8)	4.36	2.579	1.268	0.31546	3170.0
	4.64	2.563	1.333	0.30008	3332.5
	6.40	2.441	1.812	0.22075	4530.0
	6.50				
	7.90	2.323	2.254	0.17746	5635.0
	8.60	2.259	2.484	0.16103	6210.0
	8.70				
	8.90	2.243	2.540	0.15748	6350.0
	9.50	2.195	2.708	0.14771	6770.0
	10.40	2.151	2.858	0.13996	7145.0
	11.00	2.065	3.143	0.12727	7857.5
11.65	1.995	3.366	0.11884	8415.0	
3.500 (3-1/2)	5.63	3.188	1.639	0.24405	4097.5
	5.75				
	7.70	3.068	2.228	0.17953	5570.0
	9.20	2.992	2.590	0.15444	6475.0
	9.30				
	10.20	2.922	2.915	0.13722	7287.5
	10.30				
	12.80	2.764	3.621	0.11047	9052.5
	12.95	2.750	3.682	0.10864	9205.0
	13.70	2.673	4.010	0.09975	10025.0
	14.70	2.601	4.308	0.09285	10770.0
	15.10	2.602	4.304	0.09294	10760.0
15.80	2.524	4.618	0.08662	11545.0	
17.05	2.440	4.945	0.08089	12362.5	
4.000 (4)	9.40	3.540	2.600	0.14925	6700.0
	9.50				
	10.80	3.476	3.077	0.13000	7692.5
	10.90				
	11.00				
	11.60	3.428	3.337	0.11987	8342.5
13.40	3.340	3.805	0.10512	9512.5	
4.500 (4-1/2)	12.60	3.958	3.600	0.11111	9000.0
	12.75				
	15.10	3.826	4.407	0.09076	11017.5
	15.50				
	16.90				
19.20	3.640	5.498	0.07275	13745.0	

### 4.1.3.3 Determinación de la elasticidad

La cantidad de elasticidad para un determinado material es determinada usando la correcta constante de elasticidad, que se encuentra en las tablas y en la siguiente formula.

$$\Delta L = F * L * SC$$

Dónde:

$\Delta L$  = elasticidad en pg.

F = fuerza de tirón en 1000s de lb.

L = longitud en 1000s de pies.

SC = constante de elasticidad en pg. Por 1000 libras de tirón por 1000 pies longitud.

### 4.1.3.4 Determinación del punto libre

La constante del punto libre permite determinar con gran facilidad la longitud de la tubería que se estira cuando la cantidad de la fuerza de tirón y la cantidad de elasticidad son conocidas. Esto es comúnmente referido como “determinación del punto libre en la sarta de tubería pegada o anclada”. Leer correctamente de la tabla la constante del punto libre para la tubería en cuestión y utilizarla en la siguiente formula.

$$L = \frac{\Delta L * FPC}{F}$$

Dónde:

L = \*longitud mínima de tubería libre en pies.

$\Delta L$  = elasticidad en pg.

F = fuerza de tirón en 1000s de lbs.

FPC = constante del punto libre.

\*Nota: debido a que las fuerzas de fricción no pueden ser determinadas fácilmente, la formula necesariamente asume la total ausencia de fricción.

#### **4.1.3.4.1 Ejemplo determinación del punto libre:**

Determinar la longitud mínima de tubería libre cuando se tiene una sarta de perforación de 4 ½ pg. de diámetro exterior, con un peso de 16.60 lbs./ft., con una elasticidad de 18.6 pg. y aplicando un tirón de 25,000 lbs.

- **Solución:**

De tablas obtenemos FPC= 11017.5

OD (In.)	Weight (Lbs/Ft)	ID (In.)	Wall Area (Sq In.)	Stretch Constant (In./1,000 Lbs/1,000 Ft)	Free Point Constant
2.875 (2-7/8)	4.36	2.579	1.268	0.31546	3170.0
	4.64	2.563	1.333	0.30008	3332.5
	6.40	2.441	1.812	0.22075	4530.0
	6.50				
	7.90	2.323	2.254	0.17746	5635.0
	8.60	2.259	2.484	0.16103	6210.0
	8.70				
	8.90	2.243	2.540	0.15748	6350.0
	9.50	2.195	2.708	0.14771	6770.0
	10.40	2.151	2.858	0.13996	7145.0
11.00	2.065	3.143	0.12727	7857.5	
11.65	1.995	3.366	0.11884	8415.0	
3.500 (3-1/2)	5.63	3.188	1.639	0.24405	4097.5
	5.75				
	7.70	3.068	2.228	0.17953	5570.0
	9.20	2.992	2.590	0.15444	6475.0
	9.30				
	10.20	2.922	2.915	0.13722	7287.5
	10.30				
	12.80	2.764	3.621	0.11047	9052.5
	12.95	2.750	3.682	0.10864	9205.0
	13.70	2.673	4.010	0.09975	10025.0
14.70	2.601	4.308	0.09285	10770.0	
15.10	2.602	4.304	0.09294	10760.0	
15.80	2.524	4.618	0.08662	11545.0	
17.05	2.440	4.945	0.08089	12362.5	
4.000 (4)	9.40	3.548	2.600	0.14925	6700.0
	9.50				
	10.80	3.476	3.077	0.13000	7692.5
	10.90				
	11.00				
	11.60	3.428	3.337	0.11987	8342.5
13.40	3.340	3.805	0.10512	9512.5	
4.500 (4-1/2)	12.60	3.958	3.600	0.11111	9000.0
	12.75				
	15.10	3.826	4.407	0.09076	11017.5
	15.50				
	16.90	3.754	4.836	0.08271	12090.0
19.20	3.640	5.498	0.07275	13745.0	

Formula

$$L = \frac{\Delta L * FPC}{F}$$

$$L = \frac{18.6 * 11017.5}{25}$$

$L = 8,197$  o aproximadamente 8,200 pies.

### 4.1.3.5 Como calcular la constante de elasticidad y la constante del punto libre

Para cualquier tamaño de tubería que no esté incluido en las tablas de elasticidad, la constante de elasticidad y la constante del punto libre se pueden calcular de la siguiente manera.

$$SC = \frac{0.4}{a_s}$$

$$FPC = 2500 * a_s$$

Dónde:

$a_s$ = área de la sección transversal en  $pg^2$

#### 4.1.3.5.1 Ejemplo como calcular la constante de elasticidad:

Determinar la constante de elasticidad para una tubería de diámetro exterior de 2.375 pg., con un peso de 4.7 lbs/pie y un área de sección transversal ( $a_s$ ) de 1.304  $pg^2$ .

Formula

$$SC = \frac{0.4}{a_s}$$

$$SC = \frac{0.4}{1.304}$$

$$SC = 0.30675$$

#### **4.1.3.5.2 Ejemplo como calcular la constante del punto libre:**

Determinar la constante del punto libre para una tubería de perforación de diámetro exterior de 4 ½ pg., con un peso de 16.60 lbs/pie y un área de sección transversal ( $a_s$ ) de 4.407 pg<sup>2</sup>.

Formula

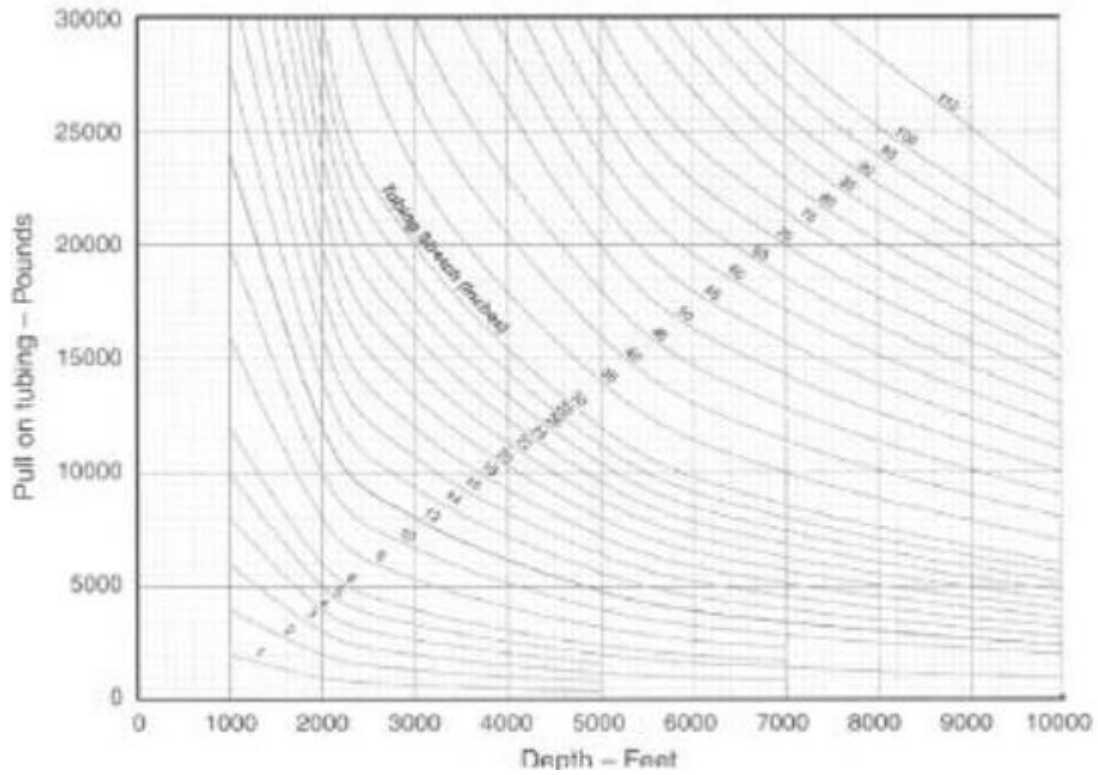
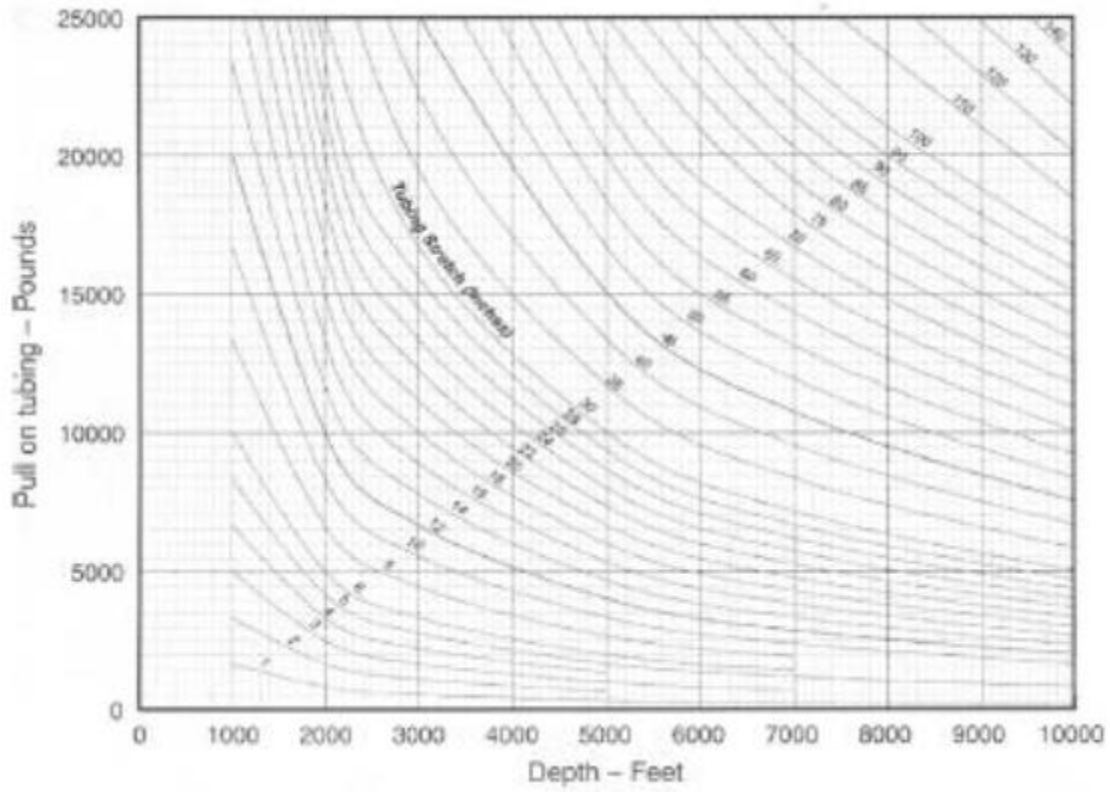
$$FPC = 2500 * a_s$$

$$FPC = 2500 * 4.407$$

$$FPC = 11,017.5$$

#### **4.1.3.6 Graficas de elasticidad**

Las gráficas de elasticidad son incluidas en esta sección para diámetros exteriores de 1.660 pg. hasta 7 pg., para tubos que tengan cualquier otra área de sección transversal, la elasticidad deberá ser determinada con la formula general para la elasticidad.





Cada grafica de elasticidad incluye sólo tres variables: la cantidad de fuerza de tirón, profundidad (o longitud) y la cantidad de elasticidad. Cuando dos de las variables son conocidas, la tercera se puede leer directamente desde la gráfica de la siguiente manera.

1. Si la profundidad y la fuerza de tirón son conocidas, la cantidad de elasticidad se puede encontrar.
2. Si la profundidad y la elasticidad son conocidas, la cantidad de tirón se puede encontrar.
3. Si la fuerza de tirón y la elasticidad son conocidas, la profundidad o longitud de la tubería pueden ser encontrada.

## **4.2 Separación de la sarta de tubería**

Después de determinar a qué profundidad se encuentra el punto libre en la sarta de tubería, es un procedimiento normal separar la sarta con herramientas de pesca tales como sargas de vibración o tubería lavadora.

Existen cuatro métodos aceptables para separar la sarta de tubería.

- Desenroscar
- Cortador químico
- Cortador de chorro
- Cortador mecánico

### **4.2.1 Desenrosque voluntario:**

Este procedimiento consiste en desenroscar la tubería en una unión a una profundidad previamente definida. Para esta operación previamente se tuvo que determinar el punto libre o profundidad a la cual la herramienta no está aprisionada.

### **4.2.2 Desenrosque involuntario:**

El desenrosque se produce cuando se aplica el movimiento de torsión izquierda a una sarta de tubería y esto hace que en algún punto del arreglo se desconecte la herramienta.

### **4.2.3 Desenrosque con cordón explosivo (Back Off):**

El método del cordón explosivo es una de las variedades de explosivos de mecha instantánea con características especiales para este tipo de trabajo.

El armado del cordón explosivo para el disparo es simple, la carga se puede componer de una o más líneas del cordón. Este explosivo se baja con un localizador de cuplas. El extremo superior del cordón se conecta a un detonador especial y se cubre todas estas conexiones con cinta aislante especial.

#### **4.2.4 Corte de tubería:**

Esta técnica se utiliza cuando los métodos de desenrosque convencional no han tenido éxito por diferentes razones, en tal caso será imposible determinar el punto libre, por tanto se procederá al corte de la tubería.

Existen tres métodos para cortar la sarta de tubería:

##### **4.2.4.1 Cortador Químico:**

Este procedimiento consiste en utilizar un cable eléctrico, un percusor y un compuesto químico (el fluoruro de halógeno) para quemar una serie de agujeros en la tubería de este modo debilitándolo tal que puedan separarse fácilmente con una ligera presión.

##### **4.2.4.2 Cortador a Chorro:**

Esta técnica realiza un corte por medio de un explosivo en forma de una cara cóncava formando un círculo. También se hace correr y es disparado por medio de un cable eléctrico.

##### **4.2.4.3 Cortador Mecánico:**

Son herramientas fabricadas con una serie de cuchillas que permiten realizar cortes tanto internamente como externamente. Los cortadores internos son bajados sobre una sarta de diámetro pequeño. Los cortadores externos son

bajados con los caños lavadores, las secciones cortas de la tubería que han sido lavadas son cortadas por este método externo.

Como una norma general se debe cortar la tubería por encima del punto de aprisionamiento.

### **4.3 Plan general de recuperación de un pescado:**

Cuando se recuperan tuberías, la estrategia básica consiste en bajar al pozo percutores y un pescador de agarre externo, enganchar la pieza a recuperar, liberar la tubería y luego extraer la pieza. Sin embargo, no existe una operación de pesca típica, ni fácil: el extremo superior de la pieza a recuperar su puede dañar, por lo que se requiere una fresa para preparar la pieza, o puede resultar difícil de enganchar, por lo que será necesario varios intentos de agarre. Cada uno de los pasos básicos mencionados abarca numerosos procedimientos.

Cuando una sarta de perforación se atasca, el perforador usualmente activa los percutores de fondo para liberar la tubería a través de la fuerza de percusión.

En el caso de atascamiento por presión diferencial, el operador por lo general dispone que se bombee una píldora, esta píldora es una mezcla especial de surfactantes, solventes u otros compuestos en el fondo del pozo para ayudar a liberar la tubería. El perforador bombea este fluido de emplazamiento en el fondo del pozo para penetrar y romper el revoque de filtración a lo largo de la tubería y reducir la superficie de tubería sometida a atascamiento. Esto ayuda para reducir la fuerza requerida para mover la tubería y liberar la sarta de perforación.

La probabilidad de que este enfoque resuelva el problema disminuye rápidamente con el tiempo, de modo que cuando se atasca una sarta de perforación, es esencial emplazar el fluido lo más rápido posible.

Mientras el fluido de emplazamiento trabaja, el operador generalmente comienza a planificar la operación de pesca y a movilizar el equipo y el personal.

Si el fluido de empacamiento no libera la tubería, el operador puede optar por cortarla y extraerla del pozo para prevenir el atascamiento más arriba, en dirección hacia la superficie.

El objetivo es partir la sarta de perforación a la mayor profundidad posible y de este modo recuperar la máxima cantidad de tubería.

El primer paso de este proceso consiste en determinar la profundidad superior extrema en la que se encuentra atascada la tubería. De acuerdo con la ley de Hooke, cuando una sarta de perforación es sometida a un esfuerzo de tracción o a torsión dentro de sus límites elásticos, se deforma linealmente. Con este comportamiento puede ser utilizado para calcular cuanta tubería libre queda por encima del punto de atascamiento.

Generalmente el operador requiere un indicador de punto libre FPIT para medir con precisión el estiramiento y el torque de la tubería. El dispositivo FPIT se baja con cable a través del centro de la columna de perforación y luego se ancla en su lugar a medida que se aplica una cantidad dada de fuerza en la tubería. Los medidores de FPIT detectan los cambios producidos en el torque y la tensión a medida que la sarta de perforación es sometida a rotación o tracción, respectivamente.

La herramienta no debería detectar la existencia de fuerza de tracción o rotación cuando se posiciona por debajo del punto de atascamiento.

Si se establece la circulación, el dispositivo FPIT puede ser bombeado a través del centro de la columna de perforación; de otro modo, el operador podría recurrir al uso de tubería flexible o de un tractor operado con cable para bajar herramienta en el pozo. Una vez establecido el punto libre, se utiliza el mismo método de

operación para bajar cualquier herramienta necesaria para cortar la tubería. La separación de la sarta de perforación implica un desenrosque en el fondo del pozo o bien su corte.

El desenrosque de la tubería es la medida menos drástica y deja una conexión roscada de tubería en la parte superior de la pieza a recuperar. Antes de desenroscar la tubería en el fondo del pozo, el perforador debe aplicar un torque hacia la izquierda en la columna de perforación. El torque que se aplica en el fondo del pozo mediante el movimiento alternativo de la tubería a medida que dicho esfuerzo aumenta.

Una cuerda explosiva consiste en un cordón detonante, se baja a través de la columna de perforación hasta la profundidad frente a una unión de tubería situada por encima del punto libre. En el momento de la detonación en el fondo del pozo, las presiones de explosión agrandan la rosca del extremo hembra de la unión de la tubería y el torque hacia la izquierda destornilla la conexión roscada para desconectar la tubería.

Si no es posible desenroscar la tubería, existen otros métodos para cortarla. Un cortador químico es una herramienta operada con cable que utiliza un propulsor y un reactante para practicar una serie de orificios estrechamente espaciado en la tubería. Los orificios debilitan la tubería lo suficiente como para que se rompa. Este método no requiere la aplicación de torque en la sarta de perforación y produce pocas rebabas y poca dilatación de la tubería, lo que elimina la necesidad de fresado.

Otro dispositivo operado con cable, un cortador explosivo, emite un chorro explosivo radial con un ángulo de 360° para cortar la tubería. Algunos cortadores explosivos dejan un corte uniforme, pero otros producen un borde ensanchado que debe ser rectificado con una fresa para facilitar las operaciones de recuperación.

Un tercer método utiliza cortadores mecánicos, que se bajan hasta la profundidad deseada con el tubo de lavado. La presión hidráulica presiona los brazos del cortador contra el interior de la tubería. Las superficies de corte se encuentran revestidas con carburo de tungsteno molido para partir la tubería a medida que la herramienta rota lentamente en su interior.

Luego de separar la tubería libre por encima del punto de atascamiento, el perforador procede a salir del pozo. El especialista en operación de pesca estará en el piso de perforación para examinar el último tramo de tubería cuando se lleve a la superficie. El estado en que se encuentre ese tramo determinara el curso de la operación que sigue por ejecutar.

### **El agarre:**

Los dos métodos más comunes empleados para recuperar una pieza son el método de agarre externo y el de agarre interno. Las dimensiones de la pieza a recuperar y su orientación respecto del pozo determinan el enfoque a utilizar.

El agarre externo es proporcionado por una conexión hembra ahusada o un pescador de agarre exterior. La conexión hembra ahusada utiliza una rosca cónica para enroscarse en la parte superior de la pieza de pesca.



Figura 4.1. Conexión hembra ahusada. Esta herramienta es utilizada para enganchar exteriormente y recuperar tubería que no puede ser rotada.

Es utilizada por lo general para enganchar tuberías partidas irregulares, esta herramienta se hace rotar lentamente a medida que se baja sobre la pieza a recuperar. Su reborde inferior a menudo está revestido con un metal duro o con carburo de tungsteno molido para ayudar a labrar una rosca en la superficie del diámetro externo de la pieza de pesca.

Esta herramienta de agarre exterior está diseñada para enganchar, empaquetar y recuperar columnas de perforación o collares partidos. Dentro del pescador de agarre externo, un tazón helicoidal ahusado aloja una mordaza utilizada para sujetar la parte externa de la pieza a recuperar. A medida que el pescador de agarre exterior se baja hacia la parte superior de la pieza de pesca, el perforador hace circular lodo a la vez que aplica un movimiento alternativo en la sarta de



pesca para limpiar la parte superior de la pieza y lavar rápidamente el interior del pescador de agarre exterior.



Figura 4.2. Pescante de agarre exterior

Antes de enganchar la pieza a recuperar, el perforador registra el peso de la sarta de pesca y el torque. Luego de limpiar la parte superior de la pieza de pesca, baja lentamente el pescador de agarre exterior hasta que una reducción leve del peso indica que éste se ha asentado en la parte superior de la pieza a recuperar. La guía del pescador de agarre exterior se desliza sobre la parte superior de la pieza a medida que el perforador baja y hace rotar lentamente el dispositivo pescador.

Mediante un giro hacia la derecha, la mordaza se abre para enganchar la pesca. Una sacudida hacia arriba, sin rotación, hace que la mordaza se retraiga dentro del tazón ahusado, contrayéndose alrededor de la pieza a recuperar. Con la parte

superior de la pieza de pesca sujeta con firmeza dentro del dispositivo pescador, el perforador extrae del pozo la sarta y la pieza de pesca.

Los pescadores de agarre exterior pueden equiparse con una diversidad de mordazas, empacadores y accesorios de control, algunos de los cuales son suficientemente resistentes como para facilitar las operaciones de desenrosque y golpeteo.

Un accesorio común es una guía de fresa instalada en la base del pescador de agarre exterior para pulir los bordes ensanchados o mellados de la pieza a recuperar y permitir el pesaje hacia el interior de la mordaza. El accesorio de la fresa permite la preparación y el enganche de la pieza de pesca en un solo viaje. Los pescadores despliegan otro dispositivo básico pero útil cuando el pozo ensancha o se desmorona cerca de la parte superior de la pieza de pesca. La guía del gancho de pared se fija a una unión articulada hidráulica para despejar una sección ensanchada o desmoronada del pozo.

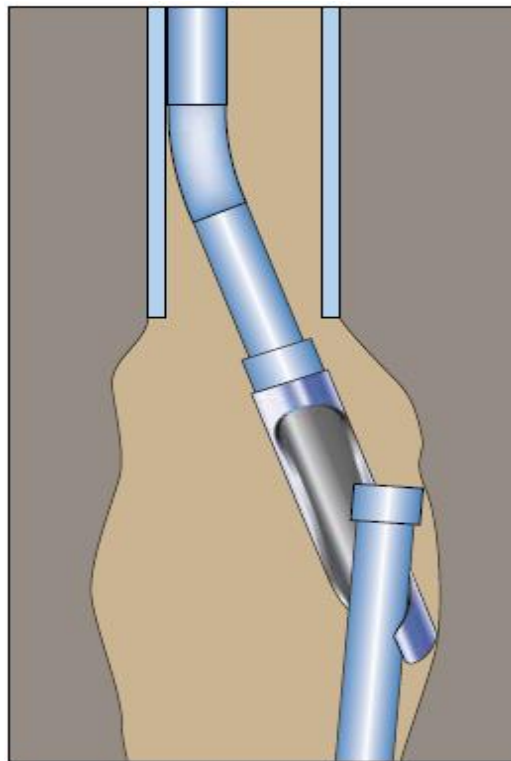


Figura 4.3. Guía del gancho de pared.

Una vez que el pescador de agarre exterior pasa la parte superior de la pieza de pesca, se hace rotar lentamente la sarta hasta que el torque indica que se ha desenganchado la pieza a recuperar. El torque se mantiene mientras se eleva la sarta. Cuando el torque se reduce, la pieza de pesca se desliza hasta su posición para ser enganchada con el pescador de agarre exterior.

#### **4.4 Caso real 1:**

Un operador de un pozo en Nuevo México, EUA, tuvo que enfrentar la falla de una tubería de fondo de pozo.

Durante la perforación de un agujero de 7 7/8 pulgadas, una unión del portamechas de 6 1/8 pulgadas se rompió como consecuencia de la torsión excesiva y dejó un portamechas partido y el BHA en el pozo. Durante el viaje de salida del pozo, el operador recurrió a los servicios de pesca de una compañía especializada en pescas para recuperar la sarta de perforación remanente. El especialista en operaciones de pesca armó una sarta consistente en la columna de perforación, los portamechas, un percutor, una tijera golpeadora ascendente y descendente, y un pescador de agarre exterior.

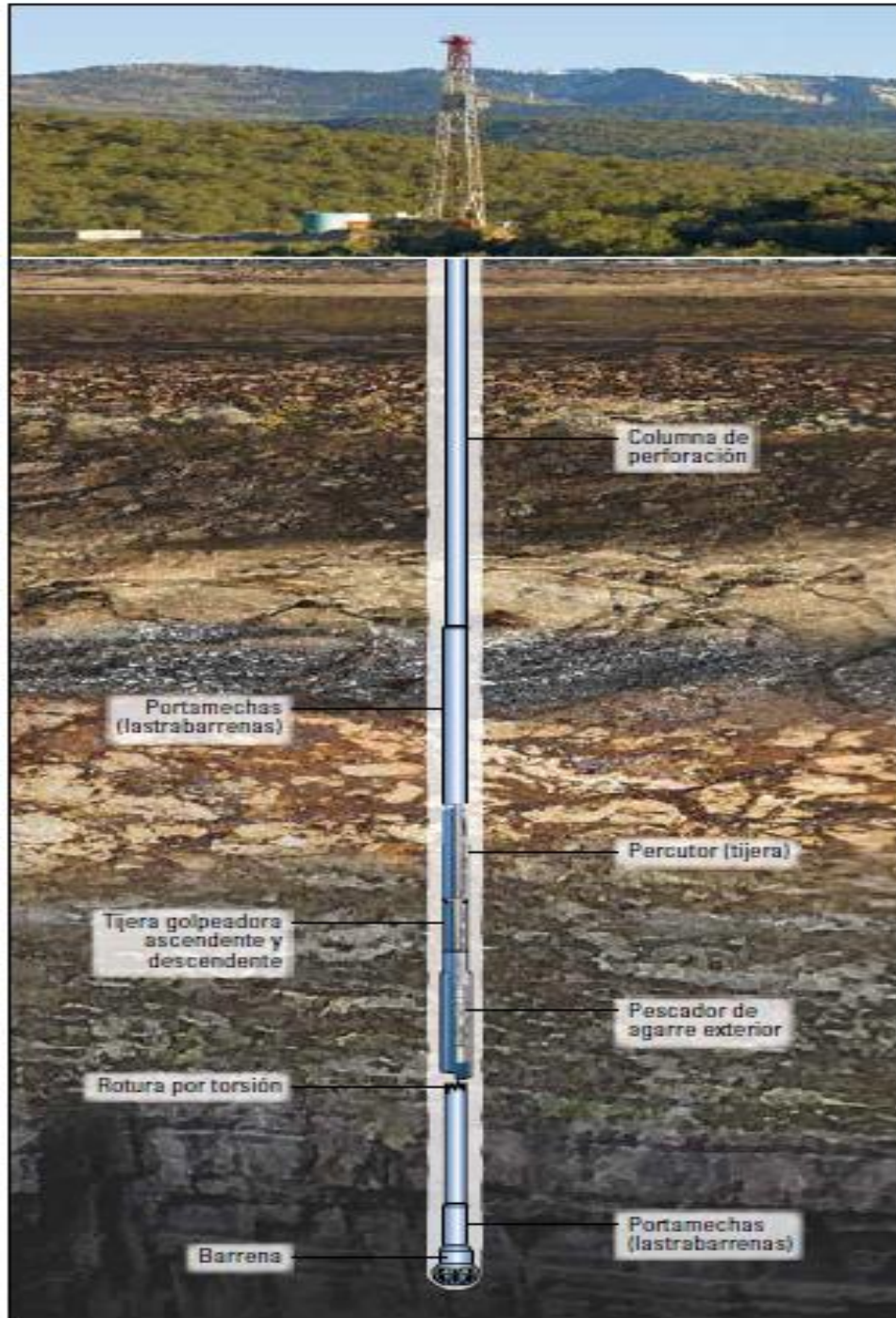


Figura 4.4. Sarta de pesca, con un percutor y un pescante de agarre externo

El perforador bajo la sarta de pesca en el pozo y logro llegar hasta la parte superior de la pieza de pesca. Cuando el pescador de agarre exterior enganchó el portamechas roto, el especialista en operaciones de pesca observó un incremento de peso a medida que el perforador tiraba lentamente de la sarta de pesca. Una vez que el especialista estuvo seguro de que el pescador de agarre externo había enganchado la pieza a recuperar, el perforador extrajo las herramientas del pozo.

La causa del problema fue la fatiga de la tubería.

En dado caso de que la orientación o el estado de la pieza de pesca no hubieran permitido el uso de un pescador de agarre externo, el especialista deberá recurrir a una herramienta de agarre interno para enganchar la pieza.

## **Conclusiones y recomendaciones**

## **Conclusiones:**

El propósito principal de este trabajo es darnos a conocer los problemas de pesca que se pueden presentar durante la etapa de perforación de un pozo petrolero, así como las herramientas existentes para poder encontrar la manera de recuperar el pescado que podamos tener en el pozo.

La importancia de la selección adecuada de las herramientas de pesca, para poder tener cerrado el pozo el menor tiempo posible, ya que como se sabe tener paradas las operaciones va a repercutir directamente en los costos de operación, retardando las operaciones.

Determinar el tipo de falla que origino la pesca, nos ayudara a evaluar la situación del pozo, sus posibles soluciones y a realizar un plan de acción inmediata así como planes alternos.

Tomar precauciones adicionales, llevar a cabo operaciones con prudencia y orden en todo momento además de contar con personal capacitado, con experiencia y con buenas habilidades en comunicación serán necesarios para prevenir la pesca y para realizar con éxito operaciones de pesca cuando estas se producen.

## **Recomendaciones:**

- Capacitar a todo el personal que forma parte de estas operaciones, para tratar de disminuir los problemas que nos ocasionen un pescado.
- Llevar a cabo cualquier operación de una manera correcta y con la precaución debida para evitar un problema de pesca.
- Vigilar el acondicionamiento del fluido de perforación.
- Realizar el mantenimiento adecuado al equipo superficial para evitar cualquier falla.
- Tener un buen control de las herramientas que ingresan al pozo, así como medirlo detalladamente y anotarlo en la bitácora.
- Seleccionar el mejor plan de acción basado en la utilización de las herramientas adecuadas.
- Realizar programas de prevención para evitar los trabajos de pesca.



## **Bibliografías**

## **Libros:**

- Pemex exploración y producción, 2000, Tomo XI “Terminación y Mantenimiento de pozos”, Unidad de Perforación y Mantenimiento de pozos, Un Siglo de la Perforación en México.
- Johnson Enos, Land Jimmy, Lee Mark, Robertson Robert, 2012/2013, “Como optimizar el arte de la pesca”, Oilfield review, “Schlumberger”, paginas 26-37.
- Coll Brian, Jeanpert Julie, Sportelli Marco, Trimble Mark, 2012/2013, “Herramientas especiales para la recuperación de escombros de pozos”, Oilfield review, “Schlumberger”, paginas 4-7.
- Ali Azhar, Hill Stephen, Pedota Jessica, Zhou Wei, 2005, “Sistemas integrados de limpieza de pozos: Mejoramiento de la eficiencia y reducción del riesgo”, Oilfield review, “Schlumberger”, paginas 8-15.
- Billingham Matthew, Lorente Maria, Loth Matthew, 2011, “Transporte de herramientas en pozo abierto y entubado”, Oilfield review, “Schlumberger”, paginas 20-35.

## **Manuales técnicos:**

- Weatherford, “Fishing Best Practices Training”

