

---

# Cuaderno del Instructor

## Asistente de Geología y Sondaje

### Módulo V: Procedimiento de perforación y sondaje por medio de DDH

PFPSO-2-01/v.2 [PE01-M05/v.1]

---

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



### **Equipo Consejo Minero**

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo  
Carlos Urenda A., Gerente General  
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras  
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios  
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones  
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales  
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

### **Equipo Innovum Fundación Chile**

Hernán Araneda D., Gerente  
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera  
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos  
Eduardo Soto S., Consultor Senior  
Ignacio Rizzo C., Consultor Senior  
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos

Consejo Minero  
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

## Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile - Innovum, con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero - del cual pasa a ser propiedad -.

Este material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS  
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.**

© Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport-McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.



## Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: [www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

## Contribución del CCM

### Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.



### Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

### Para las instituciones educativas:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.



### Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

## Índice

Descripción del documento.....	7
Módulo V: Procedimiento de perforación y sondaje por medio de DDH .....	8
1. Operación de perforación y sondaje mediante DDH .....	9
1.1. Nociones de preparación de aditivos de perforación .....	9
1.2. Configuración y chequeo de herramientas y equipos de perforación. ....	38
1.3. Operación.....	51
1.4. Cambio y mantenimiento de herramientas de sondaje .....	65
1.5. Problemas Frecuentes .....	70
Actividad N° 1.....	79

## Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del Módulo 5 del programa de formación de Asistente de Geología y Sondaje.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

**Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.**

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos:

La evaluación del módulo y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento “Instrumento de evaluación de proceso”.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

## **Módulo V: Procedimiento de perforación y sondaje por medio de DDH**



## **1. Operación de perforación y sondaje mediante DDH**

### **1.1. Nociones de preparación de aditivos de perforación**

#### **Fluidos de perforación**

El fluido de perforación es un componente muy importante en el proceso de perforación. El fluido de perforación posibilita la perforación a profundidades mucho mayores y en forma mucho más rápida. Hoy en día, el sistema de fluidos que se utiliza en la perforación rotatoria ya no se restringe solamente al uso de agua y arcillas naturales locales. Hay disponibilidad de sistemas que utilizan un amplio rango de químicos, aceite, fluidos en base a agua con un amplio rango de características físicas creadas por los aditivos.

#### **Propósito de los fluidos de perforación**

El fluido de perforación es una mezcla balanceada de arcilla, químicos y agua bombeada hacia el interior de la tubería de perforación para:

- Lubricar y enfriar el taladro giratorio, la sarta (columna) de perforación y la broca.
- Elevar cortes de suelo/roca desde el orificio.
- Contrapesar la formación de presión para evitar que la formación de fluidos (es decir, aceite, gas y agua) ingrese prematuramente al orificio de perforación.
- Mantener el orificio estable fortaleciendo los lados del orificio con la creación de una película de pequeñas partículas en la pared del orificio de perforación para evitar derrumbes.
- Sellar la pared del orificio de perforación para reducir la pérdida de fluidos.

Los fluidos de perforación contienen un amplio rango de sustancias entre las que se incluyen fluidos base (por ej, aceites minerales / salmuera de cloruro de calcio), agentes densificantes (por ej. barita), viscosificadores (por ej. bentonita) surfactantes (por ej. imidazolina) y biocidas (por ej. glutaraldehído). También pueden contener contaminantes desde formaciones (por ej, aceite, condensado).

El fluido o el lodo de perforación circulan hacia abajo por el tubo de perforación, a través del barril, y sale por la broca sacatestigos (corona). Luego de avanzar a lo largo del barril a través del estrato que se inspecciona, una muestra cilíndrica de ese material es retenida e ingresada hacia el interior del barril. Los finos cortes producidos por la acción de la broca son descargados hacia la superficie a lo largo de las paredes externas de la barra de perforación. Se realiza la recuperación del ensamble del barril mediante la elevación de la barra de perforación completa hacia la superficie. Elegir el fluido de descarga apropiado y

los parámetros correctos de descarga mejorarán el rendimiento de la perforación y asegurarán la perforación del orificio completo. El fluido de descarga pasa por la broca mientras se realiza la perforación. El propósito de este fluido es:

- Remover las muestras (testigos) del sondaje;
- Enfriar la broca y las barras de perforación;
- Reducir la fricción mecánica y de fluidos; y
- Ayudar a sostener el orificio abierto toda vez que sea posible sin el uso de carcasa.
- Enfriar y limpiar la broca: mantener la broca fría, especialmente si tiene sellos de elastómero, es crítico para su vida útil.
- Lubricar la sarta de perforación (columna): éste puede ser un factor significativo en pozos desviados (no verticales), en donde la sarta de perforación (columna) está apoyada en la pared del pozo.
- Mantener la estabilidad del pozo: el fluido de perforación apropiado puede ayudar a controlar la hinchazón o los desprendimientos, disminuyendo así el riesgo que la tubería de perforación se atasque. También es importante que el fluido sostenga las muestras (testigos) en suspensión cuando se detiene la circulación, de manera que no caigan y envuelvan la broca y la sarta de fondo.
- Ayudar a la recolección de información geológica: las muestras (testigos) se traen de vuelta a la superficie a través del fluido para ayudar a identificar la formación que se está perforando.
- Formar una torta de filtro semi permeable para sellar los espacios porosos en las formaciones que se penetran, ayudando a evitar la pérdida de fluidos desde el pozo.
- Controlar las presiones de la formación: Si se presentan o se esperan altas presiones en el fondo del pozo, es posible agregar material denso al fluido de perforación para incrementar su gravedad específica, resistiendo así la presión en el fondo del pozo. Por el contrario, si las presiones en el fondo del pozo pertenecen, entonces podrían utilizarse fluidos de perforación de densidad más baja para minimizar el daño en las formaciones y reducir las presiones de atascamiento diferencial en particular.
- Transmitir potencia hidráulica: Esta fuerza puede ser utilizada para conducir un motor de perforación o para limpiar el orificio y/o la broca.

Existen algunos aspectos vitales que deben ser considerados durante el proceso de perforación:

- El fluido de perforación debe tener buen rendimiento en aspectos de enfriamiento, disipación del calor, y lubricación.
- El rendimiento del fluido de perforación puede mantener sus propias propiedades en estado estable, y resistir tipos de interrupción externa, como por ejemplo la erosión por sal, calcio, arcilla, cemento, y la influencia ocasionada por la temperatura fluctuante. Por lo tanto, con el fin de resistir tipos de efectos adversos es necesario diseñar un lodo especial y aditivos especiales.
- La aplicación del fluido de perforación no debe tener efectos adversos ni ser perjudicial para la obtención de testigos, evitando las pendientes, inspección de pozos y otros trabajos.
- El fluido de perforación no puede corroer los dispositivos de perforación ni los equipamientos de circulación en terreno, y debe ser no tóxicos y amigables con el medio ambiente.

#### **Tipos de fluidos de descarga utilizados:**

- Aire: el aire comprimido es bombeado ya sea hacia el interior del espacio de la corona en el orificio de perforación o hacia abajo por la misma sarta de perforación.
- Aire/agua: al igual que el anterior, se agrega agua para aumentar la viscosidad, se descarga el orificio, se entrega más congelante, y /o se controla el polvo.
- Aire/polímero: Un químico especialmente formulado; mayormente se hace referencia a un tipo de polímero, se agrega a la mezcla de aire y agua para crear condiciones específicas. Un agente espumante es un buen ejemplo de un polímero. Los fluidos de perforación de polímeros se utilizan para perforar formaciones reactivas en donde los requerimientos de inhibición de esquistos es significativa. Los inhibidores de esquistos que se utilizan frecuentemente son las sales, los glicoles y las aminas, todos ellos compatibles con el uso de bentonita. Estos sistemas típicamente derivan su perfil de viscosidad desde polímeros tales como la goma de xantán y el control de pérdida de fluidos de los derivados del almidón o celulosa. El cloruro de potasio es un inhibidor de esquistos que no es caro y es altamente efectivo, y que se utiliza ampliamente como la salmuera base para los fluidos de perforación de polímero en muchas partes del mundo. Los inhibidores en base a glicol y a aminas pueden ser agregados para estimular las propiedades inhibitorias de estos fluidos.
- Agua: A veces se utiliza agua sola. Lodo con base en agua (WBM): el sistema más básico de lodo con base en agua comienza con agua, y luego arcilla y otros

químicos se incorporan al agua para crear una mezcla homogénea que se asemeja a algo entre leche con chocolate y malta (dependiendo de la viscosidad). La arcilla (llamada “esquisto” en su forma rocosa) es normalmente una combinación de arcillas nativas suspendidas en el fluido mientras se perfora, o tipos específicos de arcilla que son procesados y vendidos como aditivos para el sistema WBM. El más común de éstos es la bentonita, que frecuentemente en el campo petrolero recibe el nombre de “gel”. El gel similarmente hace referencia al hecho que mientras el fluido es bombeado, puede ser muy delgado y fluir libremente (como la leche con chocolate), pero cuando se detiene el bombeo, el fluido estático construye una estructura de “gel” que se resiste al flujo. Cuando se aplica una fuerza de bombeo adecuada para “romper el gel”, el flujo se reanuda y el fluido vuelve a su estado previo de flujo libre. Muchos otros químicos (por ej. en el formato de potasio) se agregan al sistema WBM para lograr varios efectos, incluyendo el control de viscosidad, estabilidad del esquisto, ayudar a la velocidad de penetración de la perforación, enfriamiento y lubricación del equipo.

- Bentonita: un aditivo de fluido de perforación ampliamente utilizado en el mundo es principalmente una especie de montmorillonita. Se agrega al agua dulce para: i) incrementar las propiedades de limpieza del orificio, ii) para reducir las filtraciones de agua o las filtraciones hacia formaciones permeables, iii) para formar una torta de filtro delgada de baja permeabilidad, iv) para promover la estabilidad del orificio en formaciones deficientemente encementadas, v) para la viscosidad del lodo y finalmente, vi) para evitar o superar la pérdida de circulación. Sin embargo, se busca un bajo contenido de bentonita ya que el alto contenido de arcilla en los fluidos de perforación muestra varios efectos adversos, por una parte, y reduce ampliamente la velocidad de penetración. Por otra parte, aumenta las probabilidades de adherirse debido a la presión diferencial y esa es la principal causa del torque y la fricción excesivos.

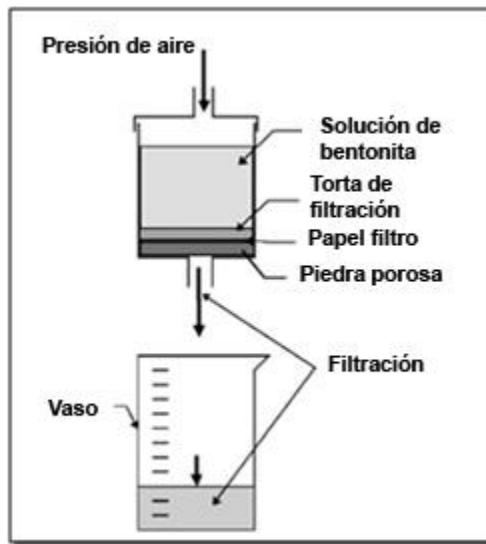


Figura 1

Ejemplo de la forma como se utiliza la bentonita

- Lodo con base en aceite (OBM): Los sistemas con base en aceite fueron desarrollados e introducidos en la década de los 60 para ayudar a abordar diversos problemas de perforación:
  - Formaciones de arcilla que reaccionan, se hinchan o se desprenden después de haber sido expuestas a WBFs.
  - Aumento de la temperatura al interior del orificio.
  - Contaminantes.
  - Tubería atascada, torque y fricción.

El lodo con base en aceite puede ser lodo en donde el fluido es un producto del petróleo como el combustible diesel. Los lodos con base en aceite se utilizan por diversas razones, algunas de ellas es el aumento de la lubricidad, mejora en la inhibición del esquistos, y mayor capacidad de limpieza con menos viscosidad.

Los lodos con base en aceite también soportan mayor calor sin destruirse. El uso de lodos con base en aceite tiene consideraciones especiales. Aquí se incluye el costo, las consideraciones ambientales tales como la eliminación de los cortes en un lugar apropiado para aislar la posible contaminación ambiental y las desventajas exploratorias de utilizar lodo con base en aceite, especialmente en pozos de cateo debido a la incapacidad de analizar el aceite que se muestra en los cortes, ya que el lodo con base en aceite tiene una fluorescencia que se confunde con el aceite original de la formación. Por lo tanto se induce a la contaminación de muestras de cutting, testigos, testigos de paredes laterales para el análisis



geotérmico de TOC y enmascaran la determinación real de gravedad API debido a su contaminación.

- Fluido con base sintética (SBM): (También conocido como Lodo con base en aceite de baja toxicidad o LTOBM): El fluido con base sintética es un lodo que tiene como fluido base un aceite sintético. Se utiliza mayormente en plataformas costa afuera porque tiene las propiedades del lodo con base en aceite, pero la toxicidad de los gases de los fluidos es mucho menor que la de los fluidos con base en aceite. Esto es importante cuando se trabaja con el fluido en un espacio encerrado como lo es la plataforma de perforación costa afuera. Los mismos problemas y contaminación ambiental en el análisis de muestras de roca ocurren utilizando el fluido con base sintética.
- Sistemas no dispersos: Los sistemas de gel simple y agua utilizados para la perforación de la parte superior del orificio son no dispersos, como lo son muchos de los sistemas de polímeros avanzados que contienen poco o nada de bentonita. Las arcillas naturales que se incorporan a los sistemas no dispersos son manejados a través de la dilución, encapsulación, y/o floculación. Un sistema de control de sólidos diseñado apropiadamente, puede ser utilizado para remover los sólidos finos desde el sistema de lodos y ayudar a mantener la eficiencia de perforación. Los sistemas de polímeros de sólidos bajos, no dispersos (LSND), dependen de polímeros de peso molecular alto y bajo de cadena larga para entregar viscosidad y control de pérdida de fluidos. Los sólidos de coloidal bajo son encapsulados y floculados para ser removidos en forma más eficiente en la superficie, lo que a su vez disminuye los requerimientos de disolución. Existe disponibilidad de polímeros especialmente desarrollados de alta temperatura para ayudar a superar los problemas de congelación que puedan ocurrir en pozos de alta presión, alta temperatura (HP/HT). Con el tratamiento apropiado, algunos sistemas LSND pueden pesar entre 2037 kg/m<sup>3</sup> a 2157 kg/m<sup>3</sup> y estar a 177°C y más.
- Sistemas dispersos: Los sistemas dispersos son tratados con químicos dispersantes que están diseñados para deflocular partículas de arcilla y permitir de esta manera una mejora en el control de la reología y lodos de densidad más alta. Entre los dispersantes que más se utilizan están los lignosulfonatos, aditivos ligníticos, y taninos. Los sistemas dispersos requieren típicamente adiciones de soda cáustica (NaOH) para mantener un nivel de pH entre 10.0 a 11.0. La dispersión de un sistema puede ayudar a aumentar su tolerancia a los sólidos, haciendo posible que su peso llegue a 2397 kg/m<sup>3</sup>. El sistema de lignosulfonato comúnmente utilizado depende de aditivos relativamente poco costosos y es conocido por la mayoría del personal operativo y de la plataforma. Entre los lodos dispersos adicionales comúnmente utilizados se incluyen la lima y otros sistemas catiónicos. Un sistema

disperso cargado de sólidos también puede disminuir significativamente la velocidad de penetración y contribuir a la erosión del orificio.

- Fluidos de perforación de agua salada: Los fluidos de perforación de agua salada a menudo se utilizan para la inhibición de esquistos y para la perforación de formaciones salinas. También son conocidos por inhibir la formación de hidratos parecidos al hielo que pueden acumularse en los cabezales de pozos submarinos y en el equipamiento para control de pozos, bloqueando las líneas e impidiendo las operaciones críticas. Los sistemas libres de sólidos y con bajo nivel de sólidos pueden estar formulados con salmueras de alta densidad, tales como:
  - Cloruro de calcio.
  - Bromuro de calcio.
  - Bromuro de zinc.
  - Format de potasio y de cesio.
- Líquido base: Es posible utilizar aceite, agua dulce, o agua salada como líquido base en los lodos de perforación, aunque el aceite y el agua salada están casi totalmente restringidos para la perforación en hidrocarburos. Se utilizan lodos de agua dulce para la perforación geotérmica. La salmuera geotérmica que se produce en pozos cercanos se utiliza a veces en la perforación sin retorno.
- Sólidos activos: Los sólidos activos son las arcillas y polímeros que se agregan al agua para producir una suspensión coloidal. Éstos determinan la viscosidad del lodo y se conocen como viscosificadores.
- Sólidos inertes: Los sólidos inertes son aquellos que se agregan al lodo ya sea a través de la perforación (es decir, partículas de la formación) o utilizando barita como material de ponderación. Estos sólidos aumentan la densidad del lodo sin afectar la viscosidad de manera evidente.



Tipos de fluidos de perforación

El sistema de fluidos (lodos) de perforación

Figura 2

## **Identificar las condiciones del pozo que requieren el uso de aditivos para fluido de perforación**

Las condiciones del suelo pueden variar de un extremo a otro incluso dentro del mismo sondeo. Diversos factores han sido considerados al revisar las condiciones del suelo que va a perforarse, desde condiciones muy suaves a muy duras ¿La formación tiene una apariencia desconsolidada, fracturada o competente? ¿Se consideraría abrasiva, áspera o de grano fino?

Una cantidad impresionante de los pozos que fallan lo hacen por el uso inapropiado de fluidos de perforación.

El componente base principal de cualquier fluido de perforación es el agua, y en raras ocasiones, el agua por sí sola podría funcionar. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el uso de agua sola no es satisfactorio.

Existen numerosos productos en el mercado que pueden agregarse al agua para aumentar el rendimiento de los fluidos de perforación. ¿Qué aditivos utilizar, dependerá mayoritariamente por las condiciones que se encuentren en el suelo? Un buen fluido de perforación debe entregar enfriamiento al cabezal de perforación y a la sonda, lubricación a la sarta de perforación y a la línea de producto que se está retirando, la capacidad de suspender los cortes, y la capacidad de hacer fluir los cortes fuera del orificio. Otro requerimiento clave es la capacidad de retener el fluido de perforación dentro del pozo sin tener la necesidad de disiparlo al interior de la formación adyacente. Antes de continuar discutiendo sobre el fluido de perforación deberá efectuarse una determinación respecto a los tipos de suelo.

El suelo puede clasificarse básicamente en dos categorías generales: áspero y fino. Los suelos ásperos están compuestos de arena y gravilla. Los suelos finos están conformados por arcilla y esquistos. Los requerimientos del fluido de perforación para estas clasificaciones variarán ampliamente. Los suelos ásperos no son compactables y permiten que el agua fluya libremente hacia el interior de la formación. Los suelos finos por lo general evitarán que el agua fluya hacia el interior de la formación, aunque hay una fuerte tendencia a que ellos se tornen pegajosos y que se hinchen al mezclarse con el agua. Por supuesto, también es posible tener una combinación de las dos clasificaciones generales.

## **Aditivos para fluidos de perforación**

### **Bentonita**

La bentonita es una arcilla de silicato de aluminio absorbente formada por ceniza volcánica. Cuando la bentonita es agregada al agua se rompe en partículas microscópicas en forma de discos llamadas plaquetas. Al ser utilizadas durante la perforación, las plaquetas tienen un efecto de traslape y forman una torta de filtro en las paredes laterales del orificio. Esta es la torta de filtro que evita que el fluido escape hacia la formación del sondaje. Si fuera posible romper la bentonita en su más mínimo tamaño de partículas, habrían suficientes plaquetas en un metro cúbico de bentonita de sodio de grado premium como para cubrir 66 canchas de fútbol. Por supuesto, esto no es posible en el terreno. Sin embargo, la capacidad de mezclar la bentonita con agua puede mejorarse notablemente utilizando agua limpia con un pH entre 8.5 y 9.5. Es posible agregar ceniza de soda (carbonato de sodio) al agua que tenga un pH más bajo para elevar el pH a niveles aceptables.

La bentonita también ayuda a suspender las muestras en el orificio. Esta capacidad de transporte se llama capacidad de gelificación y no debe ser confundida con la viscosidad. Muchos perforadores novatos piensan que los fluidos de perforación más espesos o de viscosidad más alta mejoran la capacidad de los fluidos para transportar cortes. Esto no es así. Es la capacidad de gelificación del fluido de perforación lo que más importa. Hasta este punto, la industria DDH no ha puesto mucha atención a la viscosidad de los fluidos de perforación.

### **Polímeros**

Polímero es el nombre que se da para describir uno de los numerosos componentes orgánicos y sintéticos de peso molecular por lo general alto, compuesto por millones de unidades estructurales unidas entre sí, cada una de ellas siendo una molécula relativamente liviana y simple. Las moléculas simples que puedan transformarse en unidades estructurales reciben el nombre de monómeros. Una unidad estructural es un grupo que tiene dos o más sitios de unión.

Los polímeros se clasifican en ramificados o lineales, lo que está determinado por el número de sitios de unión en los monómeros individuales. Los monómeros en un polímero lineal tienen solo dos sitios de unión y se asemejan a una cadena larga y continua. Un polímero ramificado está compuesto por monómeros que tienen tres o más sitios de unión. Bajo el microscopio, los polímeros ramificados se asemejan a una rama de árbol con pequeñas ramas desplegándose en todas las direcciones desde la rama

principal. Los polímeros son utilizados ampliamente en los plásticos, gomas, terminaciones, alimentos procesados, y fibras sintéticas.

Un ejemplo de polímero orgánico con el que todos están familiarizados sería la harina para hornear para uso en casa. Cuando se agrega a la leche y a la grasa caliente, los monómeros individuales de la harina se unen para formar unidades estructurales que hacen que la leche y la grasa se espesen en forma de salsa.

Los polímeros se utilizan principalmente en fluidos de perforación por dos razones específicas. Primero, los polímeros son atraídos por la arcilla y cuando se introducen en el suelo, ellos envuelven a las partículas individuales de arcilla. Esta acción desacelera la capacidad de la partícula de arcilla para absorber fluido, lo que en cambio reduce la capacidad de la arcilla para hincharse y volverse pegajosa. La segunda función principal del polímero es la de entregar lubricación al orificio de sondaje, lo que reduce la fricción de la barra de perforación y sobre la línea de producto que está siendo instalada.

### **Surfactante**

El surfactante se utiliza por lo general como un aditivo en el fluido de perforación. Deja una delgada película en la barra de perforación, la que ayuda a evitar que arcillas pegajosas se adhieran a la barra de perforación. El surfactante que se utiliza de forma más común en DDH es un detergente biodegradable y antiespumante.

### **Elegir el aditivo correcto**

Qué aditivo utilizar estará determinado por las condiciones de suelo que se encuentren durante el sondaje. La regla de oro es utilizar bentonita en condiciones de suelo áspero y polímeros en una condición de suelo fino. Desde luego, las condiciones de suelo pueden variar considerablemente en el mismo sondaje. Por lo tanto, a menudo es necesario utilizar una combinación de bentonita y polímero en el fluido de perforación. El uso de un surfactante también es recomendado cuando se encuentran condiciones de arcilla pegajosa. Se aconseja ponerse en contacto con los fabricantes del fluido de perforación para recomendaciones y aplicaciones específicas.





Figura 3

Para la evaluación de aditivos de fluido de perforación se proponen cinco parámetros importantes:

1. Función principal y naturaleza química.
2. Compatibilidad/tolerancia a la sal con otros aditivos y limitaciones de temperatura.
3. Rango y costo del tratamiento recomendado.
4. Historial/éxito de su uso.
5. Interferencias, daño y riesgo tales como los efectos de interpretación geológica, daño de la formación, salud seguridad y medio ambiente (HSE) y tratamiento de desechos.

El fluido de perforación es diseñado a la medida y dependerá de cuáles son las condiciones de superficie que se esperan o que han sido encontradas. El fluido de perforación elegido deberá tener diversas propiedades que le permitan cumplir con las tareas. Debe ser lo suficientemente delgado y liviano como para que circule a través de la broca, enfriándola en la medida que realiza la perforación y lubricando las partes móviles. El fluido debe ser lo suficientemente pesado como para transportar cortes de perforación fuera de la broca y hacia la superficie.

Deben considerarse algunos factores que requieren el uso de aditivos para fluidos de perforación. Por ejemplo, se ha visto en diversas ocasiones que los factores aleatorios relacionados con las capas de suelo, brocas, y equipamiento de superficie afectan en gran medida el rendimiento de la perforación. La optimización involucra la evaluación posterior de los registros de los pozos de compensación para determinar la efectividad de costo de las variables elegidas, entre las que se incluyen el lodo y los tipos de broca, y la velocidad rotatoria. El suelo malo podría estar hecho de roca quebrada o fisurada, arcillas, arenas o condiciones de humedad pesada en donde el polvo puede pegarse a la pared del orificio.

Por supuesto es importante mantener el orificio de sondeo abierto durante el proceso de perforación.

Las capacidades de las bombas y compresores y los diámetros de la tubería de perforación y de los cortes pueden limitar el tipo de medio. La presión y cantidad de agua subterránea en el estrato perforado también pueden limitar que los tipos de fluidos rindan de la mejor manera. Las modificaciones al sitio para permitir accesibilidad para la entrega de lodo y disponibilidad de agua para el sitio pueden requerir de costos adicionales y tiempo para agregar los medios necesarios para continuar con la perforación. Las condiciones de tiempo y climáticas podrían entorpecer estas adiciones al sitio. Ciertos materiales que van hacia el interior del orificio podrían estar regulados y requerir de permisos especiales. Dependiendo de la combinación de los factores anteriormente mencionados, los costos de la perforación continua con aditivos de lodo para perforación podría ser mayor que mover el sitio y la perforación hacia otro orificio.

La selección de un fluido para la extracción de testigos debe basarse en cuatro puntos:

- a) Seguridad.
  - b) Objetivo principal del programa de extracción de testigos.
  - c) Aspectos ambientales.
  - d) Costo.
- 
- a) La seguridad tiene precedencia sobre todos los otros factores. El fluido de perforación debe estar diseñado para mantener las presiones de formación esperadas, como también debe limpiar, lubricar, y estabilizar el orificio de sondeo. Los objetivos del programa de extracción de testigos deben tener influencia sobre la selección del fluido de extracción/perforación. Todos los fluidos de extracción de testigos deben estar diseñados para tener una pérdida de filtro API de baja estática y una pérdida ocasional dinámica muy baja para minimizar la descarga de testigos.
  - b) Los aspectos ambientales también debe ser considerados e incluirse en la preparación de presupuesto. Esto podría significar el uso de un sistema de fluidos más costoso para que cumpla con los objetivos medio ambientales, o entregar equipamiento adicional para el manejo de fluidos de perforación y asegurar la contención.

- c) Los costos son importantes; aún así, es una buena práctica revisar los costos del programa completo de análisis de testigo y los beneficios esperados mientras se cotizan los sistemas de fluidos de perforación. Ahorrar en fluidos de perforación podría aumentar los costos de los análisis de testigo y poner en riesgo la precisión de los estudios.
- d) La interrogante respecto a cuál es el mejor fluido de perforación para la extracción de testigos no puede ser respondida directamente. Los fluidos con base en agua, con base en aceite, espuma, y aire/valor, todos han sido utilizados exitosamente en la extracción. La mejor recomendación es seguir el criterio arriba entregado. Evaluar las necesidades de perforación y del programa de extracción de testigos le llevará a una selección apropiada.

### **Pautas generales para la preparación de fluidos de perforación**

El fluido de perforación deberá ser preparado en forma precisa y de acuerdo a los procedimientos de la empresa, asegurándose de tomar en cuenta elementos como: condiciones de la roca o del terreno, y estándares de seguridad para lograr una perforación efectiva. El fluido de perforación deberá ser monitoreado y revisado durante todo el proceso asegurando que la viscosidad sea consistente con las condiciones del terreno.

Algunos fluidos de perforación pueden ser peligrosos si no se utilizan de la forma correcta. Al trabajar con químicos y sustancias peligrosas se deberá comprender y completar algunos documentos importantes.

### **Pautas**

- Seguir siempre las instrucciones del perforador al medir las cantidades de químicos (es decir, bentonita y polímero) que deben ser añadidos al agua.
- Asegurarse siempre de utilizar el EPP apropiado.
- Leer y comprender la hoja de datos de seguridad químicos HDS.
- Revisar las etiquetas, leerlas e interpretar la información de seguridad y los códigos de peligro.
- Seguir las instrucciones del fabricante.
- Realizar una evaluación de riesgos.
- Quemaduras, o lesiones físicas ocasionadas por el contacto con la piel o los ojos.

- Estar expuesto a explosiones o reacciones violentas a causa de químicos que han sido mezclados inapropiadamente.
- Estar expuesto a peligros de inhalación.
- Sufrir desgarros y torceduras.
- Resbalones, tropezones y caídas.
- Seguir los procedimientos de manejo seguro indicados en las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (HDS).
- Utilizar equipamiento de protección personal apropiado, incluyendo protección de la cara y los ojos.
- Utilizar protección respiratoria apropiada cuando manipule químicos y/o aditivos de lodo.
- Proporcionar una estación para el lavado de ojos y otros aparatos de descarga apropiados, según las recomendaciones expuestas en la HDS.
- Entregar ventilación adecuada.
- Utilizar procedimientos de mezcla apropiados.
- Utilizar contenedores designados para la mezcla de ciertos químicos
- (por ejemplo, contenedor deflector con tapa).
- Substituir los materiales menos peligrosos o utilizar lodos pre-mezclados.

### **Monitoreo de retorno de fluidos y contenido de sólidos e implementación de medidas de control**

Quien empuja las herramientas deberá designar a algún integrante de la cuadrilla de la plataforma de perforación, apropiadamente capacitado, para monitorear al separador de esquistos y los pozos de lodo en todo momento mientras estén circulando. Parte de las obligaciones designadas serán la medición y registro de la densidad del lodo y la viscosidad de embudo del fluido de perforación. Las pruebas de peso de lodo y de viscosidad en embudo deberán realizarse sobre muestras tomadas desde la línea de flujo y el pozo de succión cada 30 minutos, o con más frecuencia según lo determine el supervisor de perforación.

¿Cuál es el equipamiento requerido para monitorear los fluidos de perforación?

Una vez que haya establecido los retornos de los fluidos de perforación, se deberá instalar y mantener el siguiente monitoreo de sistema de fluidos de perforación en todas las

operaciones de perforación posteriores. Este equipamiento deberá tener los siguientes indicadores en el suelo de la plataforma:

- a) Indicadores de nivel de pozo para determinar las ganancias y pérdidas de volumen de fluido en el pozo de perforación. Este indicador deberá incluir tanto dispositivos de advertencia auditivos y visuales;
- b) Dispositivo para la medición de volumen, para determinar en forma precisa los volúmenes de fluido de perforación requeridos para completar los orificios en los viajes;
- c) Dispositivos de indicador de retorno que indiquen la relación entre la velocidad de flujo de retorno de fluidos de perforación y la velocidad de descarga de la bomba. Este indicador debe incluir tanto dispositivos de advertencia auditivos y visuales.
- d) Equipo de detección de gas para monitorear los retornos de fluido de perforación. El indicador puede estar localizado en el compartimento de registro de fluidos de perforación o en el suelo de la plataforma. Si los indicadores están solamente en el compartimento de registro, se deberá manipular continuamente el equipamiento y contar con un medio de comunicación inmediata con el piso de la plataforma. Si los indicadores están solo en el piso de la plataforma, se deberá instalar una alarma auditiva.

¿Qué cantidades de fluidos de perforación son requeridos?

- a) Se deberá utilizar, mantener, y reponer cantidades de fluido de perforación y materiales del fluido de perforación en el sitio de perforación según sea necesario para asegurar el control del pozo. Se deberá determinar las cantidades en base a las condiciones de perforación conocidas o anticipadas, capacidad de almacenamiento de la plataforma, condiciones climáticas, y tiempo estimado de entrega.
- b) Se deberá registrar los inventarios diarios de fluido de perforación y los materiales de fluidos de perforación, incluyendo los materiales de ponderación y los aditivos en el reporte de fluidos de perforación.
- c) Si no se cuenta con las cantidades suficientes de fluido de perforación y materiales de fluido de perforación para mantener el control del pozo, se deberá suspender las operaciones de perforación.

Las propiedades y rendimiento del fluido de perforación se monitorean atentamente mientras se realiza la perforación para asegurar que el comportamiento del fluido esté en línea con las expectativas. El monitoreo y mantenimiento consiste en agregar continuamente los productos necesarios para mantener las propiedades que el fluido



requiere. El lodo de perforación es continuamente “terminado”. Los polímeros se adhieren a los sólidos y disipándose, la temperatura degrada los aditivos y el agua que se agrega a los volúmenes debe ser tratada. El lodo al comienzo del turno no es el mismo al término del turno a menos que haya sido monitoreado y se haya mantenido regularmente. Cuando se realice el cambio de turno, NO desechar el lodo y preparar una carga nueva con propiedades diferentes.

El fluido de perforación estará diseñado para que contenga ciertas propiedades y es crítico para el monitoreo y control de estas propiedades en todo momento.

- Viscosidad: Es vital que la viscosidad del fluido sea lo suficientemente alta como para elevar los cortes hacia afuera del orificio cuando circula el fluido, y mantener los cortes más o menos en suspensión cuando la circulación se detiene.
- Densidad (o gravedad específica): Si se espera que las presiones de formación sean altas, entonces el fluido puede ser ponderado para ayudar a controlarla pero, como a menudo es el caso en los pozos geotérmicos, si las presiones de formación son bajas, entonces el fluido debe ser lo más liviano posible para evitar la pérdida de circulación.
- pH: La alcalinidad del fluido es importante para el control de la corrosión, propiedades reológicas y lodo bentonítico, y para su reacción con ciertos componentes de la formación. Un pH normal está entre 9.5 y 10.5, aunque no es poco común encontrar valores más altos.
- Torta de filtración: Esta es una medida para conocer cuán eficientemente el fluido forma una capa impermeable en las paredes del orificio de sondeo para evitar la filtración hacia la permeabilidad natural de la formación. (Esto es típicamente más importante en las perforaciones de aceite y gas que en las geotérmicas).
- Contenido de sólidos: Ésta es una medida para conocer cuán eficientemente el lodo está siendo limpiado, y también puede determinar cuándo el lodo debe ser desechado o diluido.
- Estabilidad: Las propiedades deseadas del fluido, una vez establecidas, deben estar estables bajo condiciones y temperaturas normales de perforación.
- Tratamiento fácil: Si las propiedades deseadas del fluido se pierden, deberá estar disponible un tratamiento para recuperarlas.
- Prueba de propiedades: Las pruebas y equipamiento de pruebas deben estar disponibles para identificar las propiedades del fluido a la temperatura del pozo e indicar todos los tratamientos requeridos.

- Control adecuado de pozos y sólidos: Dejar que se acumulen sólidos, particularmente en un fluido de extracción de testigo, está absolutamente prohibido. La acumulación de sólidos puede ocasionar adherencia a la presión diferencial, desgaste en los repuestos de la bomba, pérdidas o devoluciones inducidas, y otros numerosos problemas. Los pozos deben estar diseñados para deflectar el lodo y cambiar la dirección del flujo, y hacer que el lodo fluya desde un pozo hacia el otro. Regla General – los volúmenes del pozo deben ser tres veces el volumen del orificio en una profundidad total.
- Eliminación de los sólidos: a altas temperaturas, los sólidos perforados tienden a absorber el agua disponible en forma más vigorosa que a temperaturas más bajas, de manera que la limpieza efectiva del lodo es incluso más importante de lo normal para evitar el aumento de gelificación y viscosidad.

- 

## **Complicaciones relacionadas con la mala supervisión**

### **Pérdida de circulación**

Después del uso, el fluido de perforación regresa a los sumideros de perforación recubiertos de plástico donde los sólidos se asientan en el fondo del sumidero, y el fluido de perforación vuelve a circular a la superficie a través del aro anular, el espacio entre la tubería de perforación y el muro del orificio del pozo. De vuelta en la superficie, los sólidos se eliminan, y el lodo suele bombearse a un tanque de fluidos, donde puede reutilizarse o tratarse. Generalmente, el sistema de fluido de perforación está diseñado como un bucle, donde el fluido de perforación circula continuamente a medida que la broca se encuentra rotando. El fluido de perforación realiza varias funciones importantes y mejora la eficacia general de la operación de perforación. Por ejemplo, se usa para enfriar y lubricar la herramienta rotatoria de perforación, para reducir la fricción, evitar que la tubería de perforación se pegue, controlar la presión bajo la superficie, suspender y agregar aditivos de tratamiento, para levantar los restos de perforación y llevarlos a la superficie, y para limpiar el orificio del pozo y la herramienta de perforación.



Figura 4

Al perforar una formación porosa o fracturada, una porción del fluido de perforación o su fluido base se puede perder debido a la formación alrededor del orificio del pozo, y no regresa a la superficie para la recirculación. Generalmente, esta porción que es una pérdida de fluido de perforación se conoce como pérdida de circulación. Las áreas de una formación donde se generan pérdidas se conocen como zonas de pérdida o zonas de pérdida de circulación. La pérdida de circulación tiene un impacto económico significativo en la operación. También puede aumentar el impacto ambiental de la operación, particularmente, al perforar con hidrocarburos. La cantidad y el tipo de pérdida de circulación dependen de la estructura y la permeabilidad de la formación que se perfora, además de las propiedades del fluido de perforación.

La pérdida de circulación puede generarse en la forma de pérdidas por filtración o pérdidas de fluido. Las filtraciones ocurren cuando el lodo entero, incluidos los sólidos, se pierden en la formación durante la perforación. Esto puede ocurrir si los sólidos del fluido de perforación no son lo suficientemente grandes como para cubrir los poros o las fracturas en la formación. La pérdida de fluido hace referencia a la pérdida de fluido en un área de una formación donde se forma una torta de filtración o donde no pueden pasar sólidos, lo que tiene resultado principalmente en la pérdida del fluido base de la formación. Incluso pérdidas leves o moderadas pueden afectar significativamente el costo de la perforación. Las pérdidas severas o totales pueden ocurrir en formaciones altamente porosas o fracturadas.

## **Medidas de control para la pérdida de circulación**

La pérdida de circulación se puede reducir o controlar en diversos grados al agregar sólidos externos al fluido. Un sólido que se agrega a un fluido de perforación para reducir o controlar la pérdida de circulación se suele conocer como material de pérdida de circulación (LCM, lost circulation material). Generalmente, se agregan diversos polímeros o sólidos finos al fluido de perforación para controlar las pérdidas de fluido o para controlar el grosor de la torta de filtración creada y la cantidad de filtrado de la formación. A menudo, los materiales de pérdida de circulación se muelen o se funden en diferentes tamaños de partículas según la estructura esperada de la formación y la gravedad anticipada de la pérdida de circulación, y su objetivo es taponar zonas de pérdida en la formación con sólidos o polímeros, o crear una capa de sólidos para sellar las zonas de pérdida.

No se ha comprobado que los materiales disponibles para la pérdida de circulación sean completamente satisfactorios y se requieren mejores materiales para este fin. Los materiales para la pérdida de circulación pueden tener diversas desventajas. A menudo, se requiere una cantidad significativa de material sólido para controlar la pérdida de circulación, y la presencia de estos sólidos puede causar dificultades para mantener las propiedades químicas o físicas deseadas del fluido de perforación, tales como el límite de elasticidad, la densidad, la tensión de superficie, la viscosidad o la estabilidad de emulsión. Generalmente, se deben agregar químicos de humectación con aceite para asegurar que los sólidos estén impregnados de aceite al perforar con un fluido de perforación de hidrocarburo y, por lo tanto, agreguen químicos al fluido. Una capa de sólidos finos puede ser difícil de mantener en el fondo del pozo debido al movimiento de la sarta de perforación en el orificio del pozo y a la velocidad anular del fluido de bombeo. Muchos de los aditivos sólidos disponibles no se retiran fácilmente de la formación y pueden causar daño permanente. En una operación de perforación de aceite o gas, un problema significativo asociado con el uso de materiales sólidos para la pérdida de circulación es un efecto de daño permanente en las zonas de producción de una formación, que dificultan la producción del recurso. El uso de aditivos sólidos también puede causar problemas mecánicos en la plataforma de perforación, como las bombas de fluido y los equipos de control de sólidos.

### **Prueba de filtrado (LOT, Leakoff Test)**

Realizar una prueba de filtrado precisa es fundamental para evitar la pérdida de circulación. La prueba de filtrado (LOT, leakoff test) se realiza al cerrar el pozo y aumentar la presión en el orificio abierto que se encuentra inmediatamente debajo del último hilo de carcasa antes de seguir perforando en el siguiente intervalo. En la base del punto en el

que la presión disminuye, la prueba indica la fuerza del diámetro del pozo en el punto de apoyo de la carcasa, lo que suele considerarse uno de los puntos más débiles en cualquier intervalo. Sin embargo, realizar una prueba de filtrado durante la etapa de extensión de fractura puede disminuir severamente el peso máximo del lodo que se puede usar para perforar el intervalo de forma segura sin pérdida de circulación. En consecuencia, es mejor detener la prueba lo antes posible una vez que el gráfico de presión comienza a pasarse.

### **Prueba de integridad de la formación (FIT, Formation Integrity Test)**

Para evitar romper la formación, muchos operadores realizan una prueba FIT en el punto de apoyo de la carcasa para determinar si el diámetro del pozo tolerará el peso máximo de lodo anticipado al perforar el intervalo. Si el punto de apoyo de la carcasa sostiene una presión equivalente a la densidad prescrita del lodo, la prueba se considera exitosa y se continúa perforando.

### **Métodos de control adicionales**

- Si la circulación de retorno se pierde súbitamente, cambie de inmediato la válvula de tres vías para dirigir el fluido de vuelta al pozo mediante la manguera de derivación (esto minimiza la pérdida de agua valiosa). Luego, rápidamente levante la sarta de perforación 1 ó 2 metros desde el fondo del pozo de perforación, de modo que tenga menos probabilidades de saturarse si la porción inferior del pozo colapsa.
- Si la perforación se ha realizado con un lodo de bentonita grueso, la mejor acción posible es “esperar”. Un período de espera puede permitir que el fluido se convierta en gel en la formación y proporcione un sello suficiente para permitir que la circulación se restaure. Si la perforación se ha realizado con agua o lodo natural, reemplace el fluido con una solución gruesa de bentonita, hágala circular dentro del pozo y déjela reposar. Cuando esté lista para volver a circular hacia abajo por el pozo, golpee rápidamente la sarta de perforación con un martillo para soltar el lodo y abrir la tubería.
- Si esperar y engrosar el lodo de perforación no restaura la circulación, pregúntese por qué la circulación se perdió. Si el fluido de perforación se pierde en una formación de saturación altamente permeable, puede ser posible construir un excelente pozo. Por lo tanto, pruebe el rendimiento del pozo antes de decidir si proceder con los pasos que se describen a continuación.
- Si es necesario seguir perforando, pruebe agregar materiales de engrosamiento al lodo de perforación. Esto puede ocurrir en caso de formaciones extremadamente inestables o que contengan fracturas abiertas. Casi cualquier material fibroso o de



hojuela granular se puede usar para proporcionar una pila para bloquear un área de pérdida de circulación. Generalmente, los materiales locales, como el afrecho, las cáscaras, las granzas, la paja, las cortezas, los trozos de madera, el algodón, las plumas, o incluso la ropa de cama de lana o fibra se pueden ubicar de inmediato y usarse (Australian, 1992). Este material se debe empujar hacia abajo por el pozo para bloquear las fracturas.

- El método de “taponamiento con bentonita” para sellar una zona de pérdida de circulación implica forzar una gran cantidad de arcilla o cemento dentro de la zona de pérdida de agua (generalmente, en o cerca de la broca) y colocarla dentro de la formación, donde se hincha y rellena las grietas. La mejor forma es mezclar una concentración muy alta (6-7 kg/L) de bentonita. Una vez que la mezcle, colóquela en el pozo en una bolsa o un contenedor sellado, que se puede romper cuando se enfrente a la zona de pérdida de circulación. Este material se puede embutir en la formación al meter presión en el pozo o empujarlo con un bloque en el extremo de la sarta de perforación.
- Si la zona de pérdida de circulación no se puede bloquear, a veces, la perforación se puede realizar sin circulación de retorno. Los restos se transportan a las cavidades de la formación. Ocasionalmente, puede ser necesario bombear una solución de lodo grueso para limpiar el fondo del pozo.

Otra opción es colocar una carcasa para sellar la zona problemática. Asegurar que el agujero haya penetrado completamente la zona problemática que la carcasa debe proteger. Es posible que implementar la carcasa demasiado pronto no solucione los problemas por mucho tiempo. Finalmente, si ninguna de estas opciones funciona, puede ser necesario abandonar el pozo o continuar la perforación con una máquina rotatoria de perforación de aire.

### **Atasco de tuberías**

Complicaciones relacionadas con los atascos de tuberías pueden generar casi la mitad del costo total del pozo, lo que hace que este sea uno de los problemas más costosos que pueden ocurrir durante una operación de perforación. A menudo, el atasco de tuberías se asocia con el control del pozo y con eventos de pérdidas de circulación (los otros dos problemas costosos de las operaciones de perforación) y es un riesgo significativo en pozos horizontales y de ángulo elevado.

Perforar en zonas agotadas, donde la presión del espacio anular del pozo excede la de la formación, puede hacer que la sarta de perforación se vaya contra la pared y se incruste en la torta de filtración depositada allí. La presión interna de la torta disminuye en el punto donde la sarta de perforación entra en contacto con la torta de filtración, lo que

hace que la tubería se sostenga contra la pared por la presión diferencial. En pozos horizontales y de ángulo elevado, la fuerza gravitacional contribuye al contacto extendido entre la sarta de perforación y la formación. Administrar de forma apropiada la lubricidad del fluido de perforación y la calidad de la torta de filtración en la formación permeable puede ayudar a reducir los atascos de tuberías.

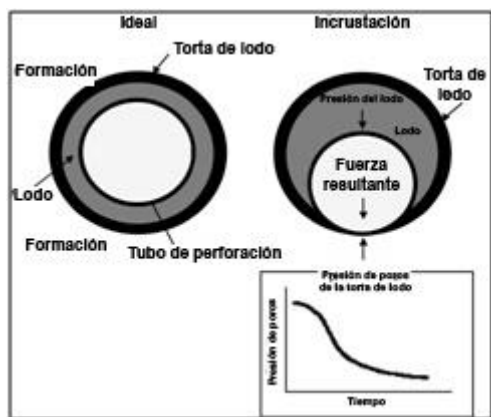


Figura 5

#### Principio de atascamiento diferencial

Las causas mecánicas de los atascos de tuberías incluyen ranuras, atascamiento debido a una mala limpieza del pozo, hinchazón de esquistos (shale), colapso del diámetro del pozo, formación de flujo de plástico (es decir, sal) y puenteo. Evitar los atascos de tuberías puede requerir una supervisión estricta de los indicadores tempranos de advertencia, como los aumentos en el torque y la fricción, las señales de carga excesiva de restos de perforación, el encuentro de puntos críticos al activar la sarta de perforación y la pérdida de circulación al perforar.

#### Medidas de control para los atascos de tuberías

Según la causa sospechada de adhesión, puede ser necesario aumentar la densidad del fluido de perforación (para estabilizar un esquisto (shale) hinchado) o disminuirla (para proteger la zona agotada y evitar la adhesión diferencial). El coeficiente de fricción del fluido de perforación es un factor importante para su eficacia al evitar los atascos de tuberías o permitir que la tubería atascada se libere. Los OBF y SBF ofrecen la lubricidad máxima; los WBF inhibitorios se pueden tratar con un lubricante (generalmente, entre 1% y 5% por volumen) y formularse para producir una torta de filtración delgada e impermeable que brinde más protección contra la adhesión. Los WBF de polímero de alto rendimiento diseñado específicamente para servir de alternativa a los OBF y SBF, presentan un alto grado de lubricidad natural, y es posible que no requieran la adición de un lubricante.

### **Supervisar la gravedad específica del fluido y de los restos, y la velocidad hacia la parte superior del pozo para asegurar un despeje eficaz del pozo**

Los fluidos de perforación y los aditivos se usan comúnmente para enfriar y limpiar la broca de corte al retirar los restos y transportarlos a la superficie. La fricción se reduce entre la sarta de perforación y las paredes del pozo por el efecto del fluido. Las partículas del fluido que se transporta bajo presión pueden sellar las paredes del pozo, y evitar la pérdida de fluido y la entrada de agua subterránea, estabilizando las porciones encapsuladas del diámetro del pozo.

Los fluidos de perforación se deben mezclar, de modo que sean lo suficientemente gruesos (viscosos) para traer los restos de tierra desde el fondo del pozo a la superficie, pero no deben ser tan viscosos que eviten que se depositen en los pozos de lodo. Por lo tanto, es muy importante conocer las propiedades de los lodos de perforación y su uso apropiado:

- La capacidad de un fluido de levantar los restos aumenta rápidamente a medida que la viscosidad (el grado al que un fluido resiste el flujo bajo una fuerza aplicada) y la velocidad hacia la parte superior del pozo aumentan. Sin embargo, una vez que los restos llegan a la superficie, es esencial que se desprendan a medida que el fluido fluye por el pozo de decantación. Los resultados deseados se obtienen al diseñar los pozos de lodo de manera apropiada, controlar la viscosidad y el peso del fluido de perforación, y ajustar la velocidad de la bomba.
- Durante el proceso de perforación, se acumulan sólidos en el fluido de perforación, especialmente al perforar limo, arcilla o esquistos consolidados débilmente. A menudo, el grosor del fluido de perforación debe ajustarse durante la perforación al agregar más agua y/o retirar algunos de los restos acumulados del pozo de decantación.
- El fluido demasiado grueso será difícil de bombear y causará el desgaste innecesario de la bomba de lodo, ya que los restos no se habrán asentado en el lodo antes que este se bombee de vuelta por el pozo. También hará que sea más difícil retirar el lodo de los muros del pozo y el acuífero adyacente durante el desarrollo del pozo. La tasa de penetración también podría reducirse.
- Si el lodo es demasiado delgado, los restos no llegarán a la superficie, y la broca y la tubería de perforación podrían atascarse en el pozo debido a los restos. Además, este lodo puede causar la migración excesiva de lodo en la formación, lo que reducirá el rendimiento potencial del pozo.

- Una vez que se comienza el pozo y el fluido se está bombeando, es importante mantener el pozo y los pozos de lodo llenos de agua, y completar la perforación e instalación de la carcasa antes que el pozo pueda quedarse sin agua debido al proceso de perforación. Si la circulación de retorno del fluido de perforación hacia fuera del pozo se pierde repentinamente, asegurar la toma de medidas inmediatas.

Si la perforación se detiene por más de unos pocos minutos y el agua retrocede hacia abajo, el pozo puede desplomarse. Para minimizar este riesgo, mantener la sarta de perforación en el pozo (varios metros arriba del fondo) y vuelva a llenar el pozo mediante la sarta. No vierta agua por el agujero abierto, ya que esto puede causar que el pozo se desplome. Si la detención de la perforación dura mucho, retire la sarta de perforación del pozo para Asegurar que no se atasque ni se pierda (incluso se puede retirar de forma manual usando una llave para cañería).

En un agujero profundo, es posible que los siguientes parámetros de fluido de perforación se deban supervisar periódicamente:

- Densidad relativa (DR), a veces llamada gravedad específica (GS)\* o peso de lodo, que se mide con una balanza de lodos.
- Propiedades de filtración, medidas con un filtro de prensa (sólo para lodos basados en agua).
- Propiedades de flujo, denominadas en general como “viscosidad”, que se miden usando la resistencia al flujo mediante un embudo Marsh estándar que informa el resultado en segundos, o mediante un reómetro rotatorio que proporciona lecturas a diferentes velocidades de rotación, a partir de las cuales se determinan la “viscosidad plástica” y el “límite de elasticidad”.
- Formación de gel, que se mide con un reómetro.
- Composición química y capacidad de intercambio catiónico, medido como capacidad de pH de azul de metileno, que se mide con papel reactivo o un medidor.
- Cloruros, medidos con ácido sulfúrico, nitrato de plata, fenolftaleína y cromato de potasio.
- Suspensión y liberación de muestras.
- Muestras que se deben suspender, peso del material y aditivos en una amplia gama de condiciones.

- Muestras que se asientan causan puenteo y relleno, lo que puede causar atascos de sartas y pérdida de circulación.
- El peso del material que se deposita se conoce como pandeo. Esto causa una amplia variación de la densidad del fluido del pozo y ocurre con más frecuencia en pozos calientes y de ángulo elevado.
- Las concentraciones altas de sólidos de perforación son perjudiciales para:
- Eficacia de perforación (causa más peso y viscosidad del lodo, lo que aumenta los costos de mantenimiento y la dilución)
- Tasa de penetración (aumenta la potencia requerida para circular)
- Las propiedades del lodo suspendido deben equilibrarse con las propiedades de la eliminación de restos mediante equipos de control de sólidos.
- Para un control eficaz de sólidos, los sólidos de perforación se deben retirar del lodo en la primera circulación del pozo. Si vuelven a circular, los restos se rompen en pedazos más pequeños y son más difíciles de eliminar.

Realice una prueba para comparar el contenido arenoso del lodo en la línea de flujo y el pozo de succión (para determinar si los restos se están retirando).

### **Medición del fluido de perforación**

La viscosidad es la medida del flujo de resistencia de un fluido. Una prueba básica para todos los fluidos de perforación es la prueba del embudo Marsh. El embudo Marsh es un dispositivo simple que se usa para mediciones rápidas de la viscosidad del fluido. Le permite realizar mediciones inmediatas de la viscosidad del lodo de perforación. Esta viscosidad es la proporción de la velocidad del lodo a medida que pasa por el tubo de salida con la cantidad de fuerza (el peso del lodo) que hace que el lodo fluya. Este flujo de viscosidad se informa como el número de segundos requeridos para que 1 litro de lodo fluya hacia fuera de un embudo Marsh lleno.



**Figura 6**

**Embudo Marsh**

Al usar un embudo Marsh, las lecturas son mediciones generales. Sin embargo, con informes frecuentes de la viscosidad del embudo Marsh, podrá advertir cambios repentinos en la viscosidad del lodo que pueden requerir medidas correctivas.

- Cómo usar un embudo Marsh.
- Sostener el embudo en posición vertical con el dedo índice sobre la salida.
- Vertir el fluido de perforación a través de la pantalla en la parte superior del embudo hasta que el fluido alcance la línea marcada justo debajo de la pantalla.
- Retire el dedo de la salida y mida el número de segundos requeridos para llenar el contenedor complementario hasta la línea marcada de un cuarto de galón.

Las siguientes normas se pueden usar para evaluar si el lodo de perforación es lo suficientemente grueso:

Material que se perfora	Viscosidad del embudo Marsh
Agua (sin arcilla expansiva)	
Arcilla expansiva natural	32 a 37
Condiciones normales (incluida arcilla no expansiva y arena fina)	40 a 45
Arena mediana	45 a 55
Arena gruesa	55 a 65
Ripio	65 a 75
Ripio grueso	75 a 85

Tabla 16

## **Supervisar las causas de presión en sistemas de fluido**

Existe una posibilidad que se libere fluido de perforación durante la instalación, lo que puede ocurrir cuando la presión en el hueco de perforación no se mantiene y hay pérdida de circulación de los fluidos de perforación. Generalmente, ocurre una pérdida mínima constante de fluido de perforación durante el proceso de perforación cuando se encuentran capas sueltas de arena, ripio o roca fracturada y el fluido de perforación llena vacíos en el material. La pérdida de fluido de perforación de retorno y una reducción de la presión de perforación indican que hay filtraciones fuera del hueco de perforación. Por ejemplo, una pérdida de fluido de perforación y una ausencia de material bajo la superficie indicarían una pérdida de presión de contención dentro del agujero.

Durante la perforación, obviamente se crean restos, pero no suelen ser un problema hasta que la perforación se detiene porque es necesario reemplazar una broca o por otro motivo. Cuando esto sucede y no se usan fluidos de perforación, los restos vuelven a llenar el agujero. Los fluidos de perforación se utilizan como herramienta de suspensión para evitar que esto suceda. La viscosidad del fluido de perforación aumenta cuando el movimiento disminuye, lo que permite que el fluido tenga una consistencia líquida durante la perforación y se vuelva una sustancia más sólida cuando la perforación se detenga. Luego, los restos se suspenden en el pozo hasta que se vuelva a insertar el taladro. Luego, esta sustancia tipo gel vuelve a transformarse en líquido cuando se reinicia la perforación.

Los fluidos de perforación también ayudan a controlar la presión en el pozo al compensar la presión de los hidrocarburos y las formaciones de roca. Se agregan agentes espesantes a los fluidos de perforación para aumentar su densidad y, por lo tanto, la presión en los muros del pozo.

Otra función importante de los fluidos de perforación es la estabilización de la roca. Se utilizan aditivos especiales para asegurar que la formación de roca en el pozo no absorba el fluido de perforación y los poros de la formación de roca no se tapen.

Cuanto más largo sea el pozo, más sarta de perforación se requiere para perforar. Esta sarta es pesada, y el fluido de perforación agrega flotabilidad, lo que reduce la tensión. Además, el fluido de perforación ayuda a reducir la fricción con la formación de roca, lo que reduce el calor. Esta lubricación y el enfriamiento permiten prolongar la vida de la broca.

El cabezal proporciona mecanismos de cierre y rotación de la broca para permitir la inserción y recuperación del ensamblaje de tubo interior, un ensamblaje de rodamientos para permitir que el tubo interior se mantenga estático y evitar el daño de la muestra al



perforar, indicaciones de operación de presión y válvulas de control de fluidos. Todos los cabezales incluyen una válvula de cierre que proporciona una señal de presión de fluido al operador del taladro cuando los miembros de la válvula se comprimen, lo que indica un tubo interior lleno o bloqueado. El tamaño de presión de la bomba depende de la profundidad del agujero de perforación, la resistencia del fluido de lavado (fluido de perforación) a través del canal y la naturaleza del fluido de perforación que se transporta. Cuanto más profundo sea el agujero de perforación y mayor la resistencia del sistema de cañerías, más alta es la presión requerida.

### **Seleccionar la velocidad apropiada de bombeo de fluido para el tamaño del agujero.**

#### **Determinación de los parámetros de circulación de fluido en el agujero.**

Generalmente, el fluido que circula se bombea desde la superficie a través de la sarta de perforación, entre el tubo interior y el exterior del ensamblaje del barril sacatestigos, a través de la cara de la broca y luego regresa a la superficie mediante la brecha anular entre la sarta de perforación y la pared del agujero de perforación. La regla básica es que la velocidad ascendente del fluido debe ser mayor que la velocidad de precipitación de los restos más grandes en el fluido. Como tal, cuanto más grandes sean los restos, más fluido se necesita.

Si bien la hidráulica de la broca se controla hasta cierto punto al regular la bomba de circulación y la viscosidad del fluido, la cantidad real de fluido de circulación que se debe aplicar está determinada en gran parte por la configuración de vía fluvial de la cara de la broca y la brecha anular entre el diámetro externo de la sarta de perforación y la pared del agujero. Ya que las condiciones varían considerablemente de una operación a otra, es difícil definir parámetros absolutos para la circulación de fluido en el agujero. Es posible que sea necesario experimentar in situ.

La velocidad anular se define como la velocidad a la que el fluido en circulación y los restos de la broca regresan a la superficie mediante la brecha anular entre la pared del agujero y la sarta de perforación. Una velocidad anular excesiva puede causar la erosión hidráulica de la pared del agujero en formaciones blandas, mientras que una velocidad anular insuficiente causará que los restos se mantengan suspendidos en el fluido en circulación. Esta condición provocará atascos de las varillas de perforación, desgaste de equipos, tasas bajas de penetración y hundimientos. Como alternativa a trabajar con velocidades anulares más altas, el operador puede aumentar la viscosidad del fluido en circulación para una limpieza eficaz del agujero.

La velocidad del fluido y el volumen de fluido para aplicar se determinan mediante las funciones principales de la hidráulica de la broca:

- El enfriamiento de la broca y el transporte de los restos.
- Cálculo de la velocidad de bombeo de circulación (Q).
- Según el sistema de medición que se use, las variables de la fórmula se han definido en la siguiente tabla:
- Parámetros de operación: hidráulica de la broca.

Las recomendaciones normales para la velocidad anular son:

Máxima: 90 metros/minuto (ó 290 pies/minuto)      Mínima: 60 metros/minuto (ó 200 pies/minuto)

Variable	Descripción de la variable	Unidades y constantes		
<b>Q</b>	Velocidad de bombeo	Galones de EE:UU/min	Gal imperial/min	litros/min
<b>Va</b>	Velocidad anular	pies/min	pies/min	metros/min
<b>h</b>	Altura del aro anular	12 pulgadas/pie	12 pulgadas/pie	1000 mm/metro
<b>d</b>	Diámetro del agujero de perforación	Pulgadas	Pulgadas	Mm
<b>s</b>	Diámetro de la sarta de perf.	Pulgadas	Pulgadas	Mm
<b>c</b>	Conversión de volumen	231 pulgadas <sup>3</sup> /galón EEUU	277 pulgadas <sup>3</sup> /galón imp.	1 x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup> /litro

Tabla 17

Control de presiones de la formación.

- Si la presión de la formación aumenta, la densidad del lodo también se debe aumentar, a menudo con barita (u otros materiales de engrosamiento) para equilibrar la presión y mantener estable el pozo. Las presiones desequilibradas de la formación causarán una afluencia inesperada de presión en el pozo, lo que podría causar una explosión de fluidos presurizados de la formación.

- Presión hidroestática = densidad del fluido de perforación \* profundidad vertical verdadera \* aceleración de gravedad. Si la presión hidroestática es igual o mayor que la presión de la formación, el fluido de la formación no fluirá dentro del pozo.
- El control del pozo significa la ausencia de flujo incontrolable de fluidos de formación en el pozo.
- La presión hidroestática también controla las tensiones causadas por las fuerzas tectónicas, que pueden desestabilizar los pozos aunque la presión del fluido de la formación esté equilibrada.
- Si la presión de la formación es subnormal, se puede utilizar aire, gas, vapor, espuma rígida o lodo de baja densidad (base de aceite).

En la práctica, la densidad del lodo debe limitarse al mínimo necesario para controlar el pozo y su estabilidad. Si es demasiada, puede fracturar la formación.

## **1.2. Configuración y chequeo de herramientas y equipos de perforación.**

### **Ensamblaje del barril**

Antes del ensamble:

- Montar el barril sobre la superficie para revisar y ajustar (si es necesario) el espacio libre entre la carcasa del sacatestigos y la broca para un flujo apropiado de agua/líquido refrigerante.
- Revisar la acción del “resorte” (core lifter). Debería ser capaz de deslizarse fácilmente dentro de la carcasa sacatestigos.
- Revisar el tubo interior para ver que no tenga distorsiones o curvaturas obvias.
- Revisar las acciones de cierre y recuperación del cabezal del tubo interior y el pescante. Asegurar que esté limpio, lubricado y que opere libremente.

### **Tubo externo**

El propósito del ensamble del tubo externo es conectar la broca y la carcasa a la sarta de perforación. Aloja y protege el ensamble del tubo interno durante las operaciones de perforación.

El anillo estabilizador externo (4) se conecta en la rosca hembra del tubo adaptador (5), y el cuello interno debe apuntar hacia arriba.

La carcasa de cierre (3) bloquea el anillo estabilizador (4).

El anillo estabilizador (2) se conecta con la rosca hembra de la carcasa de cierre (3).

El adaptador de la sarta de perforación (1) bloquea el anillo estabilizador.

El anillo estabilizador se puede invertir después de un período de uso si el extremo se gastó.

Al extender el barril sacatestigos, se monta un acoplamiento de tubo externo (6) o un escariador (9) entre los tubos externos.

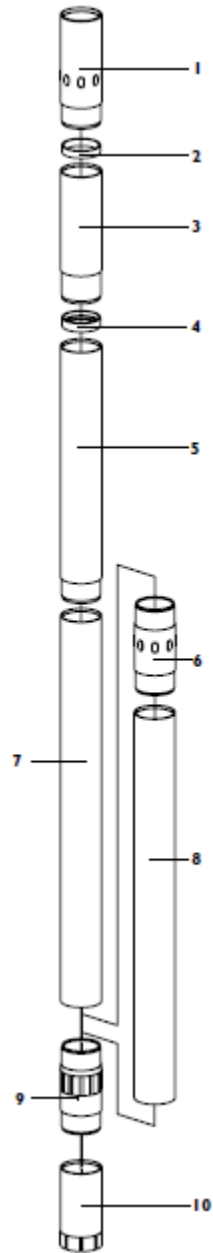
Los tubos externos tienen longitudes estándares de 1,5 m ó 3,0 m.

Cuando el tubo externo se recoja para inspeccionarlo, se debe revisar con cuidado que el anillo estabilizador externo y el anillo estabilizador estén en su lugar y no estén dañados.

El tubo interno se bloquea hacia arriba en el tubo externo en el que el cabezal del barril sacatestigos sostiene el anillo estabilizador. El tubo interno se fija hacia abajo, ya que el anillo estabilizador externo tiene un diámetro menor que el anillo estabilizador del cabezal del barril sacatestigos.

La fuerza de tracción al romper el testigo se transfiere del estuche del sacatestigos a la broca, ya que la conexión del tubo interior es flexible en el plano axial (el estuche del sacatestigos “descansa” sobre la broca). El juego entre la broca y el estuche del sacatestigos se puede ajustar para diferentes tipos de perforación.

Antes de la recuperación, el testigo se rompe, y el barril sacatestigos se levanta entre 3 y 6 metros. Esto evita que los restos de perforación vuelvan a caer dentro del recipiente del agujero dentro del tubo externo.



**Figura 7**  
**Tubo externo**

## Tubo interno

Existen dos métodos principales para ensamblar el tubo interno según el modelo que se use.

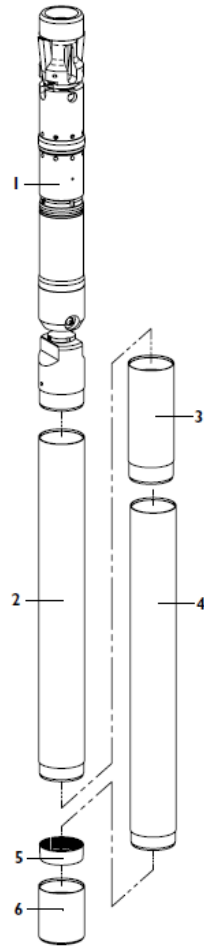


Figura 8

Tubo interno

### Método 1.

Siempre use llaves manuales al trabajar con el tubo interno (2) y el estuche del sacatestigos (6). Revisar el funcionamiento del resorte del sacatestigos (5) después de cada recuperación. Si el tubo interno está ovalado o dañado, puede pegarse en la barra de

perforación o en el anillo estabilizador exterior. Se puede usar un anillo estabilizador para el cabezal del barril sacatestigos para verificar que el tubo interno no se haya deformado.

1. Cabezal del barril sacatestigos.
2. Tubo interno.
3. Tubo separador.
4. Tubo de extensión.
5. Resorte del sacatestigos.
6. Estuche del sacatestigos.

Al ensamblar el tubo interno, usar siempre equipo de protección personal adecuado, herramientas apropiadas y evite los puntos de enganche de los equipos.

#### Método 2.

1. Ajustar el tubo interno en un tornillo de banco para que no se mueva. Tenga cuidado de no distorsionar ni abollar el tubo al fijarlo en el tornillo de banco.
2. Colocar el sacatestigos dentro de la carcasa del sacatestigos.
3. Deslizar el anillo de tope dentro de la carcasa del sacatestigos hasta que esté alojado en la ranura designada (detrás del resorte).
4. Revisar que el resorte se pueda mover libremente dentro del estuche del sacatestigos. Si lo hace, está todo bien.
5. Enroscar la carcasa del sacatestigos al extremo macho del tubo interno. Asegurar apretar la carcasa del sacatestigos con la llave del tubo interno hasta que esté apretado.
6. En este punto, se debe fijar el conjunto de rodamientos al extremo macho del tubo interno. Aplicar la grasa adecuada del fabricante a las roscas y enroscar el conjunto de rodamientos. Asegurar de apretar el conjunto con la llave del tubo interno hasta que esté apretado.

#### Ensamblaje del cabezal

El propósito del ensamblaje del cabezal es conectar el barril sacatestigos con la sarta de perforación y permitir que el tubo interno permanezca inmóvil, de modo que pueda recibir el testigo. El resto del barril sacatestigos rota para dirigir el escariador y la broca.



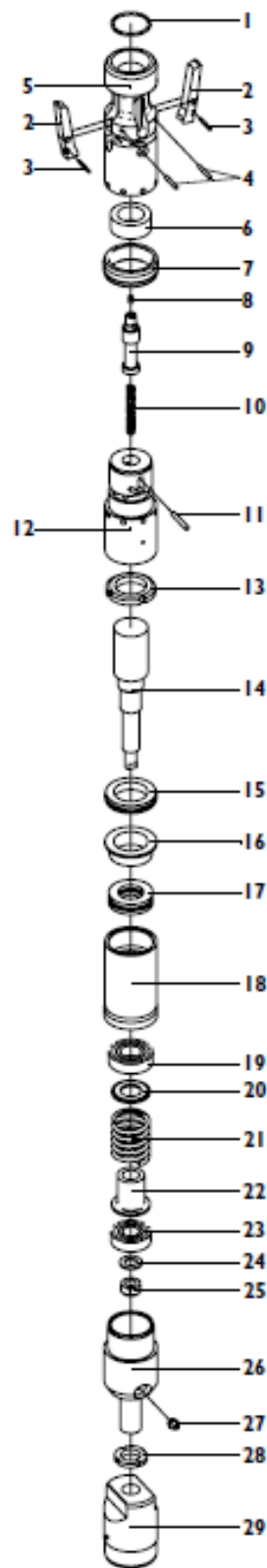


Figura 9

Ensamblaje de cabezal

Existen dos métodos principales para ensamblar el cabezal según el modelo que se use.

#### Método 1.

Revisar que los seguros (2) se muevan libremente, y que los O-ring (1) y los pasadores tubulares (3 y 4) no estén dañados.

Al revisar los seguros, la punta del sacatestigos se inserta en el cabezal del barril sacatestigos. El borde posterior de los sacatestigos debe estar dentro de la carcasa de los seguros. Si no es así, el pasador tubular probablemente está torcido o el agujero del seguro está gastado.

Al ajustar la válvula de descarga (9), el resorte (10) debe girarse con el remache de la válvula de descarga.

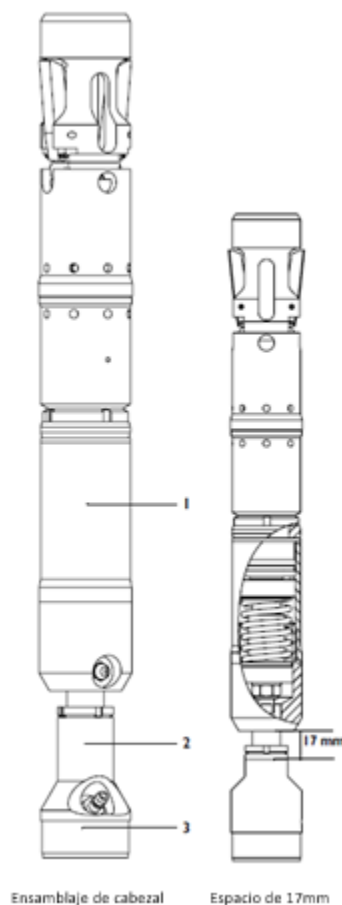
Nota: Asegurar que el pasador cilíndrico (11) no se atasque en la rosca y se pueda mover fácilmente en su ranura.

Nota: lubricar el cabezal del barril sacatestigos con grasa cada vez que lo recoja.

Usar suficiente grasa para Asegurar que se exprima grasa fresca a través de la carcasa del rodamiento (18).

Aceitar la válvula de descarga a través del agujero en el anillo estabilizador (7). Limpiar toda la grasa excedente.

Si la válvula de descarga se atasca, existe un escariador para limpiar el asiento de la válvula.



**Figura 10**

1. Cabezal del barril sacatestigos.
2. Triple de conexión del tubo interno.
3. Macho de conexión a presión.

El cabezal del anillo estabilizador del barril sacatestigos se ajusta de modo que el agujero se de vuelta hacia atrás en la carcasa de la válvula (12). Ajuste el cuerpo del seguro (5) [con golilla espaciadora (6)] en el cuerpo de la válvula y apriete. Atornille el cabezal del anillo estabilizador del barril sacatestigos al cuerpo del seguro y apriete. Ahora funcionará como una tuerca de bloqueo.

Al ajustar la unidad de rodamientos, debe tener en cuenta que el rodamiento de bola de contacto (17) se debe girar correctamente para que la grasa pase a través de él.

Nota: las golillas del rodamiento de bola de contacto (17) tienen diferentes diámetros. La golilla con el diámetro más pequeño se ajusta hacia arriba.

Para optimizar la perforación en diferentes tipos de roca, puede ser necesario ajustar la brecha entre la broca y el estuche del sacatestigos. Esto se hace al soltar la tuerca de bloqueo en la conexión del tubo interno (29) y ajustar la brecha entre la conexión del tubo interno (29) y la carcasa del rodamiento inferior (26).

La montura común recomendada es de alrededor de 17 mm.

## Método 2.

Para montar el ensamblaje del cabezal, necesitará un tornillo de banco para sujetar los componentes.

1. Enroscar la tuerca de bloqueo al husillo.
2. Colocar el husillo en el tornillo de banco y alterne las dos válvulas de cierre con las dos golillas de presión en el siguiente orden:
  - a) Válvulas de cierre.
  - b) Golillas de presión.
  - c) Válvulas de cierre.
  - d) Golillas de presión.
3. Colocar el rodamiento de empuje en el husillo, de modo que descansa con el lado que se mueve hacia abajo contra la golilla de presión.
4. Coloque el rodamiento del husillo en el husillo. Se colocará sobre la parte superior del rodamiento de empuje, con las roscas hacia arriba, hacia las roscas del husillo.
5. Instalar el rodamiento colgante en el husillo con el extremo del rodamiento abierto hacia arriba, hacia la rosca del husillo.
6. Ahora, colocar el resorte de compresión sobre el husillo, de modo que descansa sobre el rodamiento colgante.
7. La tuerca de bloqueo se enrosca al husillo y apretar con una llave ajustable hasta que se ajuste contra el resorte de compresión.
8. No apretar demasiado ni comprimir el resorte. Esto causará una “precarga” en las válvulas de cierre, y la presión del agua indicará un tubo interno bloqueado de forma prematura.
9. Coloque la bola en el extremo abierto de la tapa del tubo interno.
10. Enroscar el cuerpo de la válvula de control a la tapa del tubo interno y apretar con una llave ajustable hasta que esté apretado.
11. Colocar el ensamblaje de la tapa del tubo interno en el husillo y enroscar al rodamiento del husillo.
12. Llenar el ensamblaje de la tapa del tubo interno con grasa mediante la grasera.
13. Tomar el conjunto de rodamientos que montó recién y enrósquelo al cabezal.

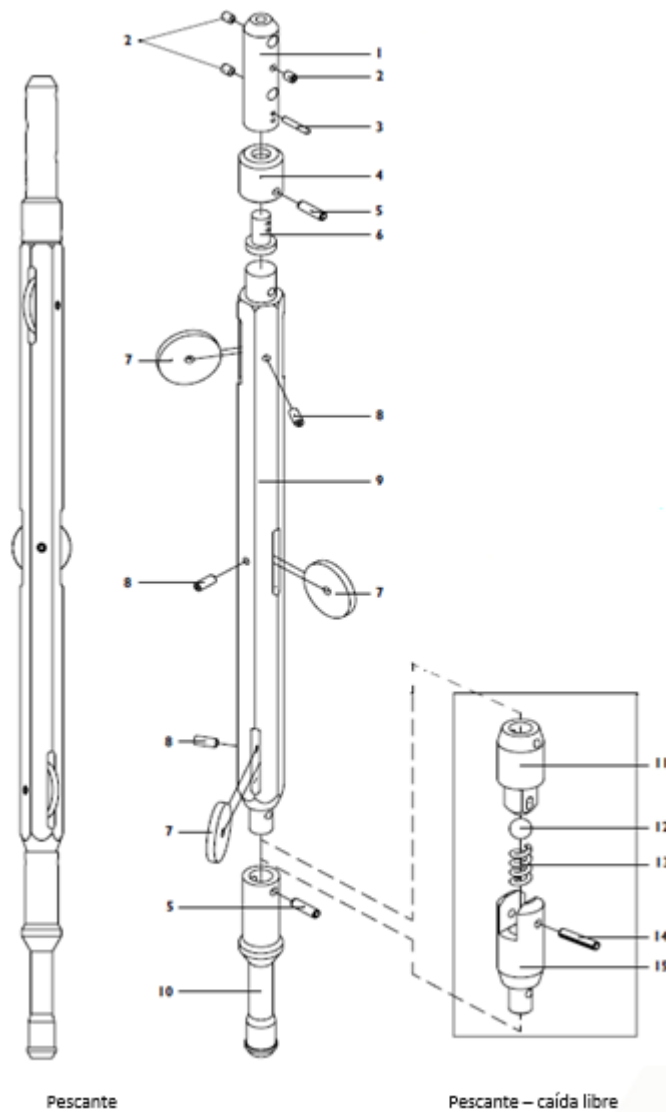
Enroscar la tuerca de bloqueo para que tope contra el cabezal. No apretar demasiado la tuerca, ya que es posible que deba ajustarla más tarde.

### **Pescante – De caída libre**

El pescante de caída libre tiene un soporte giratorio (1, 4, 6) en su extremo superior, que evita que el cable se tuerza. Un dispositivo de seguridad [pasador de seguridad (3)] está incorporado al soporte giratorio y está diseñado para romperse a aproximadamente 1.360kg. Esto es para eliminar el riesgo que quede en el agujero un cable cortado.

Comentario: cuando se incorporan dobles pasadores de seguridad, la carga del punto de rotura aumenta a alrededor de 2.721kg.

El cable se ajusta a la abrazadera (1) y se sujeta con tres tornillos de tope (2).



**Figura 11**

Ajustar el eje del rodamiento (6) en el bloque de los rodamientos (4). Luego, fijar la abrazadera (1) en el eje del rodamiento (6) mediante los pasadores de seguridad (3). Lubricar las superficies entre el bloque de los rodamientos y la abrazadera con grasa. Luego, el bloque de los rodamientos se llena de grasa antes de ajustarlo al peso del cable mediante el pasador tubular (5).

Los pasadores de corte se deben reemplazar periódicamente. Cuando la punta de soporte (10) se deposita en el cabezal del barril sacatestigos, los seguros se liberan del aro de seguridad. Una vez que la punta haya pasado los seguros, el tubo interno se asegura al pescante y se puede izar mediante el cable.

Nota: la punta de soporte se debe reemplazar cuando el borde comience a gastarse.

Si es necesario, se puede proporcionar una junta a la punta de soporte al incorporar una junta esférica entre la punta de soporte (10) y el peso del cable (9).

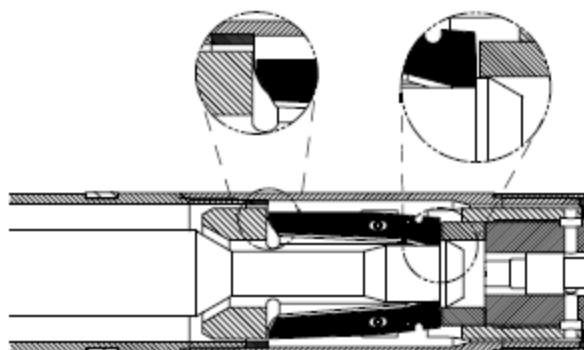


Figura 12

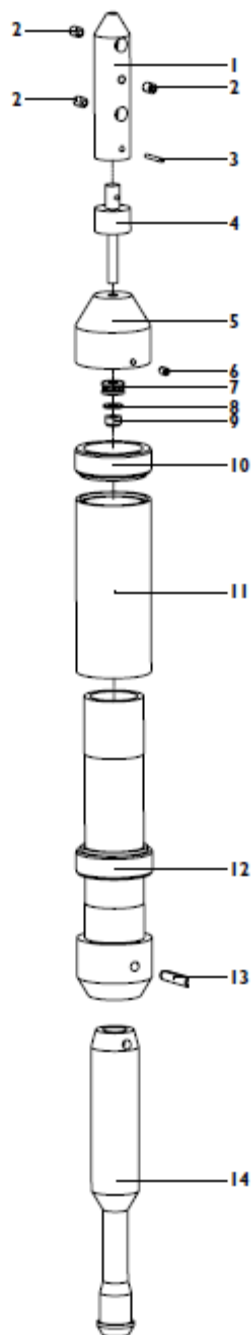
Cabezal de barril sacatestigos

### Pescante – Bombeo

El pescante tiene un soporte giratorio (4, 5, 7, 8, 9) en su extremo superior, que evita que el cable se tuerza. Un dispositivo de seguridad [pasador de seguridad (3)] está incorporado al soporte giratorio y está diseñado para romperse a aproximadamente 1.360 kg para eliminar el riesgo que un cable cortado quede en el agujero. El cable se inserta en la abrazadera (1) y se asegura con tres tornillos de tope (2).

Un rodamiento axial de bolas se instala con una golilla y una tuerca de cierre. Se debe apretar para que exista una brecha (0,5 mm) entre la barra de tracción (4) y la tuerca (5). Debe poder girar fácilmente. Luego, llene el espacio con grasa antes de fijarla a la barra de acero. Después de esto, se debe montar la abrazadera con un pasador de corte.





**Figura 13**

**Pasante- Bombeo.**

Los pasadores de seguridad (3) se deben reemplazar periódicamente.

Los sellos (10) se montan sobre el separador (12) en cada lado del tubo separador (11).

El sello en el pescante para bombear se sella a la barra de perforación. Esto significa que se debe verificar que las barras de perforación estén libres de óxido en su interior y que las juntas no estén dañadas. Las barras oxidadas o deterioradas dañarán el sello.

Finalmente, la punta de soporte se ajusta y se asegura con el pasador tubular (13).

Cuando la punta de soporte (14) se inserta en el cabezal del barril sacatestigos, los seguros se liberan del aro de seguridad. Una vez que la punta haya pasado los seguros, el tubo interno se ajusta al pescante y se puede izar mediante el cable.

Nota: cuando el borde de la punta comience a gastarse, debe reemplazarse.

### **Ensamblaje final del barril sacatestigos**

Montar el ensamblaje del tubo interno con el del tubo externo antes de operar puede realizarse en un taller o in situ mediante el uso de un tornillo de banco.

1. Colocar el tubo externo en el tornillo de banco.
2. Insertar o enrosque el ensamblaje del tubo interno y el estuche del sacatestigos en el tubo externo.
3. Enroscar el cabezal en el extremo hembra del tubo externo.
4. Fijar la broca de perforación al tubo externo.

Una vez que el barril sacatestigos esté armado, el espacio entre el borde interior de la broca y el estuche del sacatestigos se debe medir. La distancia debe ser de entre 3mm y 17mm según el modelo del fabricante. Si no es así, el ensamblaje del tubo interno se debe retirar del tubo externo y realizar los ajustes necesarios. Estos ajustes se pueden realizar con herramientas apropiadas para soltar la tuerca de bloqueo y girar el conjunto de rodamientos en el sentido del reloj y luego contra el sentido del reloj en el cabezal. Una vez que se esté satisfecho con los ajustes, apretar la tuerca de bloqueo contra el cabezal y volver a armar los ensamblajes del tubo interno y el externo. El operador debe observar y registrar la distancia entre el cabezal y la tapa del tubo interno.

### **1.3. Operación**

#### **Operar una perforadora de testigos**

##### **Barras/ tubos de perforación**

Cuando las barras se conectan en el agujero, se llaman “columna de perforación”. Las barras o los tubos de perforación componen la mayor parte de la columna de perforación que llega a la superficie. Cada tubo de perforación se compone de una sección tubular larga con un diámetro externo especificado (p. ej., 3 1/2 pulgadas, 4 pulgadas, 5 pulgadas, 5 1/2 pulgadas, 5 7/8 pulgadas, 6 5/8 pulgadas). En cada extremo del tubo se ubican

porciones tubulares de un mayor diámetro llamadas uniones. Un extremo del tubo tiene una conexión macho (“tornillo”), mientras que el otro tiene una conexión hembra (“de caja”). El extremo macho tiene una rosca cónica en V modificada. El otro extremo, el extremo hembra, tiene una rosca interna que coincide con esa. A medida que se agregan las longitudes del tubo de perforación, el extremo macho de una junta se conecta con el extremo hembra de la otra. Las conexiones de las uniones son roscadas, lo que permite unir cada segmento del tubo de perforación con el siguiente segmento (la columna).



**Figura 14**

**Juntas de tubo de perforación – macho y hembra**

Las barras de perforación son un componente esencial en la perforación, ya que unen la plataforma de perforación y el borde cortante. Existe una amplia variedad de barras de perforación en la industria, que van desde barras de diamante hasta barras API, que se usan en todos los sectores de perforación.



**Figura 15**

El tubo de perforación se fabrica en diferentes tamaños y longitudes, con varios tipos de juntas o rodamientos. En el caso de la perforación para cableado, las barras están hechas de acero de alta resistencia. Esto hace que sean delgadas, de modo que el testigo pueda ser lo más grande posible. Las barras usadas con barriles de testigos son tubos de paredes delgadas con los mismos diámetros internos y externos que el tubo externo del barril. Tienen rodamientos casi a ras en su interior. Están diseñados para que el tubo interno del barril y del pescante se pueda insertar en la barra. Este tipo de perforación utiliza barras de perforación en serie Q.

<b>BARRAS DE PERFORACIÓN</b>						
<b>Series</b>	<b>AQ</b>	<b>BQ</b>	<b>NQ</b>	<b>HQ</b>	<b>PQ</b>	<b>SQ</b>
Diam. Ext (mm)	44,5	55,6	69,9	88,9	114,3	139,7
Diam. Int (mm)	34,9	46	60,3	77,8	103,2	125,4
Peso (kg/m)	4,7	6	7,8	11,5	17,4	24,3
<b>CARCASAS</b>						
<b>Series</b>	<b>AW</b>	<b>BW</b>	<b>NW</b>	<b>HW</b>	<b>PW</b>	<b>SW</b>
Diam. Ext (mm)	57,1	73	88,9	114,3	139,7	168,3
Diam. Int (mm)	48,4	60,3	76,2	101,6	127	152,4
Peso (kg/m)	5,7	10,4	12,8	16,8	21,4	31

Figura 16

### Creación de la columna de perforación

La experiencia demuestra que las primeras operaciones en el agujero son las más peligrosas para la vida útil de las juntas de la barra de perforación. Por esta razón, debe tener especial cuidado durante el período de acoplamiento, atornillado y desatornillado. En las superficies mecanizadas recientemente, es probable que haya abrasión. Se puede evitar o disminuir la abrasión con un lubricante de roscas de alta calidad y al torcer adecuadamente cada junta de la barra. Después de un tiempo de uso, las superficies metálicas sufren cambios que las hacen menos susceptibles a la abrasión.

Los siguientes pasos se recomiendan para manipular nuevas juntas de tuberías:

1. Es importante mantener las roscas del soporte giratorio y el anillo de elevación en buen estado, ya que se unen a todas las conexiones hembra.
2. Las roscas macho y hembra y los bordes deben limpiarse cuidadosamente.
3. Cuando las juntas de la barra se unen, tanto la rosca macho como la hembra y los bordes deben estar recubiertos con el lubricante adecuado.

4. En cada uso, las roscas hembra y los bordes deben volver a recubrirse con el lubricante.
5. Evitar forzar el atornillado de las roscas unidas de forma inapropiada.

### **Acoplamiento**

Las barras de perforación y la carcasa usada en el método “Wireline”, proporcionan poca tolerancia radial al momento de insertar por primera vez un extremo macho en un extremo hembra (acoplamiento). Si el extremo macho no está alineado, se insertará en el borde del extremo hembra, causando daño permanente independientemente del diseño o tratamiento de calor. Este daño creará fugas que pueden ser insignificantes o significantes dependiendo del grado de daño (ver fluido de sellado). Los acoplamientos forzados pueden comprometer la junta y, posiblemente, causar fallas por fatiga.



**Figura 17**

Una vez que la cara del borde del extremo macho esté emparejada con la cara del borde del extremo hembra, el extremo macho se debe insertar lentamente en la hembra hasta que el flanco de emboque de la rosca macho calce con el flanco de emboque de la rosca hembra. Si el tornillo macho no está en alineación vertical real con la hembra o si la junta no tiene suficiente conicidad para permitir que el primer giro de la rosca macho libere el primer giro de la rosca hembra, la cresta de la rosca macho puede hundirse o atascarse

contra la cresta de la rosca hembra, o comenzar a forzarse. Rotar la conexión en dirección opuesta al reloj entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  giro corregirá la desalineación.

Una vez que esté correctamente insertada, rote la barra de acoplamiento manualmente para Asegurar que se enrosque de forma adecuada (ver atornillado). Se recomienda usar una guía de acoplamiento. Los conectores de los adaptadores de los anillos de elevación y soportes giratorios de algunos fabricantes tienen una función de introducción de borde redondeado para evitar daños. Siempre consulte el manual del fabricante para obtener más instrucciones sobre la alineación correcta de las barras de perforación.

### **Atornillado**

Para atornillar las barras y la carcasa, rote lentamente el tornillo en dirección del reloj dentro de la hembra (roscas derecha). En la mayoría de los taladros, esto se debe hacer a una rotación muy lenta (p. ej., 10 RPM o menos) para evitar aplicar un torque excesivo debido a la inercia del cabezal de perforación. Por ejemplo, un cabezal de 45 kg que rota a 100 RPM puede aplicar 1.350 Nm (1.000 pies-libra) extra o más torque de inercia cuando la junta se cierra de manera abrupta.

Si la brecha no cumple con las especificaciones o la junta no se cierra después de aplicar una pequeña cantidad de torque de atornillado, desatornille la junta, limpiar e inspeccionar ambas roscas. Esta es una indicación de desgaste excesivo, de material extraño excesivo o de una deformación de las roscas debido a una carga excesiva durante el atornillado o desatornillado. También puede indicar que el producto es de un fabricante diferente.

Antes de comenzar a ensamblar las piezas del barril saca-testigos:

- Siempre verificar que las roscas de cada pieza estén libres de suciedad y piedrecillas. Limpiar todas las roscas al armar o desarmar. Esto asegura que las piezas encajen correctamente y también ayuda a evitar posibles daños.
- Revisar periódicamente las roscas en las barras de perforación. Si están dañadas, pueden dañar otras barras a las que están fijas. Preste especial atención al tubo del soporte giratorio.
- Asegurar que las roscas estén unidas adecuadamente antes de atornillar las barras mediante la máquina.
- Asegurar que la barra no se rompa durante el atornillado (utilizar guía de las barras).
- Lubricar siempre las roscas.



- Evitar rotar las roscas demasiado rápido para que no se golpeen.
- La presión de alimentación constante no debe exceder las especificaciones del fabricante.
- Asegurar que la función de levante de la máquina funcione durante el atornillado de la barra y que la “posición flotante” funcione.
- Si el atornillado en una barra se daña durante la unión, ambas barras se deben reemplazar.

### **Torque de atornillado (precarga)**

Una vez que se cierra el espacio, se necesita atornillar más para precargar la junta de manera suficiente. Si bien una llave grande puede ser suficiente en barras de menor tamaño o en aplicaciones menos demandantes, a menudo, se necesita atornillar con el cabezal de perforación o dispositivos de atornillado de potencia semejante. Esto es para asegurar que el borde de la hembra no se descargue durante la perforación, lo que causa fugas, desgaste o prematuros fatigamientos y fallas. Las juntas no se auto-ajustan lo suficiente durante la perforación, ya que tienen una resistencia a la fricción adicional que evita los movimientos bajo cargas de perforación.

Las juntas con atornillado deficiente comenzarán a filtrarse a medida que aumente la carga de retirada y el borde de la hembra se relaje. Otra señal visual de un atornillado insuficiente es el desgaste por picaduras en las juntas debido a un desgaste y, en casos extremos, a fallas debido a fatiga.

Como regla general, el torque de atornillado en cada junta se debe ajustar para que coincida con el torque de perforación que se espera. Se requiere un atornillado adicional para mantener la compresión del borde del extremo hembra bajo excesivas condiciones de cargas de izamiento o de flexión. Sin embargo, tenga en cuenta que el atornillado excesivo reduce la capacidad de carga disponible y la resistencia a la fatiga.

El extremo macho está diseñado para ser levemente más corto que el extremo hembra con el fin de permitir la precarga del borde de la hembra y la respuesta elástica a las cargas de perforación. Esto se evidencia mediante un espacio en la barra de torque interna. En casos de atornillado o torque de perforación extraordinarios, el macho y la hembra estarán lo suficientemente cargados para salvar esta brecha y encajar la barra de torque interna, proporcionando una capacidad de torque adicional.

## **Descenso e inserción**

La perforadora y la polea de elevación deben estar alineadas con la línea central del agujero para evitar una flexión y un arrastre excesivo. El taladro también debe estar bien ajustado a la carcasa, al suelo y al frente de trabajo para que no cargue la barra perforadora ni se desalinee.

Ajuste los mandriles de accionamiento de husillo hueco o rodillos de alimentación para asegurar que la presión de contacto no esté constantemente deformando o doblando los cuerpos intermedios, especialmente en caso de barras de perforación de peso liviano.

En agujeros, siempre descienda la barra con el ensamblaje del tubo interno asegurado en posición. El ensamblaje del tubo interno funcionará como válvula de retención si se deja caer la barra por accidente.

## **Desatornillado**

Las teorías y pruebas de laboratorio muestran que el torque de desatornillado debe ser de entre 70% y 80% del atornillado máximo o del torque de perforación aplicado a cada junta. A pesar de esto, el desatornillado puede ser problemático debido al desgaste por adhesión o porque algunas barras de perforación no tienen la misma capacidad de carga en el desatornillado que en el atornillado o la perforación. Además, durante la perforación, las juntas pueden estar sujetas a vibración y desgaste de las roscas, lo que reduce la resistencia a la fricción y permite un atornillado incremental. Una mala elección del compuesto también contribuirá a este efecto. Esto puede tener como resultado un torque de desatornillado que exceda el atornillado original que se aplicó. Esto se puede superar al utilizar el mismo efecto al aplicar un golpe contundente leve al borde de la hembra con un mazo de goma u objetos duros similares. Afectarán las propiedades del material en el área de impacto y podrían causar fallas por fatiga.

En agujeros de profundidad significativa, antes de desatornillar, asegurar que la abrazadera de pie de la plataforma de perforación esté sosteniendo el peso de la barra de perforación y que cualquier tensión en la junta (entre la cabeza perforadora y la abrazadera de pie) se haya aliviado. Esto elimina el desgaste excesivo de las roscas y un posible daño en agujeros profundos; el tornillo no debe “saltar” de la caja durante el desatornillado. Una vez que las roscas se hayan desatornillado, el tornillo se puede elevar lentamente. Se recomienda limpiar y lubricar para maximizar la vida útil.

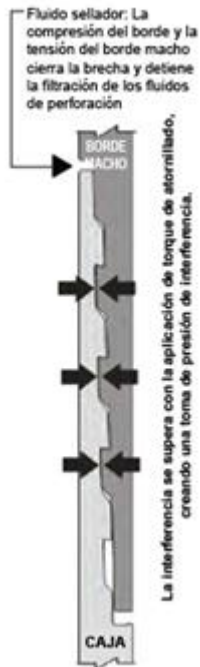


Figura 18

### Fluido sellador

Las barras perforadoras y las carcasas convencionales usan interfaces de acero sobre acero como fluido sellador. Se requiere un torque de atornillado para cargar la cara del borde del extremo hembra contra la cara externa del tornillo para desarrollar la presión de contacto necesaria en la superficie de contacto. Debido al alto módulo de elasticidad del acero, el rendimiento de estos sellos es muy limitado, a pesar de la geometría de la cara del sello o el tratamiento de calor. Como resultado, el sellador es muy sensible a daños en cualquier cara.

Nota: montar o aplicar llaves al borde externo causará fugas.

El rendimiento de sellado de una barra de perforación en un agujero se puede evaluar con una prueba de presión:

- Dejar caer un ensamblaje de tubo interno ajustado a una brecha de broca cero tal que el peso de la columna de fluido sobre el tubo interno cree un sello entre el estuche del sacatestigos y la broca.
- Accionar la bomba de suministro de fluido hasta que alcance la máxima presión y luego cierre la válvula entre la barra perforadora y la bomba.

- Supervisar el manómetro de presión de fluido y registrar cualquier disminución de presión durante un intervalo de tiempo. La cantidad de pérdida de fluido se puede calcular con una fórmula estándar de recipiente de presión.

Si bien no debe disminuir la presión en una barra nueva, es significativa una pérdida completa de presión en menos de un minuto

EJEMPLO– Una barra de 1.800 m (5.900 pies) de NQ que pierde 14 MPa (2.000 psi) en un minuto solo está perdiendo 7 lpm (1,6 gpm), donde el flujo mínimo recomendado para una broca NQ es 30 lpm (8 gpm).

### **Velocidad de rotación.**

Las velocidades óptimas de rotación dependen de los tipos de pozos que se perforan y la relación entre las capacidades de la perforadora, el equipo periférico que se usa y los tipos de perforación.

Las revoluciones por pulgada (RPI, revolutions per inch) son el factor más importante que debe considerar al intentar optimizar la vida útil y la productividad de la broca. Es la proporción entre la velocidad rotacional (rpm) y la tasa de penetración.

- Si el RPI es demasiado bajo, es muy probable que exista pérdida prematura del diamante de la matriz.
- Si es demasiado alto, es muy probable que los diamantes se pulan y las tasas de penetración disminuyan.

Por lo tanto, es esencial mantener un buen RPI al asegurar que los diamantes se mantengan expuestos y que la broca se desgaste de forma pareja y controlada. Idealmente, el RPI debe ser de entre 200 y 250. Factores como la vibración de los tubos de perforación o las restricciones de la perforadora pueden evitar operar dentro de un rango óptimo de RPI. En ese caso, se debe usar una proporción más baja para optimizar el rendimiento de la broca en condiciones de perforación adversas.

El peso aplicado a la broca es la otra variable importante para optimizar su vida útil y obtener el RPI deseado. El peso debe ser suficiente para mantener una tasa de progreso relativa a la velocidad rotacional (para que la broca siga penetrando), según lo indique el factor de RPI.

- Un peso demasiado alto puede causar la re-impregnación de los diamantes, o un desgaste rápido debido a desprendimiento o incluso una falla mecánica de la matriz.

- A menudo, un peso demasiado bajo hace que los diamantes se pulan, por lo que es necesario desmontar la matriz para exponer una capa nueva de diamantes.

### **Uso de equipos de estudio y de orientación de testigos**

La perforación exploratoria se usa para recopilar muestras para estimar la calidad y cantidad de una veta de mineral. Las muestras se recopilan en la forma de testigos, y la perforación con este propósito se conoce como perforación de testigos. El enfoque principal de la perforación exploratoria es identificar, delinear y cuantificar un yacimiento mineral. Generalmente, la perforación de recursos incluye la perforación diamantina de testigos y el muestreo de aire reverso. Si bien la perforación con aire reverso tiene una ventaja de velocidad, la perforación diamantina proporciona una visión más completa de la estructura geológica y la mineralogía. Los muestreos son necesarios para permitir estudios geológicos del suelo para fines exploratorios y/o el desarrollo de minas. El análisis del material de la muestra proporciona información sobre la composición del suelo. Por ejemplo, para mapear una veta de mineral, es necesario también tener conocimiento de la orientación de la muestra en relación con el suelo adyacente del que se corta.

La orientación de testigos es un método para medir la orientación de la roca que se perfora. Generalmente, esto se hace con un dispositivo o instrumento que se monta sobre el barril sacatestigos. La orientación de testigos es el proceso de marcar y determinar la orientación precisa y la posición del testigo mientras todavía es parte de la roca madre. La información es crítica para determinar fallas, cortes, uniones, lineación mineral, y otras propiedades geofísicas y mecánicas. La información de orientación correcta, junto con mediciones de acimut y profundidad, permiten que los geocientíficos tracen y extiendan las lineaciones que determinan la ubicación de orificios adicionales de perforación y/o la posición final de la faena minera.

En la mayoría de las situaciones, la orientación de testigos implica insertar una herramienta o un dispositivo específico en el agujero para registrar la posición del testigo de una u otra forma mientras todavía es parte de la roca madre. Luego, la herramienta regresa a la superficie con la muestra, y la lectura de la herramienta se marca sobre el testigo recopilado, que muestra el lado superior o inferior del agujero, con el uso de gravedad. Las herramientas de orientación utilizan la fuerza de gravedad que apunta hacia abajo para determinar la posición del fondo del pozo en una porción del testigo que todavía está unido al suelo (es decir, el testigo en su orientación original).

**Método de testigo corto** –La orientación se realiza sobre el trozo de testigo que permanece al fondo del agujero después que se ha perforado y extraído un barril sacatestigos. En este caso, el trozo todavía está unido a la roca madre y, por lo tanto, será

el próximo testigo que se perforará. El dispositivo más simple es la lanza o la perforadora de marcación de testigos, una hoja pesada de acero con una punta afilada.

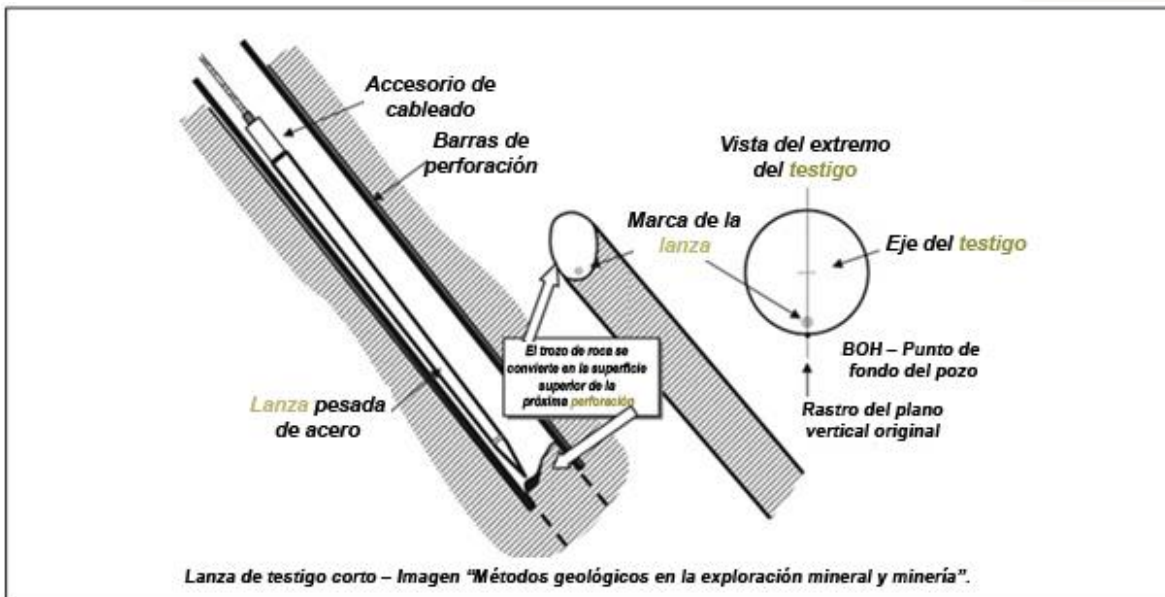


Figura 19

### Dispositivo de orientación tipo lanza.

El método de orientación de lanza es el más simple para orientar el testigo y, si se hace correctamente, puede proporcionar datos precisos y coherentes. Consiste en introducir una lanza pesada de acero con una punta afilada o una punta de lápiz.

La lanza se fija al ensamblaje del pescante o al seguro en el extremo de la línea de cables y se introduce dentro de las barras después que se haya extraído un barril sacatestigos del pozo. A medida que desciende, el peso de la lanza la mantiene presionada contra la superficie inferior de las barras de perforación anguladas. La lanza toca el fondo del agujero, marcando la siguiente pieza de roca que se perforará, el testigo corto. Esta marca identifica la posición del fondo del pozo en el testigo corto. El trozo de roca se convierte en la superficie superior de la próxima perforación. La lanza pesada se desliza por el fondo de las barras, y la marca en el testigo identifica su borde inferior. Las marcas de orientación de buena calidad son marcas discretas cerca del borde del testigo. Pueden surgir problemas con este método si la roca es:

- Demasiado dura.
- Demasiado blanda.
- Demasiado quebradiza.

Con materiales muy duros, la lanza no dejará una marca o rebotará, dejando muchas marcas que pueden ser difíciles de interpretar. La mayoría de las lanzas tienen un accesorio que permite que la lanza se reemplace por un lápiz de cera. A menudo, esto hace una mejor marca en materiales duros que una punta de acero. Esta tarea requiere habilidad y experiencia; para lograr marcas de orientación exitosas, es importante juzgar y controlar la velocidad de impacto de la lanza con el trozo de testigo (testigo corto).

Algunas consideraciones clave de los sistemas de orientación de testigos por lanza son:

- Facilidad de uso.
- Interrupción mínima del ciclo de perforación.
- Rentabilidad.
- Lecturas periódicas y precisas.
- Orientaciones precisas.
- Eficacia en una amplia gama de tipos de suelo y roturas de testigos.
- Marcas de orientación relacionadas con el tramo de testigo perforado.
- Versatilidad, ya que se puede usar en agujeros sobre o debajo de la superficie.
- Proceso de una etapa única para determinar la posición de orientación.
- Opción de un registro preciso y permanente para consultar más tarde.

Problemas que puede enfrentar al utilizar el método de orientación por lanza:

- Es posible que la broca no esté en el fondo del agujero.
- La punta se debe atornillar firmemente a la lanza para evitar que ninguna de las dos se doble. Una punta doblada produce resultados imprecisos.
- La punta de la lanza debe ser cónica y afilada. Una tuerca gruesa u otro tipo de soporte para la punta de tungsteno o el lápiz hará que la marca esté demasiado lejos del borde del testigo.
- La lanza se debe bajar para que produzca una sola marca de referencia. Si se baja demasiado lento, no dejará una marca, y si se hace demasiado rápido, puede rebotar, produciendo varias marcas o líneas. La velocidad correcta depende del ángulo del agujero y de la dureza de la roca, y solo se puede determinar por ensayo y error.

El ángulo del agujero puede ser demasiado abierto o cerrado. Se obtienen mejores resultados en los agujeros de perforación con ángulos entre 35° y 75°. La profundidad del agujero no debería afectar significativamente la calidad de las marcas.

## **Dispositivo de orientación de testigos de marca de bola**

Otro tipo de dispositivo es el dispositivo de orientación tipo bola, que incorpora una golilla y una bola de rueda libre en el ensamblaje del barril sacatestigos. El dispositivo perfora una golilla de aluminio con una bola que gira bajo la influencia de la gravedad. La marca representa el fondo del agujero.

Antes de romper un testigo, la bola puede moverse libremente bajo la influencia de la gravedad y, por lo tanto, permanecerá en el fondo o al lado inferior de un agujero inclinado. Durante el rompimiento del testigo, la bola y la golilla se presionan una contra la otra, de modo que la bola mella la golilla. La golilla se encaja en el barril sacatestigos. Por lo tanto, la mella que la bola realiza en la golilla se puede transponer al testigo para indicar la orientación de este.

Puede haber problemas si la golilla se perfora demasiado pronto, es decir, antes que la bola haya dejado de girar en el agujero. En algunos casos, se pueden producir dos marcas en la misma golilla. Esto puede ocurrir al insertar las barras demasiado rápido, lo que causa que el resorte se comprima cuando la barra toca el fondo del agujero.

## **Craelius device**

El Craelius device para orientar testigos consiste de un cuerpo de metal que contiene una sonda cónica con un resorte y seis puntas metálicas. El dispositivo se fija al extremo inferior del barril sacatestigos mediante dientes accionados por resortes. Luego, el barril con el dispositivo sujeto se introduce en el agujero de perforación y, cuando las puntas del dispositivo entran en contacto con la roca en el fondo, se mueven para definir el perfil de la superficie de la roca. Las puntas se bloquean cuando la sonda cónica, accionada por resorte, entra en contacto con la roca y se suelta. Al mismo tiempo, el dispositivo se suelta y se mueve hacia arriba en el barril a medida que se toma el siguiente testigo. Al completar el sondeo, el dispositivo, cuya orientación se fijó en el fondo del agujero mediante un mecanismo especial de marcado dentro del cuerpo metálico, se compara con el perfil en el extremo superior del testigo. Después, el testigo se orienta según esta información.



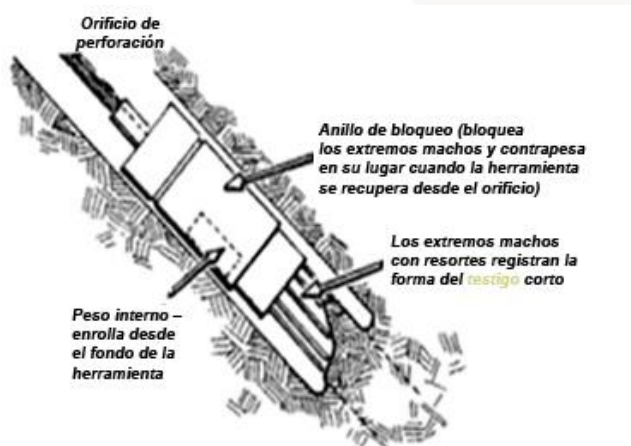


Figura 20

#### 1.4. Cambio y mantenimiento de herramientas de sondaje

##### MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

El mantenimiento básico es una parte importante de la perforación. Asegura que todos los equipos y herramientas que se utilizaron en las operaciones de perforación sean seguros y estén funcionando correctamente. Para realizar procedimientos básicos de mantenimiento y limpieza, debe inspeccionar todos los equipos y herramientas como parte de las tareas antes y después del uso. Recuerde que siempre debe verificar que el equipo esté apagado, bloqueado y etiquetado antes de realizar procedimientos de mantenimiento y limpieza. Esto asegurará la propia seguridad y la de los colegas.

Al operar y mantener equipos, es importante seguir los protocolos, procedimientos y métodos establecidos. El personal de perforación siempre debe tener fácil acceso a las instrucciones del fabricante. Además, siempre debe:

- Aplicar los procedimientos de seguridad personales y operacionales.
- Interpretar y comunicar de manera correcta la información sobre la perforación y las operaciones relacionadas.
- Tener un conocimiento sólido de los requisitos de mantenimiento en la preparación de los sitios de perforación y ejecutarlos como corresponde.
- Completar los procedimientos pre-operacionales, encendido y apagado de los equipos de perforación.
- Conocer la operación del taladro (sistema).
- Seguir las instrucciones de operación del manual del fabricante.
- Saber cómo trasladar y posicionar los taladros de manera eficaz.
- Conocer y cumplir las normas de mantenimiento.

- Seguir las pruebas de rutina y las normas de servicios del fabricante.
- Planificar revisiones de sistemas de rutina y mantenimiento.
- Mantener y actualizar los registros de operación y mantenimiento para futuros registros y consultas.


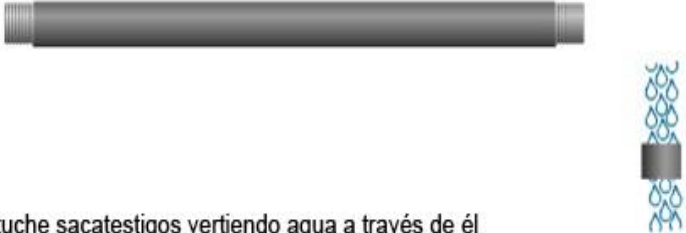



## **MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DEL BARRIL**

El cuidado del barril es un trabajo constante. Comienza antes de usar el barril por primera vez y no termina nunca hasta que éste deje de utilizarse. Para obtener el máximo servicio al costo mínimo, se ofrecen las siguientes sugerencias:

1. Asegurar que todas las roscas estén perfectamente limpias y lubricadas con un lubricante limpio antes de formar la unión.
2. Todas las uniones roscadas deben ser manuales. Esto significa que el torque de las juntas se debe aplicar con llaves de mano. Un torque excesivo aplicará demasiada tensión en las roscas. Un torque insuficiente puede causar desgaste y falla prematura de las uniones.
3. Antes de cada uso, solo en roca dura, aplicar una capa delgada de grasa al tubo externo del barril.
4. Después de cada uso, inspeccionar el barril para ver si hay desgaste excesivo en el tubo externo y el interno. Revisar los rodamientos al colgar el barril y girar el tubo interno con la mano. Revisar que el tubo interno y el externo estén derechos.
5. Nunca golpear el tubo interno con un objeto metálico para retirar el testigo. Generalmente, un golpe con mazo de goma o un bloque de madera es suficiente para liberar el testigo atascado.

Los barriles son costosos y se deben tratar con cuidado. El mal uso y el tratamiento inadecuado causarán una mala recuperación del testigo, una baja velocidad de perforación, brocas y barriles dañados, demasiados trayectos y costos de perforación más altos.

## Inspeccionar el barril sacatestigos

1. Desatormillar	 <p>Levantador de testigo</p> <p><b>Paso 1:</b> Desatormillar el ensamble de la tapa del tubo interno en el tubo interno. Luego comience con el estuche del sacatestigos</p>
2. Lavar	 <p><b>Paso 2:</b> Lavar el estuche sacatestigos vertiendo agua a través de él</p>
3. Engrasar	 <p>Grasa y aceite aquí</p> <p><b>Paso 3:</b> Engrasar debajo del sacatestigos y poner algo de aceite en la rosca del sacatestigos</p>
4. Probar	 <p><b>Paso 4:</b> Poner un trozo de testigo en el sacatestigos para probar si se agarra a éste</p>
5. Posicionar	 <p><b>Paso 5</b> Ahora muévelo hacia atrás hacia el extremo posterior del tubo interno</p>





6. Revisar	 <p><b>Paso 6:</b> Revisar que los rodamientos se muevan libremente haciendo girar el ensamble de la tapa del tubo interno. Si no se mueven libremente, deberá agregar grasa.</p>
7. Atornillar y armar	 <p><b>Paso 7:</b> Atornillar la tapa del tubo interno nuevamente en el tubo interno</p>
8. Engrasar	 <p><b>Paso 8:</b> Bombear grasa en la grasera. Esto engrasará el rodamiento colgante</p>
9. Armar	 <p><b>Paso 9:</b> Colocar el tubo interno al interior del barril de testigos y revisar la distancia entre el extremo del estuche sacatestigos y la broca</p>

Tabla 18

### SERVICIO Y MANTENIMIENTO DEL TUBO INTERNO (entre cada vez que se saca un testigo)

1. Una vez que se haya retirado el testigo, vierta agua limpia en el tubo interno para lavar las partículas de tierra y piedrecillas.
2. Revisar el tubo para ver si hay partículas alojadas en la superficie lisa del interior.

3. Revisar el resorte (core lifter), el anillo de tope y el barril. El resorte (core lifter) debería rotar libremente. Si la superficie interna del barril es lisa, debe revisarlo al insertar una sección corta de testigo y jalarla hacia fuera para ver si la agarra. Si el testigo se resbala, debe reemplazar el barril.

#### **MANTENIMIENTO DEL “HEAD ASSEMBLY”**

1. Lavar el head assembly en agua limpia para eliminar lodo y piedrecillas de perforación.
2. Revisar el funcionamiento de los seguros y el estuche de retracción de seguros. Ambos deben funcionar libremente.
3. Revisar el movimiento de los rodamientos del husillo. Deberían girar libremente, y no debe haber holgura axial. Si lo hay, es posible que se requieran más reparaciones.
4. Revisar la válvula de cierre de goma para verificar que no esté rota. En este punto, debe determinar el posicionamiento de las válvulas de cierre. Si se deben cambiar de lugar, es necesario retirar la tapa del tubo interno, la tuerca de bloqueo, el resorte de compresión y los rodamientos. Haga los cambios necesarios con las válvulas. Instale los rodamientos en la misma posición que tenían originalmente. No invertir ningún rodamiento. Colocar el extremo inferior y apretar la tuerca de bloqueo, no precargar el resorte de compresión.
5. Si no se ha reemplazado ninguna pieza y los rodamientos están en buen estado, aplicar grasa a los seguros y al estuche de retracción de los seguros. Bombear grasa en la grasera hasta que salga grasa limpia de los cojinetes de empuje superiores.
6. Volver a unir el cabezal al tubo interno.

#### **MANTENIMIENTO DE LAS BROCAS DE DIAMANTE IMPREGNADAS**

Se puede obtener mucha información al examinar las brocas impregnadas cuando se extraen del agujero. Solo debe retirar o desechar una broca impregnada después que se haya consumido completamente. La primera señal que una broca se acerca al retiro normal es un aumento de la presión de bombeo debido a una menor profundidad de las vías fluviales. Idealmente, una broca impregnada perforará de forma pareja, y la matriz y el diamante se gastarán a la misma velocidad.

## **REMOCIÓN (STRIPPING) – MÉTODO EN EL AGUJERO**

Si se ha seleccionado una broca demasiado blanda para el tipo de roca, o una broca impregnada se desaceleró y pulió, es necesario “abrir” o “retirar” la superficie de la matriz para poner diamantes nuevos. Generalmente, esto se puede hacer al reducir las revoluciones por minuto del husillo en aproximadamente  $1/3$  a  $1/2$  (seleccione una velocidad inferior si tiene una transmisión) y mantener una tasa de penetración constante. La presión de la broca se acumulará para aproximadamente  $1/2$  a 1 pulgada (1 – 2 cm) de la perforación y, luego, la presión de la broca disminuirá rápidamente, lo que indica que se ha producido la remoción (stripping) y que la broca está cortando libremente otra vez. Inmediatamente, reduzca la presión y aumente las revoluciones por minuto del husillo para que coincida con el rpi (r/cm) correcto. Si es necesario repetir este proceso con frecuencia, le recomendamos usar la siguiente broca más alta.

## **REMOCIÓN (STRIPPING) – MÉTODO FUERA DEL AGUJERO**

Limpiar la cara de la broca con un chorro de arena restaurará la exposición y permitirá una mayor penetración cuando la broca regrese al agujero.

Nota:

- Evitar la remoción (stripping) siempre que sea posible, ya que reduce artificialmente la vida útil de la broca.
- Si la broca se debe retirar reiteradamente, reemplazar con una más dura.
- En ningún caso se debe usar ácido para retirar una broca impregnada.
- Cerrar el agua durante la perforación y esperar que la broca “muerda” no se recomienda como método de remoción.

### **1.5. Problemas Frecuentes**

**Cómo responder a los problemas o solucionarlos.**

**Recuperación y mantención de testigos.**

Las pérdidas de testigos pueden ser un problema en rocas de grano grueso. La causa de las pérdidas puede ser la erosión del suelo debido al fluido de circulación. Usar dispositivos apropiados de captación de testigos, controlar la velocidad de rotación y la tasa de avance, mantener el volumen del fluido de perforación al mínimo necesario y minimizar la vibración de las barras de perforación puede ayudar a minimizar las pérdidas. Las pérdidas de testigos también pueden ocurrir al perforar un material más consolidado

si la roca está muy fracturada o rota, o si un fragmento de roca se incrusta en la broca o el barril.

Una vez que el barril interno esté de vuelta en la superficie y fuera del agujero, se debe suspender en un ángulo, el estuche del barril se debe retirar y el testigo debe deslizarse hacia fuera y colocar en una secuencia apropiada en la caja de testigos.

Si el testigo no se desliza hacia fuera fácilmente, aumentar el ángulo de suspensión del barril interno y, solo si es necesario, golpee suavemente el tubo externo con un mazo de madera o de goma. Tener cuidado para no dañar ni deformar el tubo.

En un pozo húmedo, es recomendable tener un segundo ensamblaje de barril interno listo. Apenas el primer barril interno se retire del agujero, se puede insertar el segundo barril, que puede descender mientras se recupera el testigo del primero y se realiza mantenimiento para el próximo trayecto.

Una vez que se retire el testigo, se debe realizar mantenimiento al barril, los seguros y el pescante.

Revisar el estado y funcionamiento del sacatestigos. Lavar y eliminar las piedrecillas que queden en el estuche, ya que podrían dificultar el funcionamiento adecuado del sacatestigos.

Revisar que el tubo interno rote libremente en el cabezal del barril. En ocasiones, es posible que se deba lavar, enjuagar y lubricar levemente.

Revisar el tubo interno para ver que no haya señales de flexión o distorsión.

Algunos operadores experimentados pueden insertar un pequeño trozo de testigo en el levantador antes de regresarlo al agujero. El propósito de esto es que el barril interno, cuando alcance el seguro en su descenso, no esté restringido por el testigo que todavía queda en el agujero, ya que su entrada al sacatestigos será fluida, y el cierre no se retrasará ni se evitará. Esto se incluye como nota, no como recomendación.

## **OPERACIÓN DE RECUPERACIÓN**

Tarde o temprano, todas las perforadoras de testigos experimentan una situación donde las herramientas de perforación se descomponen o se atascan en el agujero. En estos casos, no se puede proceder con la perforación hasta que la sarta se recupere o el problema se corrija. Existen diversos motivos para las fallas, entre ellos:

## **Desgaste y rotura**

Las barras de perforación y otras partes expuestas de la sarta se desgastan contra la pared del agujero durante la perforación. Los restos y el agua de barrido también contribuyen al desgaste. Las barras se desgastan hasta un punto en que no pueden resistir los torques ni las fuerzas longitudinales a las que se exponen.

Si bien se puede tolerar cierto desgaste sin afectar el rendimiento, las superficies desgastadas son más propensas a seguir desgastándose. Sin supervisión, el grado de desgaste puede empeorar a tal punto que puede causar falla prematura o, en caso de superficies de acoplamiento de dureza similar, alcanzar la junta.

## **Fatiga**

Las barras y brocas de perforación están constantemente expuestas a cargas pesadas y fuerzas. La vida útil de los equipos está limitada por su resistencia a la fatiga. Si la vida nominal de la sarta de perforación se excede, el riesgo de rotura aumenta rápidamente. La vida se puede reducir considerablemente mediante mal uso o falta de mantenimiento. Las altas desviaciones de los agujeros de perforación también reducen la vida de la sarta debido a la combinación de rotación y flexión. Inspeccionar las barras usadas periódicamente y deseche las que estén dobladas de inmediato, ya que causarán vibración y pueden afectar el rendimiento. La tensión de flexión se produce por direccionamiento excesivo, desviaciones excesivas o hundimientos. Si la resistencia a la fatiga se puede haber excedido en una aplicación anterior y la junta llegó a su límite, le recomendamos que considere juntas para una capacidad de carga mayor o barras de peso liviano para una menor rigidez.

### **Lo primero que se debe hacer si:**

#### **La sarta de perforación está rota o cortada dentro del agujero**

- La sarta, todavía sujeta al taladro, se retira del agujero.
- Se investiga el punto de quiebre.
- Se debe elegir un método adecuado para recuperar las barras que todavía están en el agujero.

#### **El taladro no puede retirar el barril o la broca**

- Las herramientas atascadas en el agujero se pueden taladrar (limpiar) con brocas.
- Las partes giratorias atascadas en el agujero rotarán. Si es necesario, verter cemento en el agujero antes de limpiarlo.



### **Toda la sarta de perforación está atascada en el agujero debido a sedimentación o hundimiento**

- La solución puede ser salvar la sarta al perforar sobre ella con una mayor dimensión.

### **Herramientas en el agujero**

- Los dos métodos más comunes son insertar herramientas de recuperación, generalmente diseñadas especialmente para este propósito, o taladrar las herramientas hacia fuera.

### **Cable y mangueras rotas en el agujero**

Generalmente, es posible insertar una “lanza” con ganchos y rotarla. Esto hará que la manguera o el cable se enrosquen alrededor de la lanza.

### **Visión general de la solución de problemas**

<b>Distancia de separación excesiva / No disminuye con el mínimo atornillado / Dificultad para retirar</b>
Limpiar e inspeccionar las roscas para ver si tienen partículas extrañas o de desgaste. Un desgaste acelerado puede deberse a accesorios dañados; inspeccionar los accesorios.
Las barras son de diferente fabricación. Separar todas las barras por fabricante y no las intercambie.
Las roscas están deformadas debido a una carga excesiva o recarga durante el atornillado y desatornillado. Inspeccionar la sarta para ver si está dañada y desechar las barras con roscas deformadas.
Una sobrecarga o rotura difícil puede deberse a una mala elección del compuesto de las roscas. Asegurar una buena lubricación y limpieza.
Deformación debido a daños por martillado o acoplamiento. Inspeccionar la sarta y desechar las barras dañadas.

Tabla 19

<b>Fugas</b>
Barras que se usan sueltas (las juntas no están cerradas) debido a un atornillado insuficiente o a una distancia de separación excesiva Ver las causas de la separación excesiva arriba.
La cara del diámetro externo del macho o la hembra tiene daños por acoplamiento o

manipulación.
La distribución de presión de contacto del borde exterior es desigual debido a un mal acople. Las roscas están muy desgastadas o deformadas por la sobrecarga o carga excesiva durante el atornillado y desatornillado, o los bordes están deformados por la sobrecarga.
El desgaste acelerado puede deberse a accesorios dañados. Inspeccionar los accesorios, por ejemplo, los conectores de adaptadores. Revisar la sarta por si tiene desgaste excesivo. La sobrecarga puede deberse a una mala elección del compuesto de las roscas. Asegurar lubricar y limpiar bien.
La vida útil de la hembra se puede haber excedido. Revisar la sarta.
Las barras son de diferente fabricante. Separar todas las barras por fabricante y no las intercambie.

Tabla 20

<b>Fallas por fatiga, o conexiones macho y hembra resquebrajadas</b>
Las tensiones de flexión superaron la resistencia a la fatiga de la junta. Las tensiones de flexión se deben a sobreviraje, desviaciones o hundimientos excesivos, o giros helicoidales. No exceda las clasificaciones de desviación.
Se pueden haber agravado por cargas de retiro altas en profundidad o atornillado excesivo. Planifique las desviaciones para que ocurran en porciones de la sarta con baja desaceleración (por ejemplo, evite la porción superior de una sarta de agujero profundo).
La resistencia a la fatiga se puede haber superado en una aplicación anterior, y la junta ahora llegó a su límite.
Las barras operan sueltas (las juntas no están cerradas) debido a un atornillado insuficiente o a una distancia de separación excesiva.
Tensiones circunferenciales externas causadas por deformación debido a daños por martillado, daños por acoplamiento, residuos extraños excesivos o partículas de desgaste en la junta.
Borde de la hembra deformado debido a la sobrecarga que abandona el macho o la hembra sin soporte. La sobrecarga puede deberse a una mala elección del compuesto de las roscas.
Se excedió la vida útil de la hembra. Revisar la sarta para ver si tiene desgaste excesivo.
La sarta de las barras sufrió de absorción de hidrógeno. Reemplazar la barra y usar un compuesto no metálico para las roscas.
Las barras son de diferente fabricante. Separar todas las barras por fabricante y no las intercambie.

Tabla 21

**Fisura prematura del extremo hembra / Fisura de prueba de calor**

Grietas axiales en el extremo hembra debido a un cambio en la microestructura del material de los tubos. Este cambio se debe a la fricción cíclica entre la sarta giratoria y la carcasa o la pared del agujero, y no depende del tipo de tubo, el grado de acero ni de los tratamientos de calor aplicados. Reduzca las cargas de perforación y/o de retiro, o mejore la lubricación de la sarta para compensar.

Tabla 22

**Desgaste o abultamiento de la hembra, o salto de rosca**

Abultamiento de la hembra debido a tensiones radiales excesivas impuestas por la rosca, posiblemente por la sobrecarga. Se evidencia en las áreas pulidas de un lado de la caja o por saltos de roscas en casos extremos. La sobrecarga puede deberse a una mala elección del compuesto de las roscas.

Se excedió la vida de la hembra, lo que causó sobrecarga. Revisar la sarta para ver si está demasiado desgastada.

Tabla 23

**Desgaste o rozadura de las roscas**

El compuesto de la rosca no evitó que las superficies de acoplamiento de las roscas interactuaran. Esto se debe a un compuesto malo o diluido, o a una mala lubricación. Mejore el compuesto o aumente la frecuencia de limpieza y de lubricación de las juntas.

Las roscas de la barra de perforación están recubiertas por un compuesto de rosca (lubricante). Cada vez que use las barras, las roscas se deben limpiar y volver a lubricar. Asegurar el uso suficiente compuesto para cubrir la superficie de ambas roscas con una brocha. Mantener limpios el compuesto y la brocha. Limpiar e inspeccionar las roscas para ver si hay partículas de desgaste o restos excesivos.

La sobrecarga o el desatornillado difícil puede deberse a una mala elección del compuesto de las roscas. El desgaste acelerado puede deberse a accesorios dañados. Revisar los accesorios.

La presión de contacto de las roscas es excesiva. En el caso de desgaste de los flancos de acople, reduzca la velocidad o la presión de alimentación y/o aumente la rotación durante el atornillado y desatornillado. En el caso de desgaste de los flancos de carga, aumentar la tasa de alimentación y/o reducir la rotación durante el atornillado y desatornillado. Las barras con un desgaste significativo de los flancos de carga se deben desechar.

El contacto deslizante de las roscas es excesivo (p. Ej. Demasiado arrastre durante los giros), o atascos o roscado incorrecto frecuentes.

Las roscas se pueden deformar debido a la sobrecarga o carga excesiva durante el

atornillado y desatornillado. Revisar la sarta para ver que no tenga daños y deseche las barras con roscas deformadas.
Se superó la vida de las roscas. El desgaste acelerado puede deberse a accesorios dañados. Revisar los accesorios (por ejemplo, los conectores de adaptadores). Revisar la sarta para ver que no esté demasiado desgastada.
Las barras pueden ser de diferente fabricante. Sepárelas por fabricante y no las intercambie.

Tabla 24

<b>Desgaste del borde hembra o borde externo sobresaliente/rodado</b>
El borde de la hembra sobresale y/o el borde externo del macho se rodó debido a una sobrecarga. La sobrecarga puede deberse a una mala elección del compuesto de las roscas.
Se excedió la vida útil del borde de la hembra. Inspeccione la sarta.

Tabla 25

<b>Desgaste prematuro del cuerpo intermedio o alto torque de perforación</b>
Las desviaciones del agujero (p. Ej., los agujeros perforados con rotación, acuíñamiento o supervisión del agujero) aumentan la presión de contacto y la fricción entre la sarta y el muro del agujero o la carcasa. Mejore la lubricación de la sarta para compensar.
El agujero se agrandó o hay secciones hundidas, lo que permite que la sarta se doble de manera elástica o se doble bajo la carga, lo que aumenta la presión de contacto.
Una alta carga de retiro o de acople, combinada con una alta velocidad de rotación, han hecho que la sarta se doble de manera elástica o permanente, lo que aumenta la presión de contacto y la fricción contra el agujero o la pared de la carcasa. Se evidencia por partes pulidas o un gran desgaste en un lado de la sarta en un patrón espiral lento (por ejemplo, el espiral tiene un paso de varias longitudes). Reduzca las cargas de perforación y/o de retiro.

**Atascos – causas comunes**

Mala evacuación de restos. Los restos del fondo del agujero se transportan a la superficie mediante agua de barrido. Si la velocidad de barrido es muy baja, hará que los restos se acumulen en las barras, lo que podría causar un atasco. Un barrido insuficiente de la parte inferior de la sarta de perforación debido a fugas de las juntas de la barra.

Grietas y facturas en la roca pueden causar pérdida de agua de barrido. Como resultado, los restos dejarán de moverse hacia arriba y se sedimentarán en el agujero. Las grietas también pueden hacer que la broca se atasque durante la perforación. La falta de agua de barrido debido a una mala bomba de agua o un error del operador. La sarta de perforación se atascará en pocos segundos debido al derretimiento de la broca.

Tabla 26

## Factores que afectan la perforación

El rendimiento de la perforación se ve afectado por factores relacionados con diversos aspectos de la perforación, como se ve en la siguiente tabla:

No	Categoría	Factores	
1	Variables de Operación	Perforación	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencia del taladro</li> <li>➤ Empuje del taladro</li> <li>➤ Torque del taladro</li> <li>➤ Velocidad de rotación del taladro</li> <li>➤ Energía de impacto</li> <li>➤ Frecuencia del impacto</li> </ul>
		Barra	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dimensiones de la barra</li> <li>➤ Geometría de la barra</li> <li>➤ Propiedades del material</li> </ul>
		Broca	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diámetro de la broca</li> <li>➤ Geometría de la broca</li> <li>➤ Propiedades del material</li> </ul>
		Fluido de circulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Velocidad de flujo del fluido</li> <li>➤ Propiedades del fluido</li> </ul>
2	Factor del orificio de perforación	Especificaciones del orificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tamaño</li> <li>➤ Profundidad</li> <li>➤ Inclinación</li> </ul>
3	Factores de la roca	Propiedades del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Resistencia a la penetración</li> <li>➤ Porosidad</li> <li>➤ Contenido de humedad</li> <li>➤ Densidad</li> <li>➤ Dureza shore</li> <li>➤ Resistencia compresiva</li> <li>➤ Coeficiente de resistencia de la roca</li> <li>➤ Consumo de energía específica para la perforación</li> </ul>
		Condición geológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lecho petrológico y estructural</li> <li>➤ Fracturas</li> <li>➤ Pliegues</li> <li>➤ Fallas</li> <li>➤ Uniones</li> <li>➤ Composición de masa rocosa</li> </ul>
		Estado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presiones en terreno</li> <li>➤ Presión de poros</li> </ul>
4	Trabajo o factor de servicios	Variables operacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Calidad del trabajo</li> <li>➤ Calidad de la supervisión</li> <li>➤ Escala de las operaciones</li> <li>➤ Disponibilidad de energía</li> <li>➤ Condiciones climáticas</li> </ul>
		Factores en terreno y condiciones del sitio de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Naturaleza y alcance de la tarea</li> <li>➤ Logro de objetivos, condiciones de trabajo</li> <li>➤ Condiciones de iluminación del terreno</li> <li>➤ Defectos en el equipamiento, peligros y</li> <li>➤ Requerimientos/problemas de coordinación</li> </ul>

Figura 21

- **Nociones y preparación de aditivos de perforación**

### Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

### Objetivos de aprendizajes

- Reconocer principales usos para los tipos de aditivos de perforación.
- Comprender importancia de los aditivos de perforación.
- Seguir instrucciones dadas correctamente.
- Relacionar procedimientos para elaborar aditivos de perforación con receta para elaborar engrudo.
- Comprobar resultados del engrudo al unir 2 trozos de cartulina.

### Descripción de la actividad

Los participantes aprenderán a reconocer y comprender los principales usos de los aditivos de perforación y relacionar procedimientos para elaborarlos con una receta de pegamento casero. Los participantes comprobarán la eficiencia de la mezcla al unir 2 tubos de cartulina.

## **Materiales**

- 100 gramos de harina.
- Una pesa de cocina.
- 1 litro de agua fría.
- 5 cc de vinagre (o 2 cucharaditas).
- 1 olla.
- 1 cuchara de madera.
- Regla.
- Tijera.
- 1 pliego de cartulina.
- Fuente de calor. Por ejemplo: cocinilla a gas.

## **Recurso audiovisual:**

- “Como hacer engrudo o pegamento casero”  
<http://www.youtube.com/watch?v=eJQH4Ekrmpg>

## **Desarrollo**

El instructor invitará a los participantes a observar con atención un video que explica cómo hacer engrudo casero. La idea es que los participantes se formen una idea de la labor que realizarán y les pedirá que preparen más de una mezcla y que esta quede igual a la anterior.

El instructor deberá ser enfático en las precauciones a tomar durante la realización de la actividad sobre todo con la fuente de calor.



### “Cómo hacer el engrudo casero”



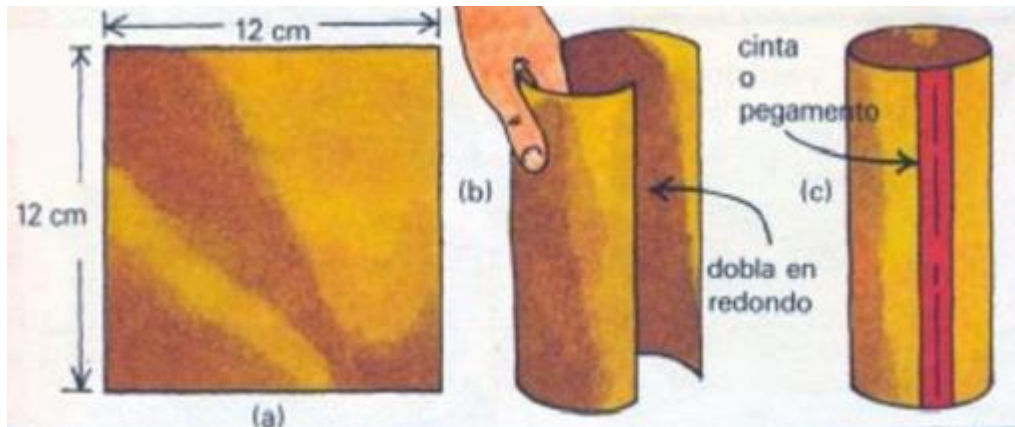
Preparación: Luego de haber visto el video el instructor decidirá si los participantes trabajarán en grupo, pares o individualmente de acuerdo a los materiales e infraestructura.

Los participantes:

1. Procederán a pesar los 100 gramos de harina a utilizar.
2. Medirán un litro de agua.
3. Pondrán a calentar el agua en una olla y empezarán a disolver la harina revolviendo, hasta que no haya grumos. Seguir revolviendo mientras la mezcla se calienta.
4. Continuar revolviendo hasta que comience a hervir y en ese momento, retirar del fuego. Traspasar a otro recipiente y añadir el vinagre.
5. Pasar a un recipiente y dejar enfriar.

Luego de haber realizado esta primera parte, los participantes deberán:

6. Cortar 2 trozos de cartulina de 12 cm de ancho cada uno y de 12 de largo.
7. Enrollar los trozos uno a uno con el dedo, para formar un tubo, y pegarlo con el pegamento casero juntando los bordes.



8. Proceder a pegar los dos tubos. Reportar los resultados al instructor y compartir opiniones con el resto del curso.

### Cierre

El instructor deberá destacar que la actividad realizada simula la preparación de los lodos de perforación que el ayudante de sondaje tiene a su cargo.

El objetivo de estos lodos de perforación es para para facilitar la perforación por diamantina los cuales sirven para refrigerar la herramienta y para verificar la estanqueidad del pozo.

Una de las características del ayudante de sondaje es que debe seguir instrucciones precisas y un procedimiento para la mezcla de los lodos de perforación. Esta receta de la mezcla de los lodos de perforación se la entregan y el ayudante debe cumplirla correctamente.



Consejo Minero  
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

