



PAQUETES PARA ENTRENAMIENTO

Cuaderno del Instructor

Operador Especialista Equipos Perforación Mina Rajo

**Módulo IV: Estructura y Funcionamiento de la
Perforadora de Bolones**

PFERA-4-02/V.1-[PE01-M04/V.1]

Una iniciativa de:



CONSEJO
MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum **FCH**
FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del 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
Christel Lindhorst F., 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 Riffo 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

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 Tecnológico Minero, 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 Chile Ltda., Anglo American Sur S.A., Antofagasta Minerals S.A., Asociación de Industriales de Antofagasta (AIA)., Asociación Gremial de Proveedores Industriales de la Minería (Aprimin)., BHP Chile Inc., Compañía Contractual Minera Candelaria., Compañía Minera Cerro Colorado Limitada., Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM., Consejo Minero de Chile A.G., Corporación Nacional del Cobre de Chile, CODELCO CHILE., Finning Chile S.A., Glencore Chile SA., Kinross Minera Chile Ltda., Komatsu Chile S.A., Minera Escondida Limitada., Minera Freeport-McMoRan South America Ltda., Minera Spence S.A., Sierra Gorda SCM., Sociedad Contractual Minera El Abra., Teck Resources Chile Limitada.; 2016.

Índice

4	Módulo IV. Estructura y funcionamiento de la perforadora de Bolones.....	5
4.1	Capítulo I: Chequeo pre operacional.....	5
4.1.1	Tipos de perforadoras.....	5
1.1.1	Estructura y componentes principales de una perforadora de bolones	11
	Actividad N°9: Confección y aplicación de una pauta de inspección Pre-Operacional.....	31
4.2	Capítulo II Chequeo de sistemas	32
4.2.1	Inspección preliminar a la partida	32
4.2.2	Estructura del equipo.....	32
4.2.3	Acceso al equipo	33
4.2.4	Chequeo de cabina.....	33
4.2.5	Compresor	34
4.2.6	Sistema de aire.....	34
4.2.7	Motor	36
4.2.8	Sistema hidráulico	37
4.2.9	Sistema eléctrico	39
4.2.10	Tren de rodado.....	40
4.2.11	Chequeo de sistemas.....	41
4.2.12	Sistema de dirección y freno	42
4.2.13	Sistema de comunicación.....	44
4.2.14	Sistema de perforación.....	46
4.2.15	Montaje y sistemas de propulsión.	47
4.2.16	Fuentes de energía	47
4.2.17	Sistemas de rotación.....	47
4.2.18	Sistemas de empuje y elevación	47
4.2.19	Mástil o cambiador de barras	48
4.2.20	Sistema de avance y rotación	48
4.2.21	Sistema mecánico	49
4.2.22	Sistema de lubricación	49
4.2.23	Sistema aire acondicionado	50
4.2.24	Sistema contra incendios	50
4.2.25	Sistemas de supresión de polvo.....	51
4.3	Capítulo III Detección de síntomas de fallas en la operación del equipo .	53
4.3.1	Interpretación de alarmas	53
4.3.2	Tipos de alarmas	53
4.3.3	Parámetros de los sistemas	53
4.3.4	Elementos de desgaste	53
4.3.5	Pérdida de potencia o fuerza	57
4.3.6	Informar fallas.....	57
4.3.7	Fallas comunes en los aceros de perforación.	64
	Actividad N°10: Comparación de equipos	69

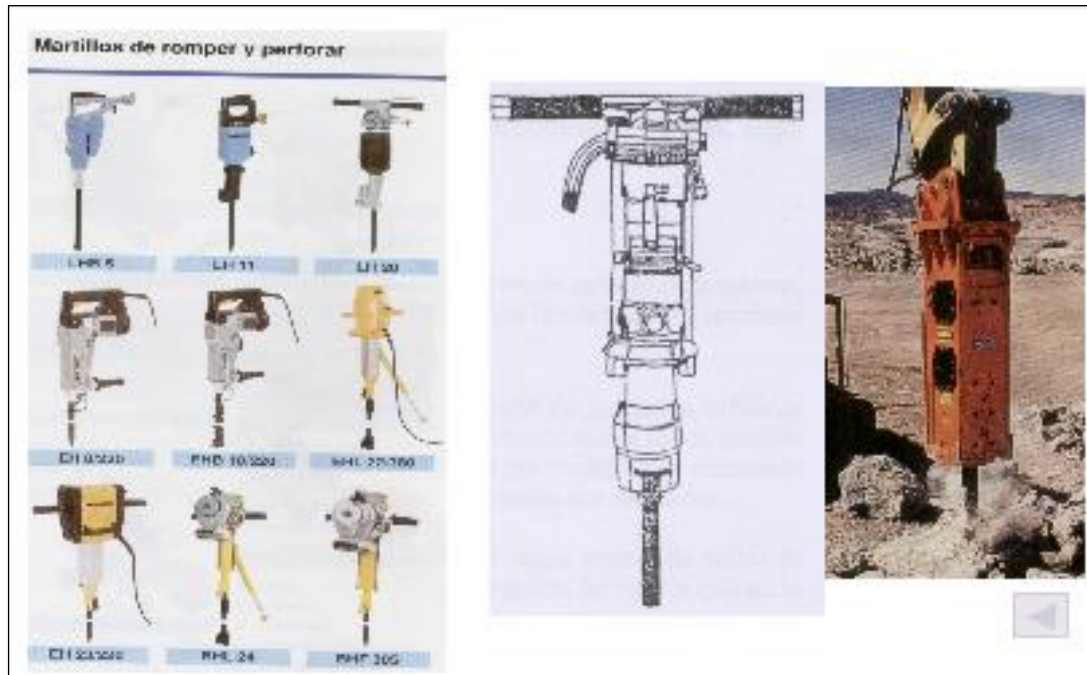
4 Módulo IV. Estructura y funcionamiento de la perforadora de Bolones

4.1 Capítulo I: Chequeo pre operacional

4.1.1 Tipos de perforadoras

Perforadora hidráulicas y neumáticas RH, BBD, DKR, YT

- Pistolas de piso



Son máquinas que se usan para perforación de barrenos y pueden ser: Neumáticas, Percusión, Rotativas, Eléctricas, Combustión. El elemento básico en las perforadoras de percusión es un pistón que se mueve de forma reciprocante dentro del cilindro de la perforadora golpeando en cada ciclo completo la espiga de acero de barrenación, la energía es transmitida por el acero de barrenación hasta la broca, que a su vez golpea la roca. Los fragmentos de roca son desalojados por medio de unos conductos coaxial interior en el acero de barrenación llamado conductos de circulación o de soplado.

Las pistolas de piso pueden ser acopladas a un brazo auxiliar, el cual es un mecanismo empujador del tipo telescópico que mantiene una adecuada presión y hace avanzar a la perforadora, se conocen como piernas o brazos telescópicos o “stoppers” barrenación manual en trabajos a cielo abierto. En minas y canteras. En demolición de: Mampostería y/o concreto. Pavimentos asfálticos e hidráulicos en calles carreteras y aeropistas

- **Perforadoras de carriles**

Consisten básicamente de una perforadora neumática articulada a una guía de acero o mástil, que accionada por medios neumáticos o hidráulicos, gira, sube o baja a lo largo del mástil. El número de posiciones es ilimitado. Son conocidas como perforadoras de columnas. Emplean modernas brocas Intercambiables con insertos de carburo de tungsteno, teniendo una longitud de avance muy grande que permite la utilización de secciones de acero de barrenación. Son generalmente de accionamiento por percusión habiendo también de rotación, el motor de accionamiento puede ser: Gasolina o diésel. Por compresor

Se conocen como: Wagondrill, si van montadas en carros con ruedas. Trackdrill, si van montadas sobre carros con orugas.



- **Wagon Drill**

El Wagon-Drill hidráulico está predispuesto para la utilización de martillo de fondo de 2" a 5" y está equipado de una caja de mandos hidráulicos, accionada por un motor eléctrico o de explosión. Sobre el carro, equipado de avance de cilindro hidráulico, está alojada la cabeza de rotación hidráulica que desarrolla un par hasta los 2950 Nm (300 kgm.) a 20 revoluciones /min.

Pueden trabajar tanto con el método de Top Hammer o Down the Hole Hammar.

La versión TH está equipado con el Top Hammer neumático, posee un sistema giratorio de barras adecuado para tamaños de orificios de 48 a 76 mm y una profundidad de 20 a 40 metros.

La versión DTH está equipada con un motor potente de rotación del pistón. Ofrecen una amplia selección de tamaño de los agujeros de perforación de 85 a 130 mm y la profundidad llega hasta 40 metros., apto para orificios de 3" y 4"



Versión TH (Top hammer)	
Diámetro del agujero	48–76 mm
Taladro de acero	R32, R38, T38
Largo del taladro de acero	1.20 Mtr, 2.50 Mtr, 3 Mtr
Consumo de aire	6 Bar
Versión DTH (Down-The-Hole hammer)	
Diámetro del agujero	85–130 mm
Diámetro del taladro	70 / 76 / 89 mm
Largo del taladro	1.20 Mtr, 2.50 Mtr, 3 Mtr
Max. presión de operación	12 Bar
Torque máximo	900 Nm
Consumo de aire	10 Bar

Tipo de Tracción	Rueda neumática
Velocidad máxima	2 km/h (1.3 mph)
Fuerza de tracción máxima	7.8 kN (1,750 lbf)
Capacidad de subida de pendientes	20 grados
Dimensiones de transporte	
Peso	1,340 kg (2,948 lb)
Ancho	2,100 mm (6' 10")
Altura	1,600 mm (5' 3")

- **Track Drill**

Está diseñado para la perforación de minas a cielo abierto y mina subterránea, este puede trabajar tanto con el método Top Hammer y el método Hole Hammer



La versión TH está equipada con el Top Hammer neumático, posee un sistema giratorio de barras adecuado para tamaños de orificios de 48 a 76 mm y una profundidad de 20 a 40 metros.

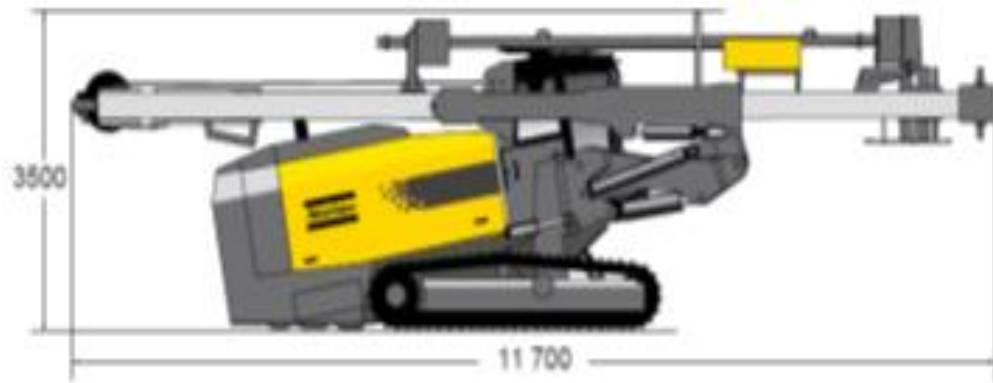
La versión DTH está equipada con un motor potente de rotación del pistón, apto para neumático de 3" Y 4" posee un martillo DTH. Ofrece una amplia selección de tamaños de los agujeros de perforación 85 a 130 mm, y la profundidad de hasta 40 metros.

Versión TH (Top hammer)	
Diámetro del agujero	48-76 mm
Taladro de acero	R32, R38, T38
Largo del taladro de acero	3.05 – 3.66 Mtrs
Consumo de aire	400 CFM @ 6 Bar
Versión DTH (Down-The-Hole hammer)	
Diámetro del agujero	85-130 mm
Diámetro del taladro	70 / 76 / 89 mm
Largo del taladro	3 Meters
Max. presión de operación	12 Bar
Torque máximo	900 Nm
Consumo de aire	10 Bar

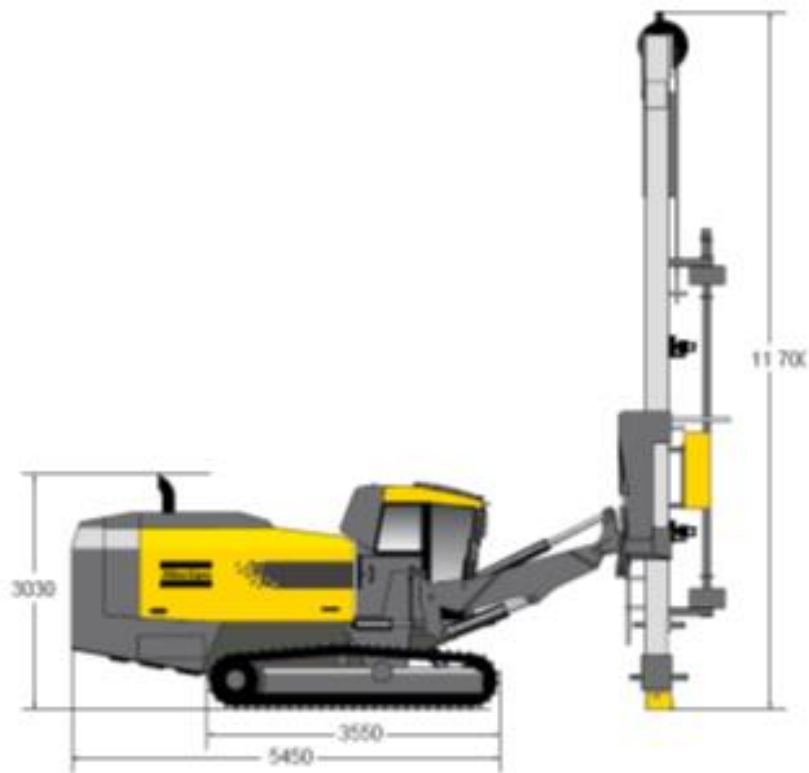
Características	
Maxima velocidad	2.5 km/h
Fuerza de tracción máxima	18.8 kN
Capacidad de subida de pendientes	30° max
Distancia al suelo	295 mm
Dimension	
Largo	5430 mm
Ancho	1950 mm
Altura (Desde abajo)	1600 mm
Altura (Desde arriba)	2680 mm
Peso	2850 Kgs

1.1.1 Estructura y componentes principales de una perforadora de bolones

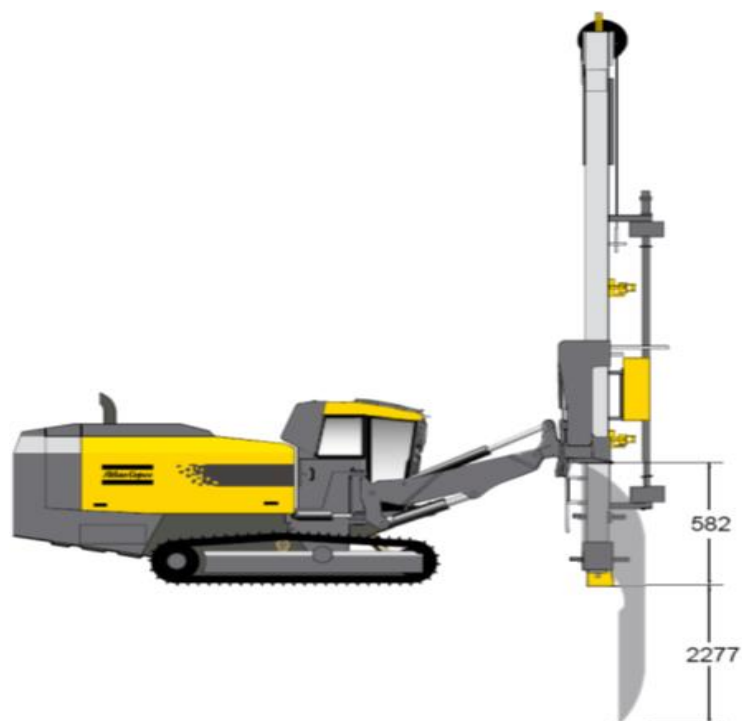
- Dimensiones



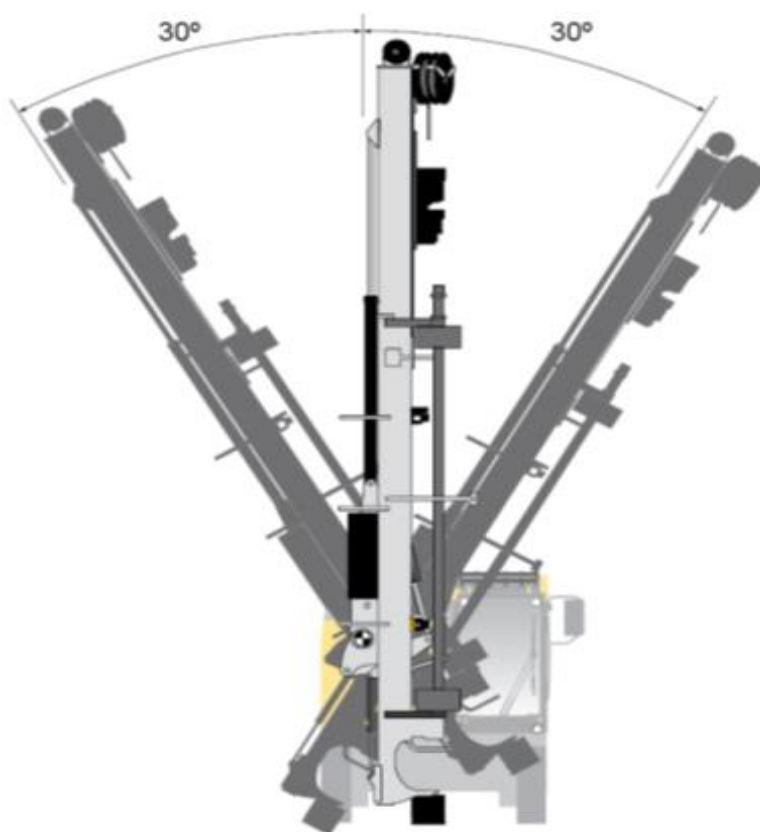
Dimensiones de Transporte



Medidas desde el lateral

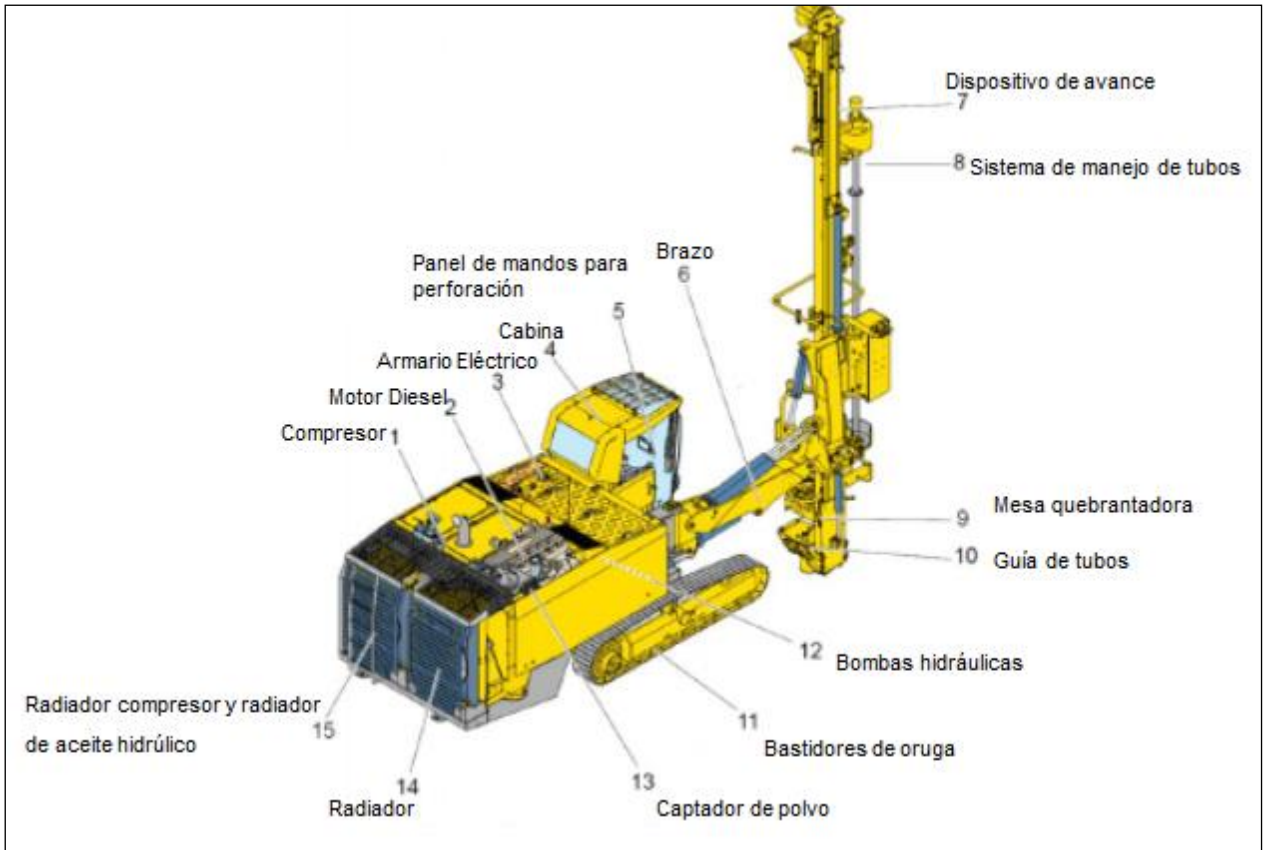


Área cubierta desde el lateral



Ángulos de inclinación del dispositivo de avance

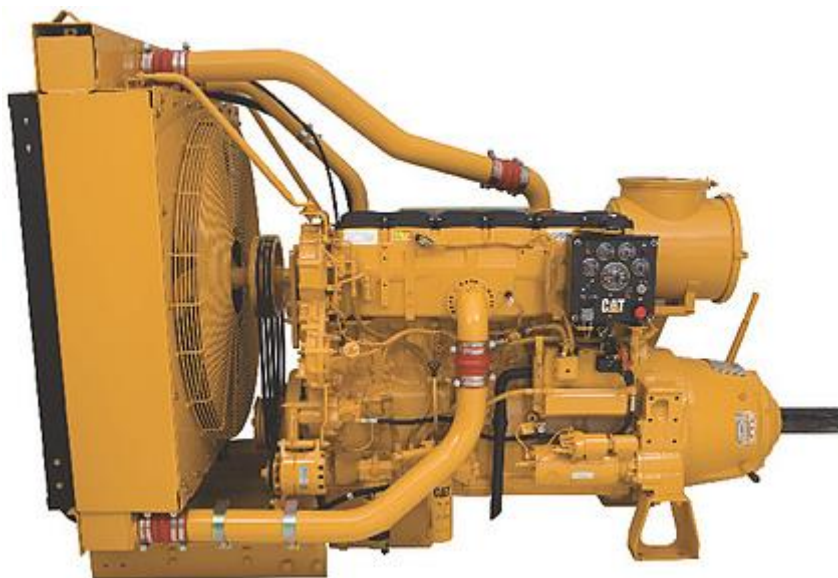
- **Componentes del equipo**



- **Motor Diésel y Compresor**

Motor

Las perforadoras usan un motor refrigerado por agua con inyección directa y turboalimentado. La partida es eléctrica y un alternador para la carga de baterías accionado por correas son estándar. Las perforadoras están equipadas con un sistema doble de filtros de aire, con pre limpiadores opcionales, que suministran aire limpio al motor y al compresor. El control de rpm del motor es controlado por el control de velocidad del motor. El motor es detenido, ya sea por la llave de arranque "ON/OFF" o la parada de emergencia.



Compresor

Los compresores de aire utilizados en las perforadoras son del tipo bañados en aceite de tornillos rotatorios asimétricos. Los rodamientos de rodillos se usan para manejar las cargas radiales.

El equipamiento estándar para los compresores de aire, incluyen filtros de aire secos separados de dos etapas y toda la instrumentación y controles. El sistema de lubricación incluye un enfriador de aceite, una válvula de desvío, filtro de aceite, bomba de aceite y una combinación de estanque contenedor y separador. Un sistema de parada de seguridad es accionado por alta temperatura de la descarga del aire.

La presión normal de trabajo ha sido ajustada a 30 bares, lo cual también es la máxima presión. La máxima liberación de entrega de aire es 434 l/sec. A una presión de trabajo de 30 bares con 20° de temperatura ambiente.

- **Sistema neumático**

Todos los compresores de aire son fabricados por Ingersoll-Rand y son de diseño bañado en aceite y de tornillos rotatorios asimétricos. Los rodamientos de rodillos se usan para manejar las cargas radiales.

El equipamiento estándar en el compresor de aire incluye un filtro de aire de admisión separado de dos etapas y toda la instrumentación y controles. El sistema de lubricación incluye un enfriador de aceite, válvula de desvío, filtros de aceite, bomba de aceite y una combinación de estanque separador y contenedor. Un

sistema de parada de seguridad también es suministrada para alta temperatura del aire de descarga.

La bomba de aceite permite al operador cerrar la válvula de admisión cuando no se requiere de aire. Esto reduce considerablemente la carga en el motor, lo que reduce el consumo de combustible y facilita la partida en tiempos fríos.

Los compresores de baja presión son aquellos que la presión de descarga es de 100 a 150 psi.

Un compresor es considerado de alta presión cuando la presión de descarga es 250 psi o mayor. Todos los compresores de alta presión Ingersoll-Rand tienen presiones de descarga de 350 psi.

Hay tres sistemas en un compresor de tornillos rotatorios:

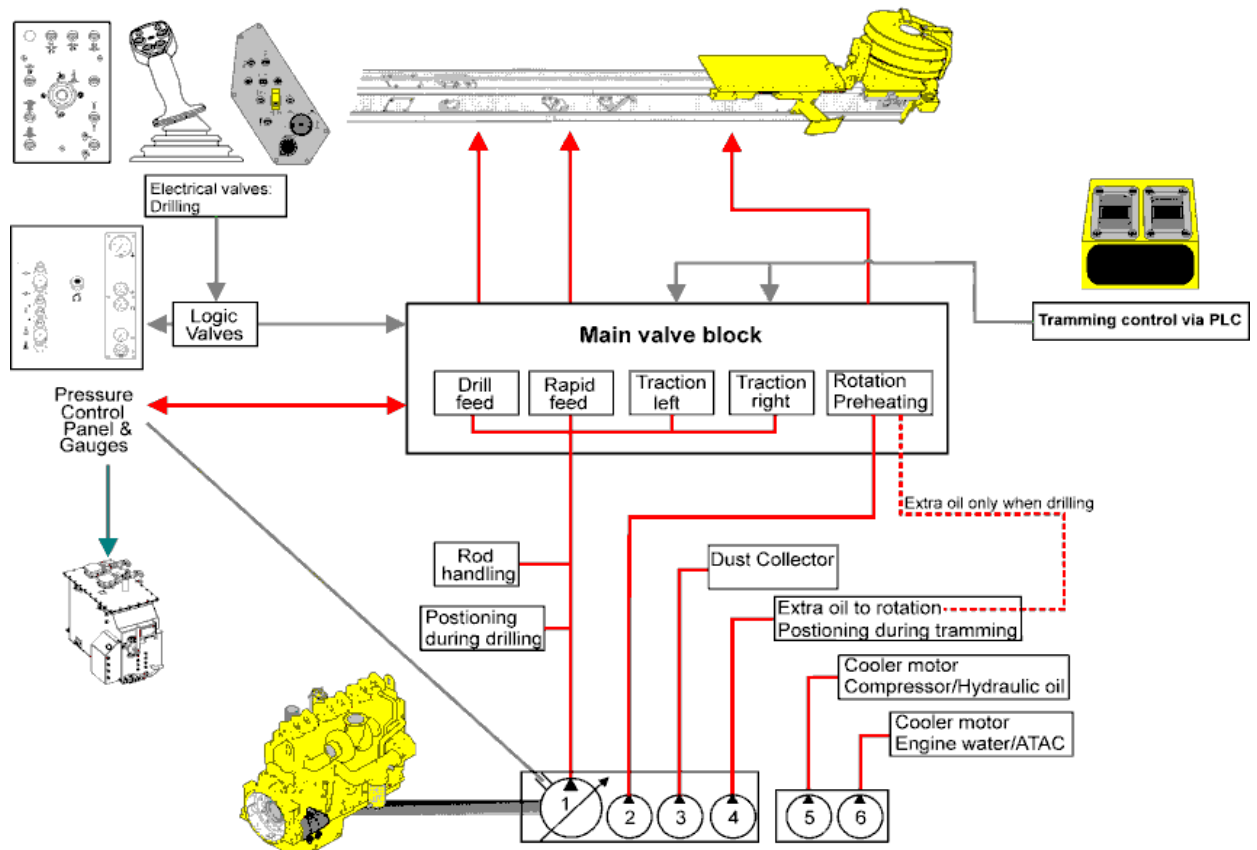
- Sistema de Lubricación
- Sistema de Separación
- Sistema de Regulación

- **Sistema hidráulico**

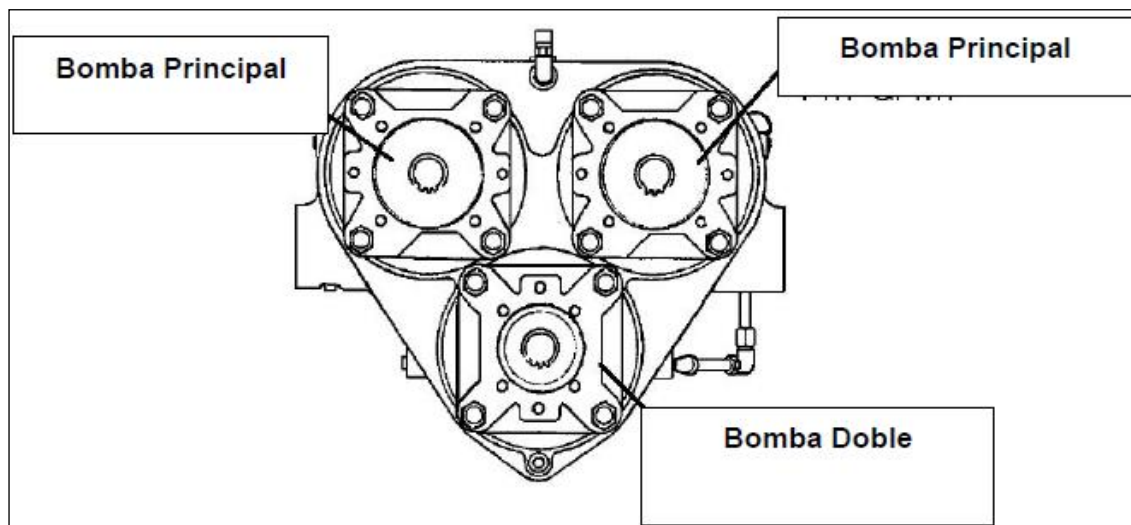
El sistema hidráulico del ROC L8 es un sistema controlado por presiones de pilotaje y señales eléctricas con 6 bombas hidráulicas. Las bombas hidráulicas 1, 2,3 y 4 están ensambladas en línea y comandadas directamente por el motor diésel a través de un acoplamiento flexible.

Las bombas hidráulicas 5 y 6 están combinadas en una bomba doble con una línea de succión común. Estas son comandadas por el motor diésel a través de una PTO (Power-Take-Off)

El sistema hidráulico consiste en un estanque hidráulico de 470 litros, bombas hidráulicas montadas en la caja de bombas, motores hidráulicos y válvulas, cilindros, tuberías, mangueras y filtros. Un enfriador de aceite hidráulico asegura una temperatura de aceite fría, para maximizar la eficiencia del sistema y la vida de los componentes.



Las tres bombas hidráulicas están montadas para un acceso de servicio fácil, en una caja de bombas de tres salidas accionada por el motor diésel a través de un cardán.



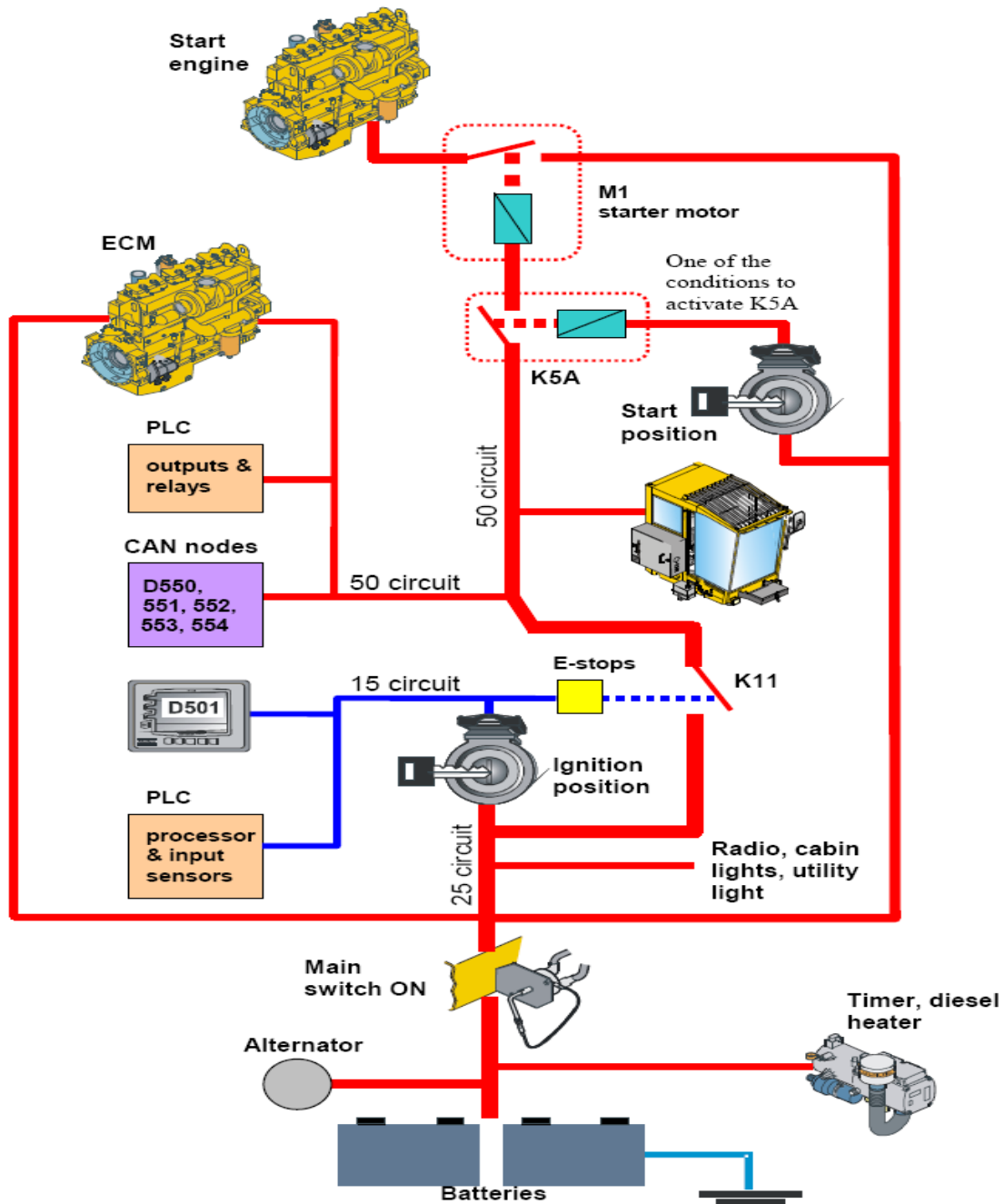
- **Sistema eléctrico**

Las perforadoras ROC L8 están equipadas con un sistema eléctrico de 24V para el monitoreo e indicadores de fallas, la energía eléctrica es usada también para controlar numerosas válvulas hidráulicas y neumáticas.

Carga de Baterías: El suministro de energía para el sistema eléctrico consta de 2 baterías de 12V y 180A conectadas en serie. Estas son cargadas por un alternador A/C de 3 fases. Las baterías se conectan al sistema por un switch principal de accionamiento manual (corta corriente).

Fusible Principal: El suministro de energía para el gabinete eléctrico es proporcionado por un fusible principal de 63A (F100)

ECM: El módulo de control electrónico es usado para monitorear las funciones del motor y sus sensores. Este recibe información análoga y digital del motor. La información es procesada y transferida en el protocolo J1939. El ECM detiene el motor diésel automáticamente si ocurre una falla específica. Una falla específica es por ejemplo una baja presión de aceite, lo cual puede causar daños mayores al motor.



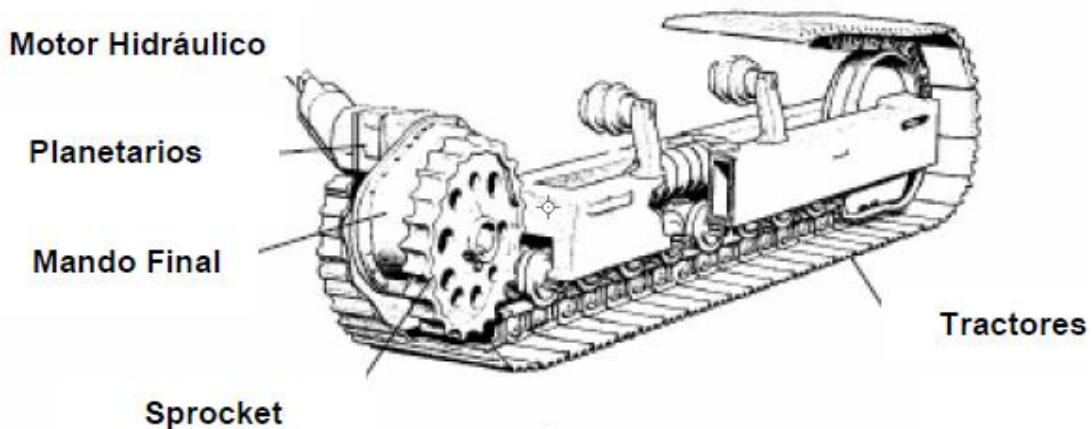
- ### Sistema de propulsión

La perforadora utiliza un rodado tipo excavadora, construido por especificaciones de Atlas Copco. El rodado es accionado directamente por un sistema de engranajes planetarios y dos motores hidráulicos.

Una estructura de eje oscilante, le permite a la perforadora moverse en terreno desnivelado, sin aplicar torsiones excesivas a la estructura principal. Ambas orugas son controladas independientemente para efectos de maniobras.

Las orugas se ajustan hidráulicamente con un sistema de resorte y están equipadas con zapatas de triple garra reemplazables.

La perforadora está montada en dos tractores, cada uno de ellos accionado por un motor hidráulico de desplazamiento fijo, operando a través de un sistema planetario acoplado a un mando final, el cual en definitiva acciona la rueda conductora. El motor hidráulico es del tipo pistones axiales, cada uno accionado por una bomba principal usando un circuito cerrado.



Componentes

Los componentes principales en el circuito de propulsión son las bombas hidráulicas, los motores de propulsión, filtros, válvulas y controles. Las bombas hidráulicas se usan para suministrar flujo de aceite a los diversos cilindros y motores conectados a diferentes elementos.

Estas bombas no generan presión por si mismas pero generan fuerza en cada sistema.

Cabezal de rotación y sistema de avance (Pull Down)

El cabezal de rotación se usa para agregar y sacar barras de perforación desde la sarta de barras. La sarta de barras está directamente conectada al cabezal de rotación y todas las presiones de avance y rotación son ejercidas a través del cabezal de rotación.

Dos motores hidráulicos suministran la rotación al cabezal de rotación. El indicador de presión de rotación, ubicado en la consola de control, mostrará la cantidad de

presión hidráulica que está siendo aplicada a los motores del cabezal de rotación en la forma de velocidad de rotación. Las velocidades varían de **0 a 150 rpm**, que pueden ser obtenidas usando este cabezal de rotación. Un adaptador reemplazable del eje entre el eje del cabezal de rotación y la barra de perforación, es suministrada como un equipamiento estándar, en conjunto con las guías reemplazables del cabezal.

Los cables de avance y las cadenas de izado están acopladas a las placas de montaje que están acopladas a la carcasa del cabezal de rotación.

- **Sistema de avance**

El sistema de avance de ciclo cerrado hidrostático, es accionado por dos cilindros hidráulicos de avance que suben y bajan el cabezal de rotación, suavemente por medio de cables de trabajo pesado para el avance y cadenas de trabajo pesado para el izado.

El indicador de presión de avance ubicado en la consola del operador, muestra la cantidad de presión hidráulica que está siendo ejercida sobre el bit (tricono) por el sistema de avance (cilindros).

El controlador de avance de perforación para la operación de la dirección y cantidad de avance de perforación, permite al operador una operación fácil y velocidades más rápidas en la alimentación hacia abajo y en la retracción.

Este sistema opera más eficientemente que otros diseños, debido a que necesita menores flujos y el resultado de caídas de presión reducidas. Esto permite que las bombas hidráulicas operen en la parte más eficiente de su curva de rendimiento.



- **Seguridad**

Condiciones Operacionales

Como todo trabajo que involucra personas, equipos y medio ambiente, en la perforación existen normas y procedimientos que velan porque ésta sea realizada de manera segura y limpia. En particular, en todo el proceso de perforación, y en cada una de las etapas, deben contemplarse las medidas de seguridad que sean necesarias para cumplir con las exigencias de seguridad y limpieza planteadas.

Entre las medidas generales por considerar en la perforación cabe destacar que:

- La perforación debe realizarse de acuerdo con normas existentes y procedimientos internos.
- El personal involucrado debe tener la formación técnica necesaria para el desarrollo de sus funciones y conocer en detalle el manual de operación del equipo con el que trabaja.
- Los operadores deben tener siempre todos los elementos de protección personal (casco, botas, guantes, gafas, mascarillas, etc.) y usar ropas y accesorios que impidan su enganche en partes móviles de la máquina.



Al comienzo del turno, el operador de la perforadora debe recibir instrucciones, respecto a la ubicación del equipo, su disponibilidad, estado mecánico y eléctrico y la secuencia de operación, de la malla de perforación.

REGLAS DE SEGURIDAD

- Antes de poner en marcha hay que leer detenidamente todas las instrucciones.
- Se debe prestar atención especial a la información que se encuentra al lado de este símbolo.
- Sólo se pueden usar piezas originales de Atlas Copco.



- Estas instrucciones contienen importantes apartados referidos a seguridad.
- Deberá prestarse atención especial al texto de seguridad encuadrado encabezado por un símbolo de advertencia (triángulo) seguido por una palabra indicadora.



Indica un riesgo inminente que OCASIONARÁ lesiones graves o mortales si no se respeta la advertencia



indica un riesgo o procedimiento peligroso que PUEDE ocasionar lesiones graves o mortales si no se respeta la advertencia

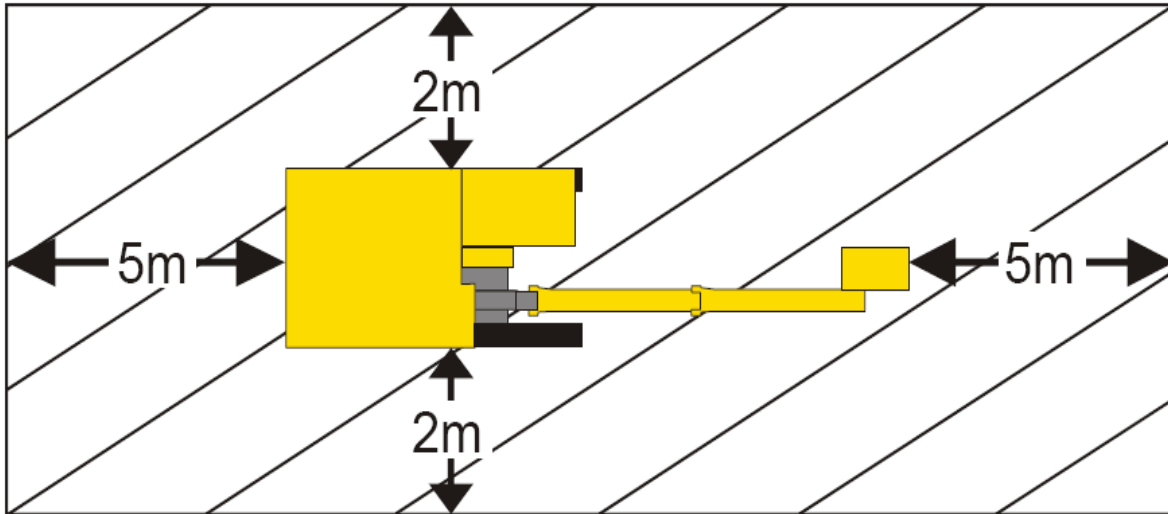


indica un riesgo o procedimiento peligroso que PUEDE ocasionar lesiones personales o daños a la propiedad si no se respeta la advertencia

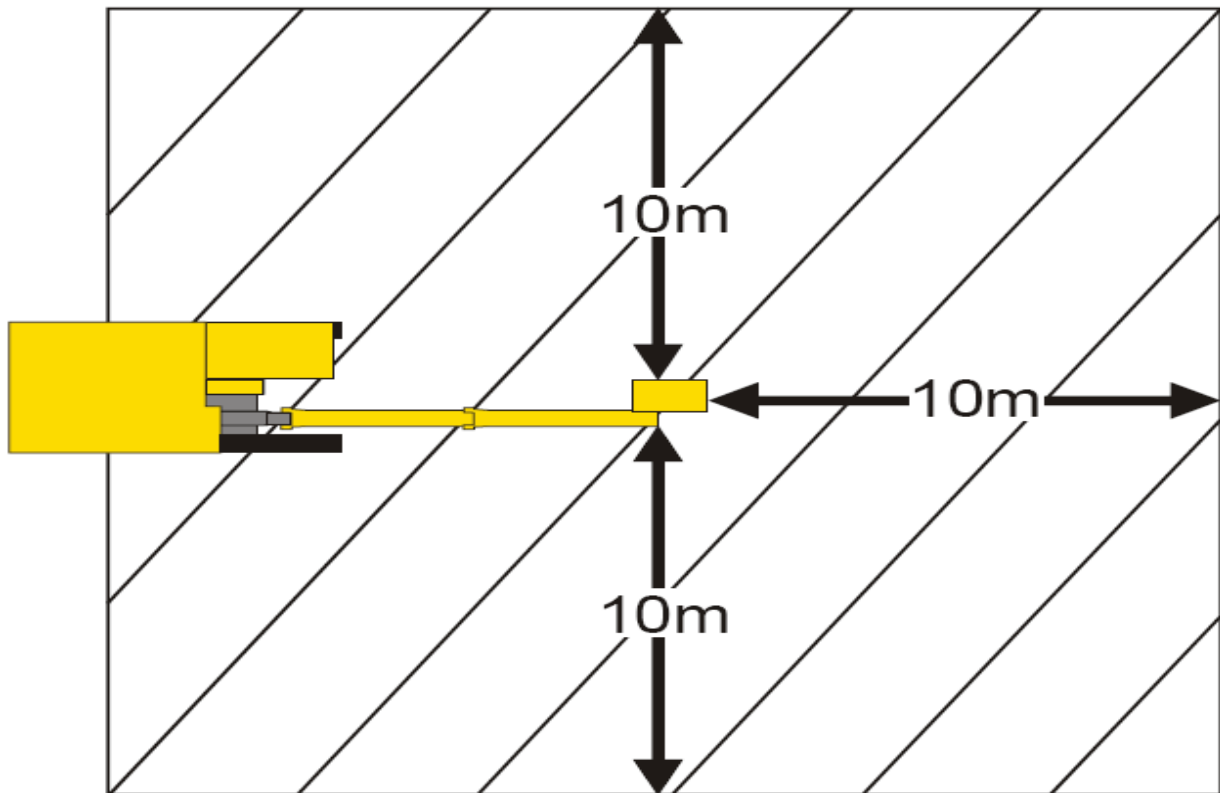
1250 0100 25

- Zonas de riesgo del equipo perforador

Desplazamiento



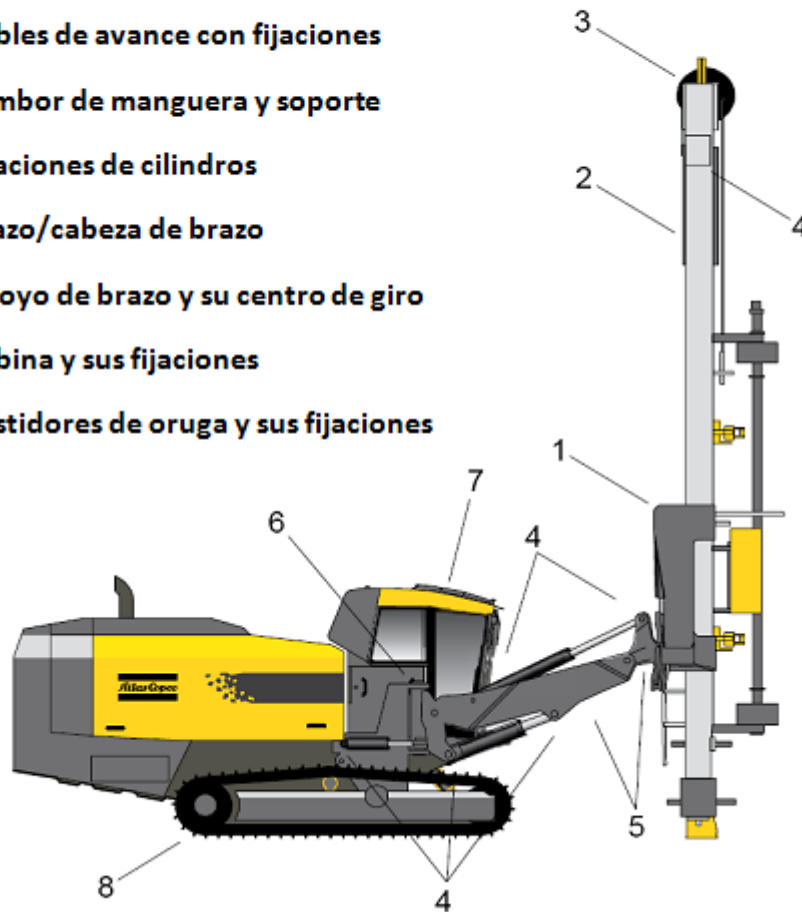
Trabajo en bancos



- **Revisión diaria**

Puntos de control

- 1 Soporte de avance y sus fijaciones**
- 2 Cables de avance con fijaciones**
- 3 Tambor de manguera y soporte**
- 4 Fijaciones de cilindros**
- 5 Brazo/cabeza de brazo**
- 6 Apoyo de brazo y su centro de giro**
- 7 Cabina y sus fijaciones**
- 8 Bastidores de oruga y sus fijaciones**



- **Medidas a tomar antes de poner en marcha el motor diésel**

Equipos de perforación

- **Control visual:** Controlar que no existan huellas de fugas, daños, roturas o fisuras

Cilindro de dispositivo de avance

- **Control visual:** Controle el desgaste y controle el tensado

Aceite de motor

- Nivel de aceite

Aceite hidráulico

- Nivel de aceite

Separador de agua

- Sacar drenando el agua.

Aceite de compresor

- Nivel de aceite
- **Chequeo de niveles del equipo**

NIVEL ACEITE HIDRÁULICO



NIVEL ACEITE COMPRESOR



NIVEL ACEITE LUBRICACION



NIVEL ACEITE MOTOR



- **Control de funcionamiento tras el arranque**

Controles

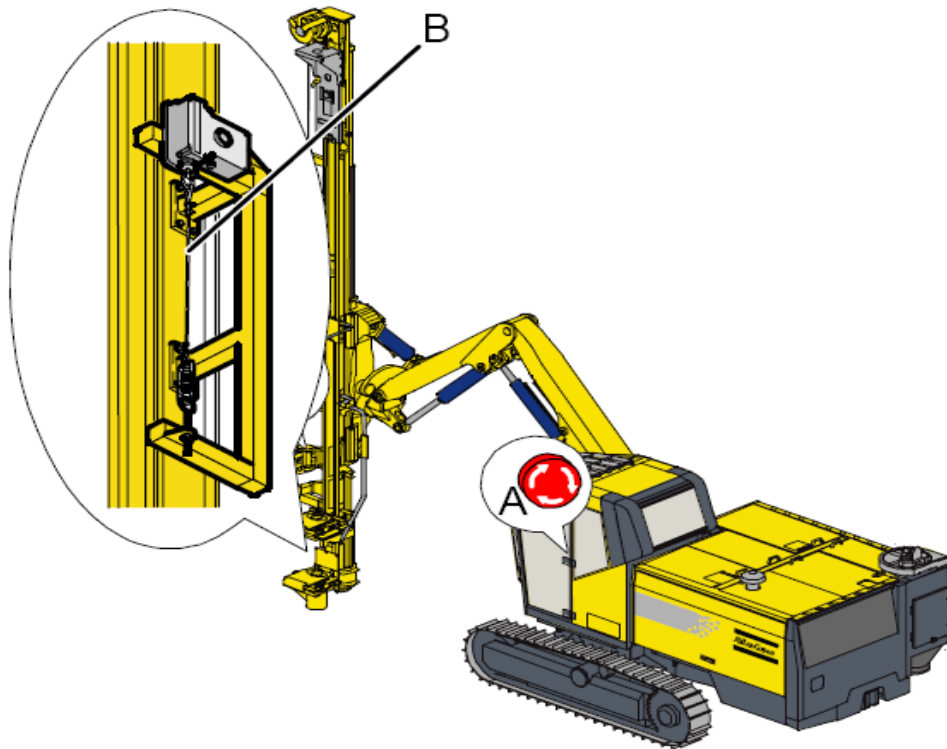
Nota

Los botones y cable de parada de emergencia deben controlarse antes de cada turno de trabajo y después del desplazamiento.

Tabla: Controles.

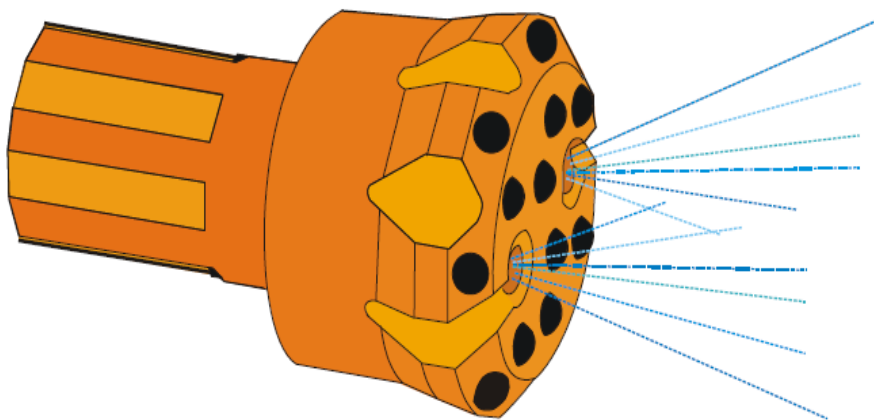
Punto de control	Inspección	Instrucción
Botones de parada de emergencia (todos) y cable de parada de emergencia en la viga del dispositivo de avance	Función	Controlar individualmente cada parada de emergencia. Se deberá detener el motor. Entre control y control de la parada de emergencia debe restablecer la parada de emergencia anterior antes de volver a arrancar. Para colocación, consulte "Seguridad"
Pantalla de instrumento de dirección y motor	Control visual	Compruebe que no se haya iluminado ningún símbolo de indicación de avería. Si aparece la indicación de fallo en el campo de estado, detenga el equipo y repare el fallo.

- **Pruebas de funciones**



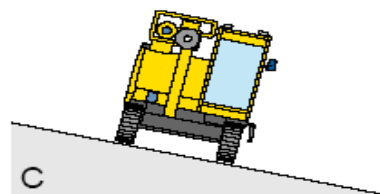
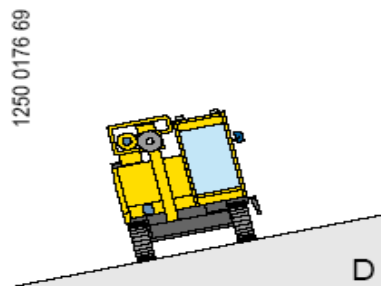
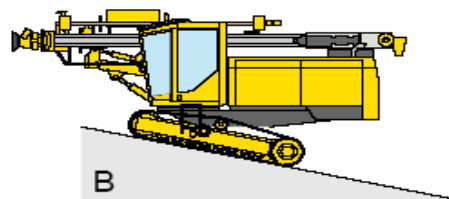
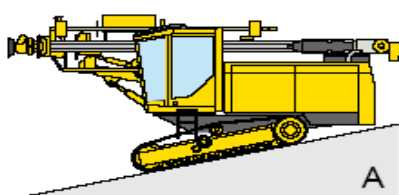
Los botones y cables de parada de emergencia deberán controlarse antes de cada turno de trabajo y después de mover el equipo

- **Pruebas de Funciones durante la Perforación**



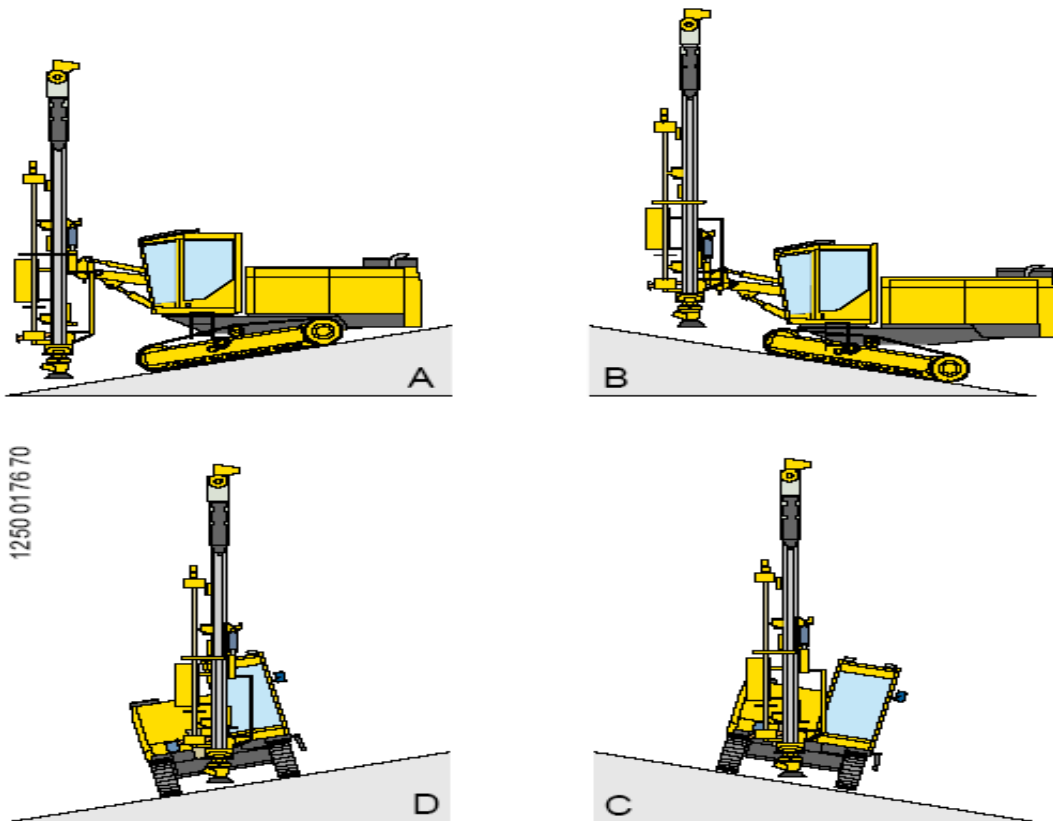
Perforadora (DTH): El aceite lubricante deberá filtrarse a través de la broca

- Seguridad de traslado:



Referencia Figuras	Dirección	Ángulo Inclinación Máx.
A	Hacia Adelante	20°
B	Hacia Atrás	20°
C	Izquierda	20°
D	Derecha	17°

- Seguridad de perforación:



Referencia Figuras	Dirección	Ángulo Inclinación Máx.
A	Hacia Adelante	19°
B	Hacia Atrás	20°
C	Izquierda	20°
D	Derecha	20°

Actividad N°9: Confección y aplicación de una pauta de inspección Pre-Operacional

Lo que hay que hacer

En grupos, los participantes deberán confeccionar una pauta donde se pueda chequear la perforadora, previo a la operación. A través de un análisis de la estructura y sus componentes, tendrán que confeccionar un listado de puntos a revisar para posteriormente aplicarla de manera simulada.

Para qué sirve

A través de la realización de esta actividad, los participantes podrán aplicar los contenidos desarrollados hasta el momento, así como también recurrir al trabajo en equipo.

Materiales

- Lápices
- Hojas

Manos a la obra

Según lo revisado hasta el momento y aplicando los contenidos del capítulo anterior, se deberá discutir, analizar y confeccionar un listado de los principales componentes a revisar en la perforadora, antes de iniciar su operación.

Puesta en común

El instructor le pedirá a un representante por grupo que comente las conclusiones y acuerdos a los que llegaron, comparando las respuestas entre los grupos, indagando el nivel de dificultad de la actividad y qué se aprendió de ella.

Finalmente, cada grupo deberá entregar el formato de pauta de inspección pre-operacional escrita que diseñaron y la misma pauta aplicada de manera simulada, con el detalle de integrantes que participaron en su elaboración.

4.2 Capítulo II Chequeo de sistemas

4.2.1 Inspección preliminar a la partida

Antes de poner en marcha, una inspección pre operacional a la perforadora completa es muy importante. Esta inspección debe ser realizada antes de cada turno y en cada puesta en marcha. Esto se debe realizar además del mantenimiento diario de rutina. La ejecución de ésta inspección permitirá una vida útil más prolongada y la máxima productividad de la perforadora.

Debe efectuarse un control permanente, de las partes críticas de los sistemas que comprometen la eficiencia de los equipos de perforación, los cuales deben encontrarse en buenas condiciones, antes de comenzar la operación:

- Sistema de frenos
- Sistema de rodado
- Estructura
- Herramientas de perforación
- Sistemas de recolección de polvo
- Niveladores (Gatos) hidráulicos
- Sistema de rotación
- Sistema de pull down
- Sistema de radio comunicaciones
- Sistema de iluminación
- Sistemas contra incendio
- Sistema de accesos

Las siguientes son algunas de las revisiones y verificaciones que se deben realizar en las perforadoras antes de la partida (dependiendo del tipo y componentes).

- Revisar nivel de aceite del motor
- Revisar nivel de refrigerante del motor
- Revisar nivel de combustible
- Drenar separador agua / combustible
- Revisar nivel de aceite compresor
- Drenar agua del tanque separador
- Revisar las baterías
- Revisar nivel de aceite de la caja de bombas hidráulicas.
- Revisar nivel de aceite hidráulico

4.2.2 Estructura del equipo

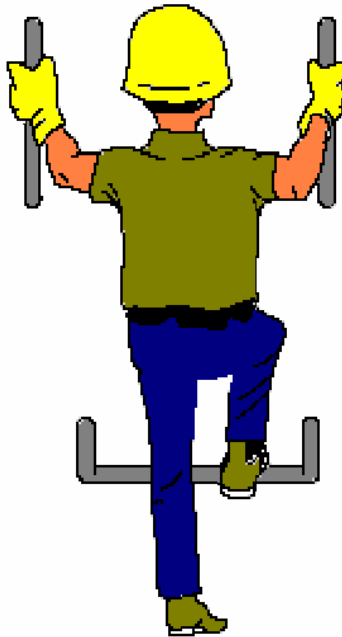
La estructura del equipo está definida como el conjunto de piezas, componentes, elementos importantes del equipo.

Dependiendo del modelo de equipo, se pueden encontrar entre otros:

- Conjunto de orugas izquierdo y derecho
- Cadena de orugas
- Camisa central
- Motor y freno de propulsión
- Tambor transmisión orugas

4.2.3 Acceso al equipo

El acceso al equipo es a través de la escalera, pasamanos, sistema de levante escalera, plataforma y acceso a cabina



Bajar o subir siempre, por la escalera diseñada para tal efecto. Verificar que, las escaleras de acceso al equipo, estén libres de riesgos en las superficies de apoyo, que impidan una adecuada adherencia, tanto de las manos como del calzado (barro, aceites, grasas, peldaños gastados, sueltos o falta de ellos, pasamanos en mal estado, superficies resbalosas, etc.). Aplicar la técnica de los tres puntos de apoyo, para sostenerse. Asentar correctamente la extremidad de apoyo, antes de continuar con el movimiento del otro pie o mano. No saltar al piso, desde una altura superior al alcance del pie.

4.2.4 Chequeo de cabina

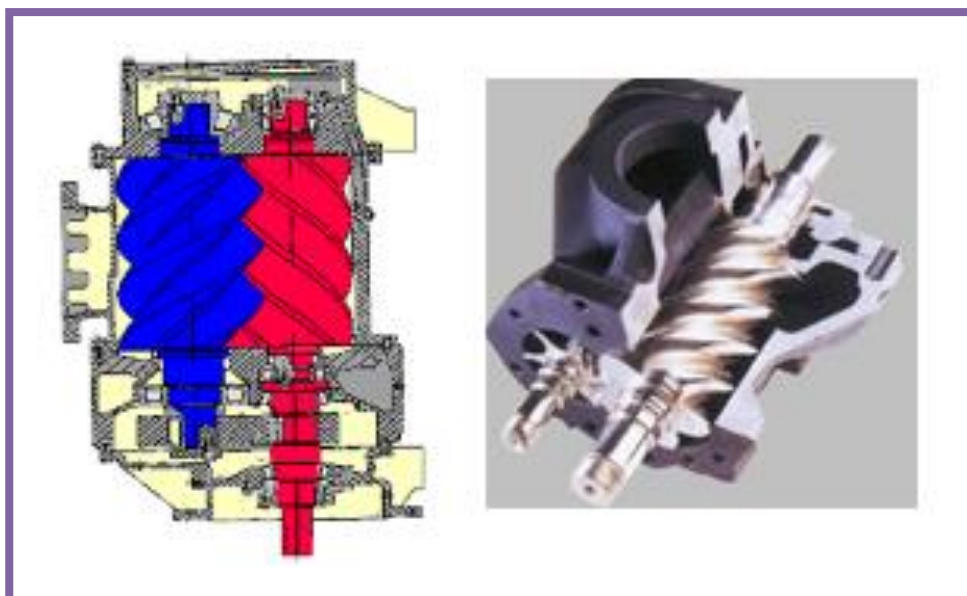
Se debe chequear el estado de la estructura, cristales, alumbrado, tablero, asiento y cinturón de seguridad.



Mantener toda la cabina limpia. El barro, latas, botellas, herramientas y otros desechos pueden atascar pedales y otros controles pueden causar fallas.

4.2.5 Compresor

La función del compresor es controlar el flujo de aire variable Bombas de Lubricación minimizan la carga.



4.2.6 Sistema de aire

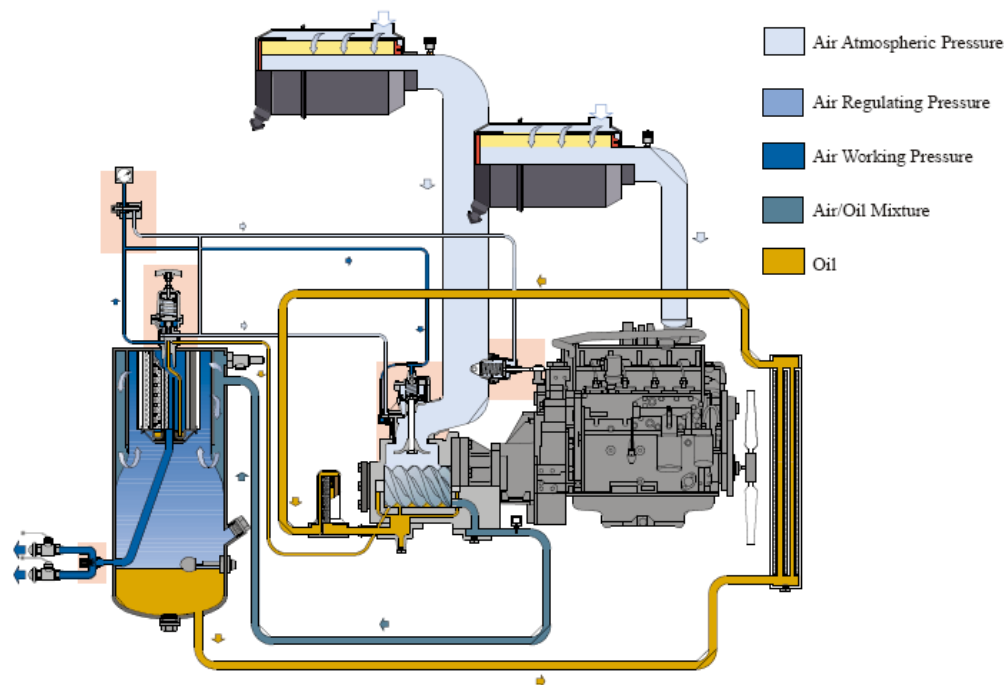
El elemento del compresor

Está constituido principalmente por dos rotores, un rotor hembra y un rotor macho, montado en rodillos como también en cojinetes de bolas. El rotor hembra es

conducido por el motor de diésel y potencia al rotor macho. Los rotores están lubricados por aceite, inyectado y mezclado con el aire. Esto también incrementa la eficiencia como el aceite selle entre los rotores y la caja.

El flujo de aire

El aire es aspirado a través del filtro de aire y de la válvula de admisión del elemento del compresor. El aire es mezclado con aceite inyectado después de que la compresión es pasada por la válvula de retención dentro del acumulador de aire. La válvula de retención impide el retorno del flujo de aire comprimido cuando el compresor es detenido. En el acumulador de aire, la mayor parte del aceite es removido de la mezcla de aire /aceite por el separador de aceite. El flujo de aire comprimido luego pasa a través de la válvula de presión mínima hacia el sistema de aire de la perforadora. La válvula de presión mínima impide que la presión en el acumulador caiga por debajo de la presión mínima de trabajo del compresor ante la liberación de aire, para asegurar el funcionamiento correcto del sistema de aceite.



Revisar fugas de aceite del sistema del compresor

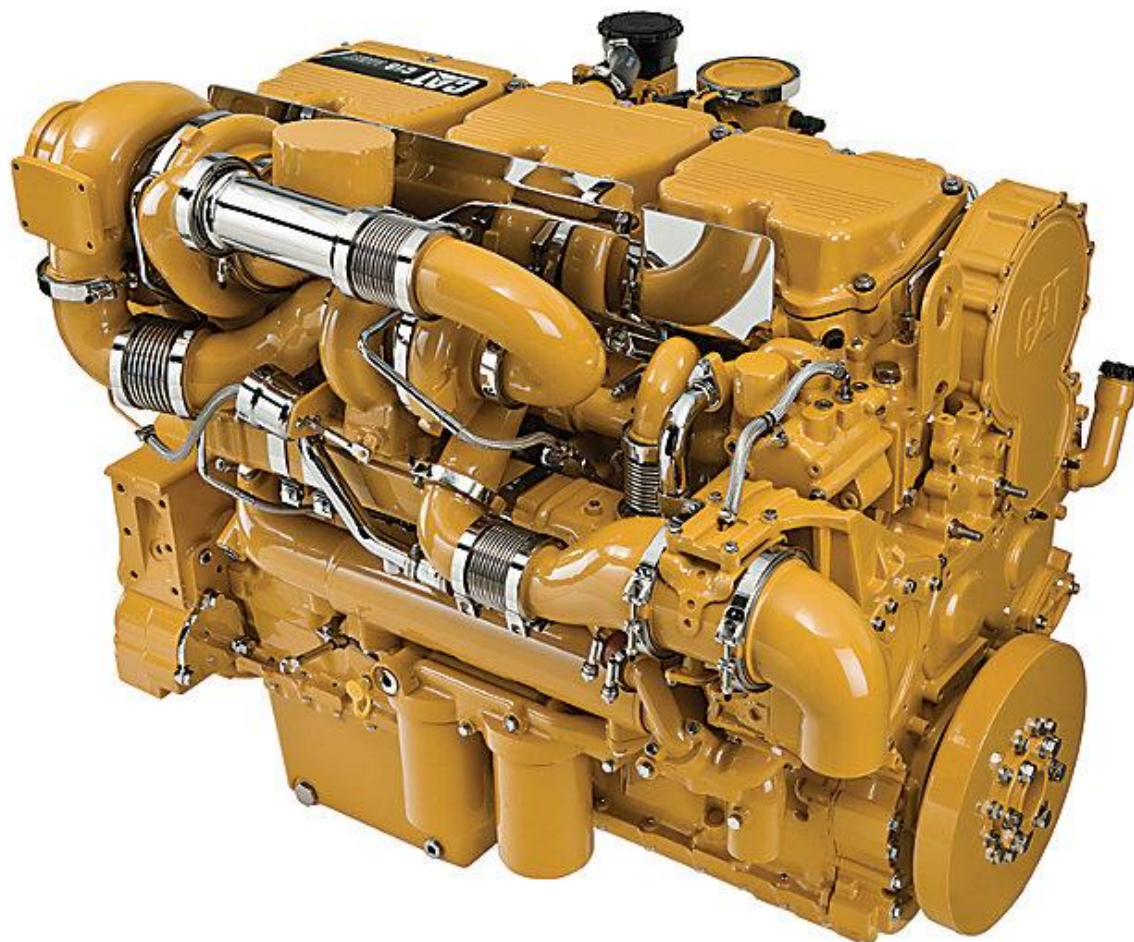
Una inspección cuidadosa a todos los componentes del compresor (unidad compresora, bomba, válvulas, mangueras y filtros) debe ser realizada para asegurar que no haya fugas de aceite del compresor o cualquier irregularidad.

4.2.7 Motor

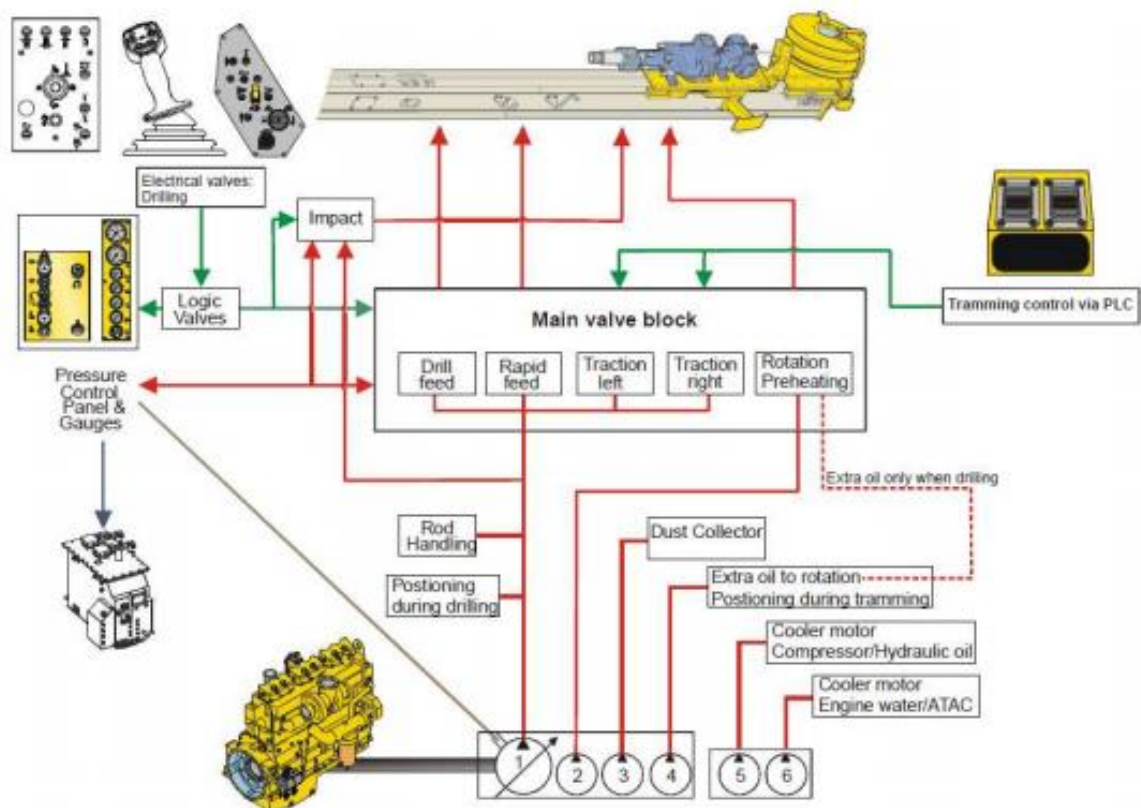
Componente en que todas sus piezas funcionan sincronizadamente capaz de hacer funcionar un sistema transformando algún tipo de energía en energía mecánica para realizar un trabajo.

Fuerza que produce un movimiento.

Los motores de la perforadora pueden ser eléctricos o mecánicos.



4.2.8 Sistema hidráulico



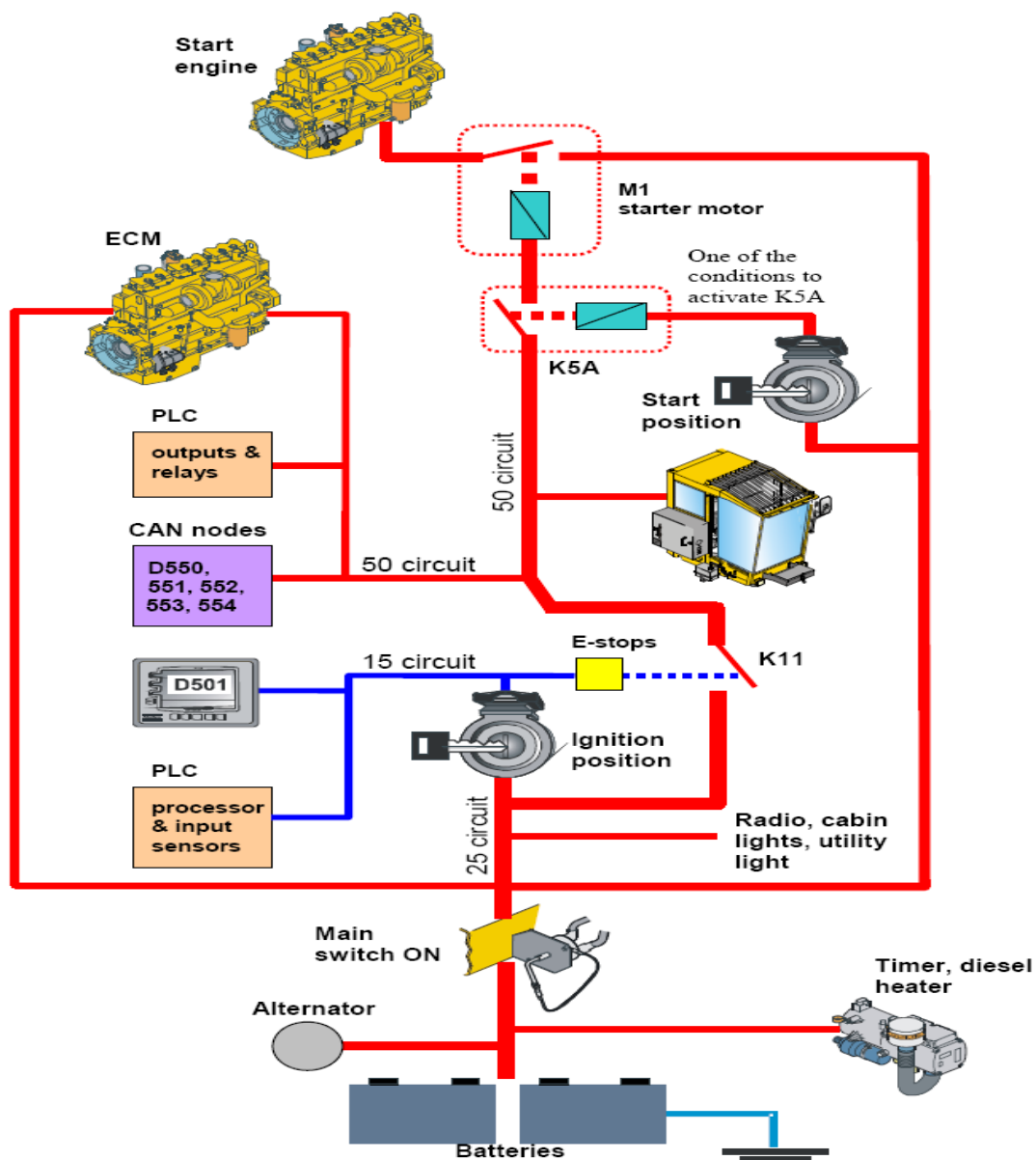
Entre los chequeos que se deben realizar están:

- Piola de seguridad
- Inspección de fugas
- Bomba hidráulica
- Motor Hidráulico
- Cilindro de avance
- Cilindro de posicionamiento
- Perforadora
- Prensa



Una inspección cuidadosa de todos los componentes hidráulicos (bombas, motores, válvulas, mangueras etc.) debe ser realizada para detectar posibles fugas o cualquier irregularidad. Esto es particularmente importante cuando la perforadora está nueva. La perforadora ha sido equipada en la fábrica con un aceite hidráulico que contiene un color azul que ayudará en la detección de fugas.

4.2.9 Sistema eléctrico



Entre los chequeos que se deben realizar están:

- Interruptores y botoneras
- Luces piloto
- Corta corriente

4.2.10 Tren de rodado

El tren de rodado es un conjunto de piezas que se fabrican como conjunto y se gastan como conjunto el valor alcanza cercano al 40% del valor del equipo por lo tanto las malas prácticas aplicadas en los traslados, giros incorrecto, mal posicionamiento al estar cargando se acorta la vida útil la rodado, algunos componentes del tren de rodado: zapata, bastidores, rodillos, ruedas guías, motores de traslado.



4.2.11 Chequeo de sistemas

➤ Sistema de iluminación

Los sistemas de iluminación son básicamente los siguientes:

- **Alumbrado interno**

El equipo cuenta con iluminación interna, la que iluminara la cabina.

- **Luces en el tablero de instrumentos**

El tablero se encuentra completamente iluminado, el cual entregará información al operador del equipo sobre la advertencia de desperfectos, niveles y otros acontecimientos que se presenten

- **Alumbrado externo**

También cuenta con iluminación para la parte superior del equipo accesos y componentes.

- **Luces intermitentes de peligro**

El equipo cuenta con luces y alarmas de emergencia, las cuales se encenderán cuando el equipo detecte alguna falla en el sistema.

- **Luces de trabajo delanteras y traseras ajustables**

Luces frontales universales compuestas de altas y bajas densidad para traslado. Y luces de faena ajustable según las condiciones de trabajo y retroceso.

No se debe de trabajar de noche si esta quemada o no enciende una de los focos de trabajo

- **Faros delanteros**

Como todo equipo y/o vehículo este debe contar con luces alimentadas por corriente

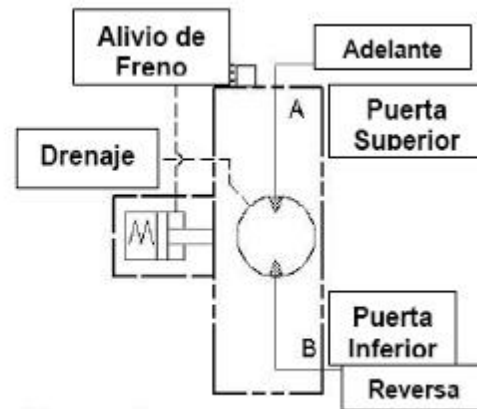
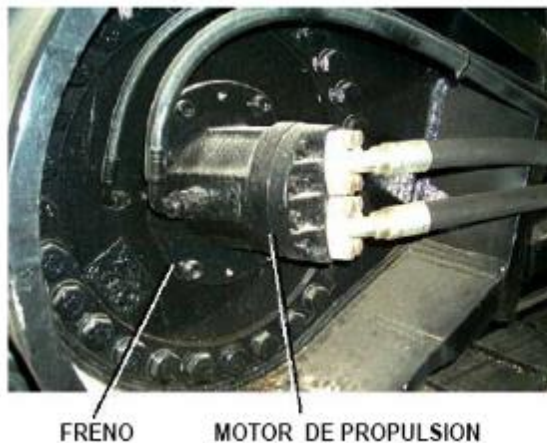
- **Luces de posición y parada**

El equipo cuenta con sus respectivas luces de aviso de estacionamiento

4.2.12 Sistema de dirección y freno

➤ Sistema de dirección

Los sistemas de dirección están compuestos por motores de propulsión que operan independientemente el uno del otro. El giro de la perforadora se hace mediante el movimiento de los controles de propulsión los cuales controlan la dirección de la rotación de las orugas del lado derecho y del lado izquierdo. De ésta forma, la perforadora puede girar sobre su eje cuando está operando en áreas confinadas.



Por lo tanto para la dirección de la perforadora el operador solo debe accionar el sistema de oruga izquierda para tener dirección hacia la derecha y el accionamiento del sistema de oruga derecha para tener dirección hacia la izquierda.

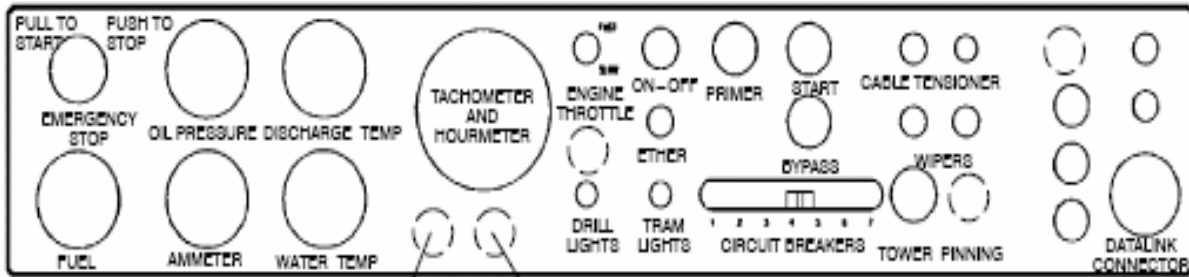
➤ Sistema de freno

El sistema de freno forma parte de la propulsión del equipo.

Dependiendo del fabricante del equipo, se pueden tener los siguientes tipos de frenos, los cuales deben ser revisados antes de operar la perforadora:

➤ Freno de parqueo

El interruptor encendido / apagado del freno de parqueo se usa para revisar los frenos antes de mover la perforadora. Aplique el interruptor con los frenos aplicados y la luz de precaución del freno de parqueo ROJA se encenderá. Suelte el interruptor del freno de parqueo para aliviar los frenos y la luz de precaución del freno de parqueo ROJA se deberá apagar.



Luz indicadora freno parqueo / Interruptor de freno de parqueo

Para revisar efectivamente el freno de parqueo, intente trasladar la perforadora desde una posición estacionaria con el interruptor del freno de parqueo en la posición encendido.

Esta revisión indicará la condición de los frenos. Los frenos trabajan apropiadamente si la perforadora no se puede mover.

Nota: Si la luz indicadora de los frenos se enciende mientras la perforadora está moviéndose, llame al personal de servicio para rectificar la causa.

No intente mover la máquina cuando la luz ROJA se mantiene encendida. En el modo propulsión, moviendo los controles de propulsión fuera de la posición neutra hará que la luz de los frenos se apague en tanto los frenos se alivian automáticamente.

NOTA: No aplique los frenos de parqueo cuando la perforadora esté en movimiento. Pueden ocurrir desgaste y daños severos en el freno.

➤ Freno hidrostático

- Observe el área alrededor de la perforadora por la presencia de personal y obstrucciones.
- Revise la correcta operación del sistema de los frenos hidrostáticos moviendo la perforadora hacia adelante y hacia atrás usando los controles de propulsión para alternadamente acelerar y frenar el movimiento de la perforadora.

Nota: El frenado debe ser suave y capaz de mantener la perforadora completamente detenida cuando los controles de propulsión se ponen en posición neutra. Si no es así, se debe contactar al personal de servicio inmediatamente.

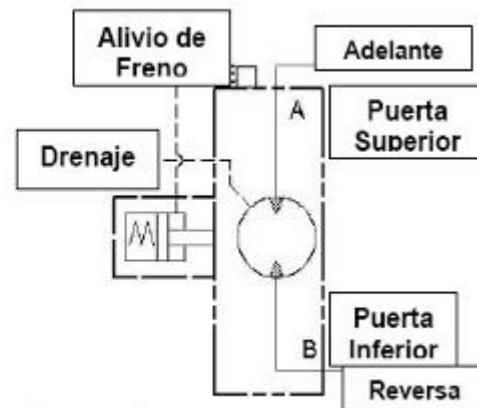
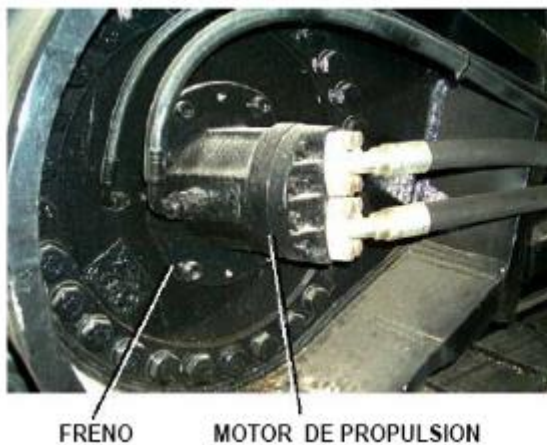
Nota: La perforadora está equipada con frenos aplicados por resorte los cuales automáticamente se aplican en el evento que el motor se detenga o una falla en una manguera que cause una pérdida de presión de alivio de frenos.

➤ Freno del motor de propulsión

Como no hay un sistema de frenos dinámico por fricción en una perforadora hidráulicamente operada, el freno se suministra por un mecanismo que evita que el motor hidráulico gire. Esto bloquea el mando final y evita que las orugas se muevan.

El freno del motor actúa mediante resortes y alivia hidráulicamente de múltiples discos, unidad de freno estático. Hay un perno en la unidad que fija entre el motor de propulsión y el mando final. En la operación normal, los resortes cargan los discos de freno para mantener el eje del motor sin girar. Este sistema de operación asegura que el freno será automáticamente aplicado si el aceite no es suministrado a la puerta del freno.

El freno es aliviado suministrando aceite a su puerta. La presión empuja los resortes para aliviar la carga en los discos de freno. Esto permite girar al eje del motor. El freno se mantendrá aliviado mientras se le esté suministrando presión.



➤ Freno dinámico por fricción

4.2.13 Sistema de comunicación

Existe un sistema de planificación dinámica (sistema de despacho) que dirige y controla los movimientos de los equipos de carguío y transporte en forma remota, con el objetivo de cumplir diariamente con el programa de extracción. Este sistema se basa en tecnología computacional, y efectúa la combinación de los diferentes frentes de carguío, el tipo de material y sus destinos, y los equipos asociados al movimiento de material (palas y camiones), todo lo cual obedece a una programación diaria que es manejada por los ingenieros a cargo de la mina.



La coordinación de las actividades en el rajo se realiza con la ayuda de un moderno sistema computacional que procesa la información que envían los sensores instalados en las máquinas y camiones.

Este sistema permite obtener información al momento acerca de los equipos que:

- Están trabajando.
- Están detenidos por diferentes causas (esperando carguío o transporte, operador en colación, cargando combustible, etc.).
- Están en mantención.

También se obtiene la información de producción como por ejemplo: toneladas cargadas, tiempo de traslado, tiempos de espera, cantidad de combustible, velocidad, ubicación, etc.

La información obtenida permite ir tomando decisiones durante el proceso, de manera de realizar un trabajo eficiente y seguro, logrando las metas propuestas y optimizando los recursos.

Las instrucciones y comunicaciones directas entre los distintos operadores y profesionales en la mina, se efectúan mediante radios de comunicación portátiles o instaladas en los equipos, las que están sintonizadas en una frecuencia definida para cada área de trabajo.

No se debe olvidar que las radios de dos vías son instrumentos de trabajo y el mal uso lo puede llevar a sanciones administrativas. En algún momento el mal uso de la radio podría atentar contra los valores de la compañía.

4.2.14 Sistema de perforación

Debe efectuarse un control permanente (Check List), de las partes críticas de los sistemas, que comprometen la eficiencia de los equipos de perforación; los cuales, deben encontrarse en buenas condiciones, antes de comenzar la operación.



La perforación cuenta con 5 sistemas básicos del equipo de perforación estos son:

- 1) Sistema de propulsión
- 2) Sistema de suministro de energía
- 3) Sistema de rotación
- 4) Sistema de empuje y elevación
- 5) Mástil o cambiador de barras



4.2.15 Montaje y sistemas de propulsión.

Hay dos sistemas de montaje para las perforadoras rotativas: sobre orugas y sobre neumáticos, los factores que influyen en la elección de un tipo u otro son las condiciones de terreno y el grado de movilidad requerido. Las perforadoras montadas con orugas de teja, tipo tractor, son útiles en terrenos difíciles y accidentados, sin embargo su principal inconveniente es su baja velocidad de traslación. Pero en las grandes operaciones de equipos se desplazan poco debido a que perforan gran cantidad de taladros en un solo nivel.

4.2.16 Fuentes de energía

Las fuentes principales de energía pueden ser: motores diésel o eléctricos. Las perforadoras con un diámetro de perforación por encima de los 9" (230mm) están generalizadas en empleo de energía eléctrica a media tensión, alimentando la perforadora con corriente alterna mediante cable de cuatro conductores con recubrimiento de goma.

4.2.17 Sistemas de rotación

Con el fin de hacer girar las barras y transmitir el par, las perforadoras llevan un sistema de rotación montado generalmente sobre un bastidor que se realiza a lo largo del mástil de la perforadora. El sistema hidráulico consiste en un circuito cerrado con la bomba de presión constante y un convertidor de par con el que se logra variar la velocidad de rotación del motor hidráulico, situado en la cabeza situada en la cabeza de sarta de perforación.

4.2.18 Sistemas de empuje y elevación

Para obtener una buena velocidad de penetración en la broca es preciso un determinado empuje, que depende tanto de la resistencia de la roca como del diámetro del barreno que se pretende perforar. Como el peso de las barras no es suficiente para obtener la carga precisa, se hace necesario aplicar fuerzas adicionales que suelen transmitirse casi exclusivamente a través de energía hidráulica.

Existen básicamente cuatro sistemas:

- Cremallera y piñón directo.
- Cadena directa.
- Cremallera y piñón con cadena.
- Constituido con uno o dos cilindros accionados hidráulicamente.

4.2.19 Mástil o cambiador de barras

La estructura del mástil que soporta las barras y la cabeza de rotación, debe estar diseñada para resistir las flexiones debidas al peso, el esfuerzo de empuje y las tensiones originadas por el par de rotación. La perforación inclinada suele ser perjudicial por los esfuerzos de fatiga a los que se somete al mástil y a las barras, además de la disminución de la capacidad de empuje y dificultad en la evacuación del detritus.



4.2.20 Sistema de avance y rotación

El sistema de avance es la forma o el esquema el cual se ataca la sección de un túnel, galería, dependiendo de diferentes factores como:

- Equipo empleado
- Tiempo para la ejecución
- Tipo de roca a enfrentar
- Tipo de sostenimiento
- Sistema de ventilación

El sistema de rotación comprende los siguientes componentes

- Ensamblaje rotatorio
- Sarta de perforación
- Herramienta de corte y o fractura

El sistema de rotación por el fluido de perforación se inyecta a alta presión desde el cabezal a la herramienta de corte el mecanismo impulsor es una bomba de pistones.

El sistema de rotación tiene como primordial función es hacer girar el elemento cortante a fin de penetrar en la corteza

4.2.21 Sistema mecánico

El sistema mecánico en la perforación hoy en día no es muy utilizado se emplean en algunos equipos antiguos consiste en una serie de correas, cadenas, poleas, piñones dentados, y engranajes.

4.2.22 Sistema de lubricación

Sistema centralizado de lubricación garantizando la seguridad lubricación ya no se tiene que dejar de perforar para engrasar manualmente ahorro de horas al año de engrases con este sistema, alargando al vida útil del componente a la vez se monitorea en la pantalla



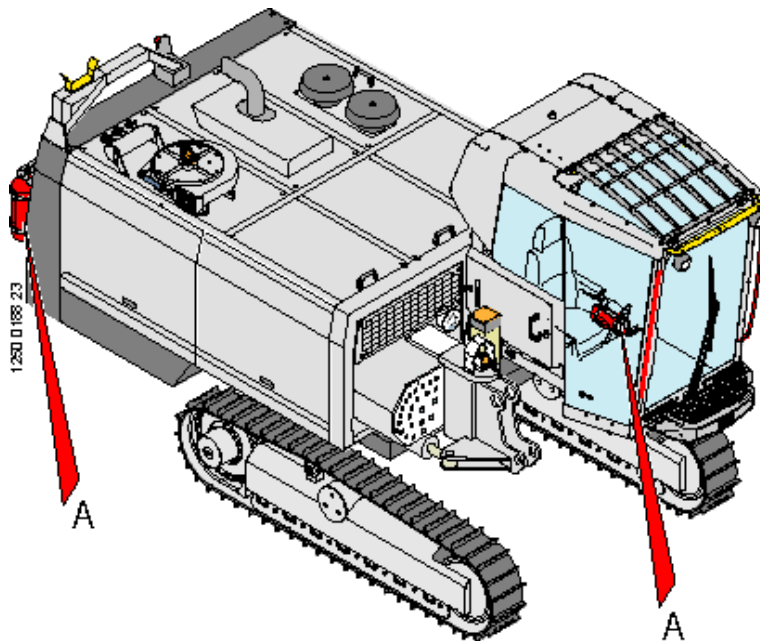
4.2.23 Sistema aire acondicionado

Con un sistema exclusivo en la cabina de operación es fundamental durante la operación con temperaturas altas.



4.2.24 Sistema contra incendios

Un sistema instalado en el equipo de una capacidad de funcionamiento muy preciso y amplio con una distribución en todas las partes donde se puede producir altas temperaturas que pueden llevar a que se produzca un incendio actuando automáticamente por la alta temperatura en algún punto.



4.2.25 Sistemas de supresión de polvo

La técnica de control de polvo en las operaciones de perforación rocas se divide en dos grandes grupos.

- Vía húmeda
- Evacuación en seco



- **Vía húmeda**

Es el equipamiento de las perforadoras con sistema de inyección de agua, el primer paso para el control de la silicosis.

El método consiste en la introducción de agua a través de la barrena hueca hasta el fondo de la herramienta que está perforando consiguiendo la fijación del polvo **“garantizando el suministro de agua”**



- **Evacuación en seco**

Es cuando el análisis de las diferentes condiciones técnicas de una labor desaconseja la vía húmeda, como sistema de barrido y por consiguiente como sistema de control de polvo se hace necesario dotar de equipos captadores de polvo que eliminen este a la salida de la boca del taladro.



4.3 Capítulo III Detección de síntomas de fallas en la operación del equipo

4.3.1 Interpretación de alarmas

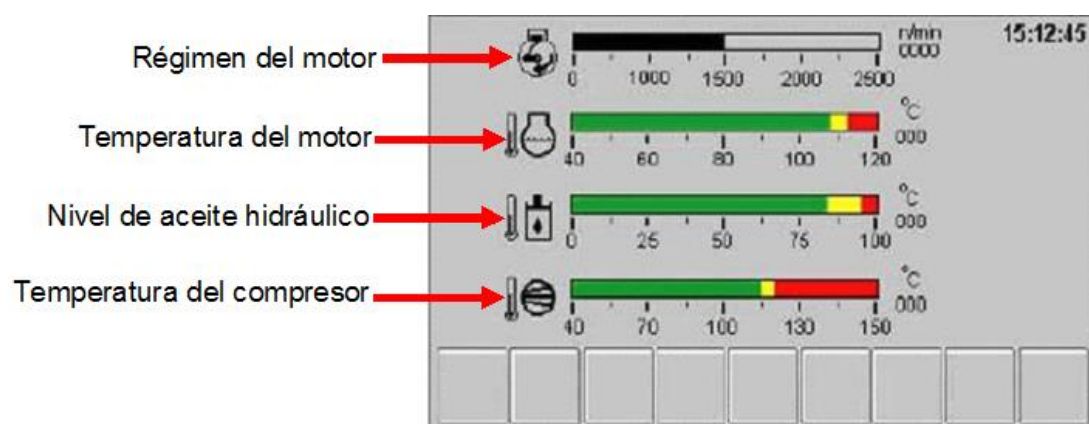
El operador debe de estar preparado para reconocer una alarma saber interpretarla, reconocer el evento determinado y tomar la decisión adecuada.

4.3.2 Tipos de alarmas

Existen alarmas sonoras acompañadas de destello de luz.

Existen alarmas solamente de luz

Existen las categorías de advertencia con sus respectivos niveles necesidades del equipo.



4.3.3 Parámetros de los sistemas

Por ningún motivo operar el equipo fuera de parámetros según fabrica como:

- Temperatura mínima y máxima
- Presión mínima y máxima
- Flujo mínimo y máximo
- Caudal mínimo máximo
- Velocidad mínima y máxima
- Niveles mínimo y máximo

4.3.4 Elementos de desgaste

Los elementos de desgaste tienen su vida útil y se puede calcular en horas de trabajo.

Cuando no se aplican las técnicas adecuadas su vida útil se ve disminuida, algunos elementos en las perforadoras son:

- **Engranaje**



- **Rodado**



- **Barras**

El desgaste de la barra va a depender de factores como:

- Tipo de roca
- Velocidad de barrido del cutting
- Pulldown
- Espacio anular
- Nivelación de los gatos hidráulicos
- Uso de amortiguador, anillo guía y estabilizador
- Manipulación, traslado, etc.

Los desgastes sufridos por las barras, en condiciones normales de operación, se enmarcan dentro del fenómeno denominado “punta de lápiz” y que está regido por un desgaste, o pérdida de diámetro, mayor hacia el extremo inferior de la barra, aquel que va acoplado al amortiguador, si es el caso, o al adaptador de barra y broca.

Otros problemas presentados por las barras, son; torceduras de barras, fricción o engranamiento y el desgaste de hilos, problemas típicos de las barras y suelen producirse por fallas operacionales, siendo las más comunes:

- Desvíos de la tubería por mala estabilización
- Golpe de las barras o tuberías
- Carro descentrado
- Desnivelaciones
- Caída de barras dentro del pozo
- Mal acople de los hilos
- Falta de grasa adecuada para los hilos

Desgaste uniforme de las barras de perforación

Un desgaste uniforme de las barras de perforación, se consigue alternando sistemáticamente las posiciones de las barras en la columna, de modo que si en la perforación de un pozo, la barra A está en el primer lugar (junto al bit o tricono), en la siguiente perforación (de otro pozo) debe o tendría que ser la última, y así sucesivamente. De esta forma, cada barra que es sometida a un esfuerzo fuerte y prolongado, “descansará” en la perforación del siguiente pozo.

Incorporación de barras externas

Si la profundidad de los tiros son de “n” barras, se debe tener “n+1” o “n+2” barras. Con esto se consigue prolongar la vida útil del conjunto de barras más allá de la fatiga o fractura prematura de uno de sus elementos. Esto es muy importante, ya

que no es recomendable mezclar componentes nuevos con los antiguos en la operación.

Para esto puede ser necesario el uso de “Caballetes o Bastidores” para la ubicación de las barras, para ser situados cerca de la perforadora, permitiendo mantener las barras en posiciones determinadas de acuerdo con el orden en que se van empleando, haciendo posible además una correcta mantención.

Alineación

De una mala o buena alineación de la perforadora va a depender en cierto grado el resultado de los rendimientos de perforación y los desgastes presentados por las herramientas que conforman la sarta de perforación.

La nivelación o alineación de la perforadora es controlada o ajustada por el perforista una vez que sitúa la perforadora en el lugar donde perforará cada pozo. Esta maniobra, consistente en la retracción o prolongación de los gatos hidráulicos dispuestos en la máquina. Debe ser realizada con la mayor precisión posible puesto que desajustes en la nivelación pueden provocar el desgaste prematuro de la barras por roce contra las paredes del pozo de perforación y flexiones innecesarias que disminuyen su vida útil.

Además del desgaste y disminución de la vida útil de las barras de perforación, se produce la pérdida de la verticalidad del pozo, fallas prematuras en la broca o tricono y desgastes prematuros de las demás herramientas de perforación como: estabilizador o adaptador, anillo guía, etc.

Martillo



4.3.5 Pérdida de potencia o fuerza

En las palas eléctricas no es común esta situación debido a que este equipo solo necesita alimentación eléctrica es decir hay corriente o no hay corriente

4.3.6 Informar fallas

Entre las fallas típicas asociadas a los principales sistemas del equipo se pueden encontrar las siguientes, las cuales están estructuradas sólo como una ayuda al operador, para que conozca la causa de los problemas a los que pudiera verse enfrentado y actúe en consecuencia.

Estas fallas deben ser informadas inmediatamente a personal de mantenimiento y supervisores.

En este capítulo se presenta una guía resumida de fallas típicas asociadas a los principales sistemas del equipo, la cual se ha estructurado sólo como una ayuda al operador, para que conozca la causa de los problemas a los que pudiera verse enfrentado y actúe en consecuencia.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN
Motor no parte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo voltaje de baterías 2. Motor de partida defectuoso. 3. Bajo nivel de combustible. 4. Desgaste motor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar baterías, bornes. 2. Inspecciona motor de partida, cables sueltos. 3. Inspecciona nivel de combustible. 4. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
Motor gira pero no arranca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo nivel de combustible 2. Filtros de combustible saturados. 3. Bomba de transferencia combustible defectuosa. 4. bajo voltaje 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el nivel de combustible llame a su supervisor si es necesario. 2. Notifique a mantenimiento. 3. notifique a personal de mantenimiento. 4. Revise bornes sueltos, llame a personal de mantenimiento.
Motor arranca, pero ratea	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gobernador defectuoso 2. Inyectores defectuosos 3. Filtros saturados. 4. Baja presión de combustible. 	<ol style="list-style-type: none"> 5 Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
Motor con baja potencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gobernador defectuoso. 6 Inyectores defectuosos. 7 Baja presión de combustible. 8 filtros saturados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Notifique a mantenimiento y a los supervisores
Alta temperatura de trabajo del motor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo nivel de refrigerante 2. Radiador obstruido. 3. Filtro de aire saturado 4. bomba de agua en mal estado 5. termostatos defectuosos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN
Desperfecto del sistema hidráulico	1. El sistema no produce presión. a. Desperfecto de la válvula de control. b. Válvula del tubo de succión cerrada. c. Bajo nivel de aceite del sistema. d. Filtración externa en el sistema. e. Filtros sucios. f. Tuberías o respiradero obstruidos. g. Fluido demasiado frío. h. Falla del acoplamiento de accionamiento de la bomba. i. Válvula de presión máxima y descarga ajustadas en un valor demasiado bajo. j. Bomba dañada.	1. Revise el nivel en el reservorio de aceite hidráulico. 2. Asegúrese de que esté operando el motor principal. 3. Avise a mantenimiento y a los supervisores.
	2. Ruido excesivo de la bomba hidráulica. a. Cavitación de la bomba. b. Aire en el fluido. c. Eje desalineado. d. Falla mecánica en la bomba.	1. Vea No. 1 anterior (el sistema no logra acumular presión). 2. Avise a mantenimiento y a los supervisores.
	3. Calor excesivo en el sistema. a. Cavitación de la bomba. b. Aire en el fluido. c. Fluido contaminado.	1. Vea No. 1 anterior (el sistema no logra acumular presión). 2. Avise a mantenimiento y a los supervisores.
Desperfecto de los soportes de barra de la perforadora	1. Funciona con demasiada lentitud o rapidez. a. Válvula de aguja desalineada.	1. Avise a mantenimiento y a los supervisores.
Desperfecto del sistema de aire	1. La unidad arranca, pero se detiene después de un corto tiempo. a. Altas temperaturas de descarga de aire.	1. Revise si el nivel de aceite del compresor es bajo. 2. Revise la ventilación de la unidad y/o el enfriar de aceite. 3. Si están conectados, revise los amortiguadores opcionales de la admisión y el escape para climas fríos estén operando adecuadamente. 4. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN
	2. Excesivo consumo de aceite. a. El aceite se pasa por la tubería de descarga. b. El aceite se filtra en las conexiones y empaquetaduras.	1. Revise si hay tuberías de retorno de aceite están obstruidas, rotas o sueltas. 2. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	3. Suministro y presión bajos en el compresor. a. Filtro de aire obstruido. b. Válvula de admisión rota. c. Resorte de válvula de admisión roto. d. Pistón de válvula de admisión trabado.	1. Revise y reemplace el filtro de aire si es necesario. 2. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
Desperfecto en el sistema de lubricación automática	1. Falta de grasa en la serie de inyectores. a. Manguera(s) de suministro obstruida(s) o rota(s). b. Múltiple bloqueado.	1. Revise el tanque de grasa y reponga según sea necesario. 2. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	2. Grasa inadecuada en los puntos de lubricación. a. No hay suministro de grasa. b. Viscosidad incorrecta. c. Filtración en tuberías. d. Bomba de grasa defectuosa.	
	3. La bomba de grasa funciona, pero el ciclo no se completa. a. Ajuste de interruptor de presión incorrecto. b. Interruptor de presión defectuoso. c. Válvula de ventilación defectuosa.	
Desperfecto en el sistema de nivelación	1. Los cilindros se deslizan hacia abajo. a. Filtración hidráulica interna. b. Filtraciones de anillo del pistón del cilindro. c. Cilindro rayado. 2. Los gatos funcionan de manera lenta o errática. a. Aire en el sistema hidráulico. b. Derivación interna o filtraciones en el sistema hidráulico. c. La elevación de la máquina excede los límites.	1. Los problemas con el sistema de nivelación son casi siempre provocados por fallas en el sistema hidráulico o en el circuito de control eléctrico. Consulte <i>Desperfecto del sistema hidráulico</i> en esta tabla. 2. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN
Desperfecto en el área de la torre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Saltos de la torre mientras se levanta o baja. <ol style="list-style-type: none"> a. Aire atrapado en los cilindros. b. Válvula de contrapeso defectuosa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Purgue el aire de los cilindros subiendo y bajando alternativamente (consulte la sección 6.5, <i>Tareas del operador: Subida y bajada de la torre</i>). 2. Haga correr los cilindros en toda su carrera. 3. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	<ol style="list-style-type: none"> 2. Movimiento errático de cilindro(s) hidráulicos. <ol style="list-style-type: none"> a. Aire atrapado en cilindro(s) y/o circuito hidráulico. b. Mecanismo trabado. c. Desperfecto del circuito de control hidráulico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
Desperfecto de la maquinaria rotatoria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de fuerza rotatoria. <ol style="list-style-type: none"> a. No existe presión hidráulica para accionar el motor. b. Motor o piñón de accionamiento defectuoso. c. Caja de engranajes rotatoria dañada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	<ol style="list-style-type: none"> 2. Insuficiente potencia rotatoria. <ol style="list-style-type: none"> a. No existe presión hidráulica para accionar el motor. b. Motor o piñón de accionamiento defectuoso. c. Caja de engranajes rotatoria dañada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN
Desperfecto del huinche de desconexión	<ol style="list-style-type: none"> La grampa del huinche de desconexión no opera. <ol style="list-style-type: none"> Mecanismo trabado. Desperfecto del circuito de control hidráulico. Desperfecto del cilindro hidráulico de la grampa. El brazo del huinche de desconexión no oscila. <ol style="list-style-type: none"> Mecanismo trabado. Desperfecto del circuito de control hidráulico. Desperfecto del cilindro hidráulico de oscilación. 	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccione si hay pasadores de pivote de la grampa rotos o trabados. Inspeccione si hay pasadores de pivote de cilindro de la grampa rotos o trabados. Inspeccione si las tuberías hidráulicas para los cilindros de la grampa tienen filtraciones y/o conexiones sueltas. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	<ol style="list-style-type: none"> La grampa del huinche de desconexión no gira. <ol style="list-style-type: none"> Mecanismo trabado. Desperfecto del circuito de control hidráulico. Desperfecto del cilindro hidráulico de torsión. 	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccione si hay pasadores de pivote de cilindros de torsión rotos o trabados. Inspeccione si hay bujes de pasadores de cilindros de torsión gastados o raspados. Inspeccione si las tuberías hidráulicas para los cilindros de torsión tienen filtraciones y/o conexiones sueltas. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	ACCIÓN
Desperfecto del sistema de inyección de agua.	<ol style="list-style-type: none"> La bomba no funciona. <ol style="list-style-type: none"> No hay agua en el tanque. Aire de barrena apagado. Perforadora en el modo <i>Propulsión</i>. Presión de aire de barrena insuficiente. No hay energía para la bomba. Interruptor de presión de barrena defectuoso. Bomba o motor de bomba defectuoso. 	<ol style="list-style-type: none"> Revise el nivel de agua en el tanque y rellene si es necesario. Encienda el aire de la barrena. Coloque la perforadora en el modo <i>Huinche</i> o <i>Perforación</i>. Investigue la causa de una baja presión de aire de la barrena y corrija la deficiencia. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	<ol style="list-style-type: none"> La bomba funciona erráticamente. <ol style="list-style-type: none"> Válvula de presión máxima defectuosa. Desperfecto del circuito de control o bajo voltaje. Bomba o motor de bomba defectuoso. 	<ol style="list-style-type: none"> Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	<ol style="list-style-type: none"> Bajo flujo de agua. <ol style="list-style-type: none"> Filtración en mangueras o conexión. Válvula de control de flujo defectuosa. Potenciómetro de control defectuoso. Entrada de bomba obstruida. Bomba o motor de bomba defectuoso. 	<ol style="list-style-type: none"> Revise la condición de las mangueras y la firmeza de las conexiones. Notifique a mantenimiento y a los supervisores.
	<ol style="list-style-type: none"> Se está agregando agua al aire de la barrena con la bomba apagada. <ol style="list-style-type: none"> Válvula de retención defectuosa. 	<ol style="list-style-type: none"> Notifique a mantenimiento y a los supervisores.

4.3.7 Fallas comunes en los aceros de perforación.

Es bien conocido que los metales son más sensibles de fallar bajo cargas de trabajo estáticas que bajo cargas de trabajo dinámicas. Los aceros tienen la capacidad de absorber cargas dinámicas o ciclos de esfuerzos de trabajo por un número infinito de veces, siempre que los esfuerzos aplicados se mantengan dentro de los límites de resistencias que les corresponde, esto se observa en el gráfico que es un simple ejemplo del comportamiento del acero bajo cargas de trabajo aplicadas y su comportamiento durante los ciclos de trabajo alternados o repetitivos



El gráfico adjunto muestra una proporción entre los esfuerzos aplicados y la resistencia del acero, esta proporción se observa entre el punto O y el punto A.

En el eje “y” se representan las cargas o esfuerzos aplicados. En el eje “x” se representan los ciclos de trabajo. La recta “O” “A” representa la resistencia del acero bajo cargas de trabajo si la tensión no supera el punto “A” cualquier cantidad de ciclos no causará fallas. A partir del punto “A” hasta “B” la recta se horizontaliza, se dice que el acero ha dejado de resistir y ha pasado desde el punto de elasticidad al punto de plasticidad, a partir del punto “B” de la recta el colapso del acero será inminente solo depende del tiempo en que esta condición se mantenga

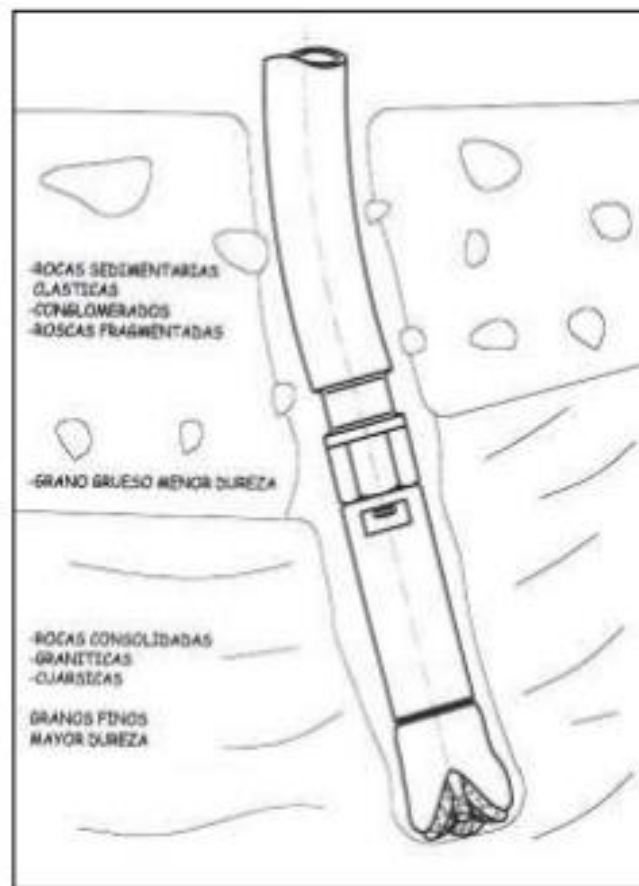
Daños y fallas por fatigas que afectan a las barras de perforación.

Las velocidades críticas de rotación y altas cargas de empuje sobre la herramienta de perforación causan vibraciones y a menudo son las causantes del rápido deterioro de las barras, sea por desgastes excesivos o fallas por fatigas. Está comprobado que bajo condiciones críticas de perforación, sea por formaciones duras y por derrumbes de pozos se requiere aplicar una mayor potencia del

equipo a los aceros de perforación, esta necesidad de aplicar mayor potencia del equipo a los aceros es la evidencia de que los operadores están trabajando bajo condiciones críticas.

Fallas por tracción.

Las fallas por tracción se pueden producir mientras se está tirando de las barras de perforación aprisionadas en un derrumbe del pozo. En la medida que el esfuerzo de tracción sobre las barras exceda el límite de fluencia del acero el metal tiende a deformarse gradualmente concentrando la mayor tensión del esfuerzo aplicado sobre las paredes más delgadas de la barra o la zona de fondo de los hilos, estas son las zonas de mayor concentración de tensiones.



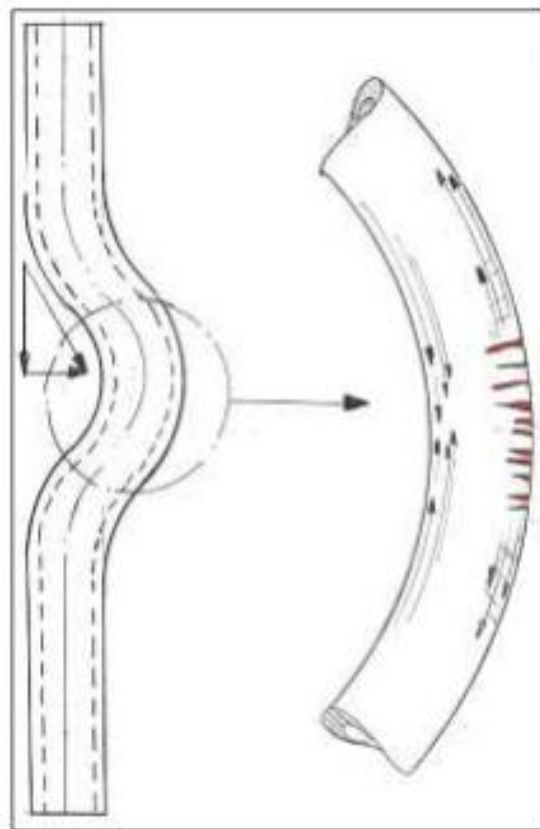
Fallas Por Fatiga

La falla por fatiga es la más común entre las barras de perforación, también está visto y demostrado que es la menos comprendida por los operadores y en general por la gente ligada a la perforación, generalmente los análisis y conclusiones a los que llega la gente en terreno son incorrectas porque se confunden las causas y efectos que actúan en un proceso de fatiga.

En primer término se debe tener siempre presente que una fatiga y ruptura es un proceso que evoluciona en el tiempo, la rapidez de inicio y termino de un proceso fatiga y ruptura depende solamente de las condiciones extremas en que se está desarrollando, un ejemplo característico e inevitable de un proceso de fatiga y ruptura que está en desarrollo y que solo es cosa de tiempo para que se produzca el colapso es la curva de pandeo extrema a la que se somete la columna de perforación cuando la zona de perforación es dura , alterada, con fallas o grietas.

También se generan fatigas de material cuando las condiciones mecánicas de los equipos no son las más adecuadas tal es el caso de las torres de perforación deformadas, con desviaciones o desnivelaciones, tornamesas de trabajo defectuosas, con desgastes, cremalleras o correderas de cabezales con desgastes etc.etc.

Las barras de perforación son fabricadas con aceros con un alto punto de fluencia a la torsión, tracción y compresión, por lo tanto soportaran los esfuerzos aplicados mientras estos estén dentro de sus límites de ruptura o de fluencia elástica



Debemos insistir en que el mecanismo de falla por ruptura es progresivo en el tiempo, su proceso comienza con una pequeña deformación submicroscópica de los átomos del acero y producto de esfuerzos mecánicos alternados se genera

calor , bajando la resistencia cohesiva de los componentes de la estructura del acero, este fenómeno a su vez va formando micro fisuras que se van uniendo progresivamente hasta hacerse visibles, la dirección que la grieta toma es transversal al eje del cuerpo que está siendo afectado, esta es la razón por la cual las fallas ocasionadas por grietas producidas por fatigas siempre son circunferenciales.

En todo acero de perforación la composición química, su micro estructura, la terminación mecánica de sus superficies y las propiedades mecánicas del acero determinan su límite de fatiga.

De manera aproximada el acero de las barras de perforación tiene una resistencia a la fatiga igual a la mitad de su resistencia a la tracción, por otro lado las entalladuras producidas por la forma geométrica de su diseño también tienen un gran efecto sobre su resistencia a la fatiga.

Las barras de perforación y los adaptadores superiores, intermedios o de otro tipo sometidos a ciclos de esfuerzos de tracción, compresión están, pandeo, torsión y flexión.

Los esfuerzos más críticos son los de compresión y pandeo, la magnitud de cualquier esfuerzo se acrecienta por efecto de las vibraciones, las que a su vez son las causantes de los sobre aprietes de hilos en las columnas de perforación, de aquí la importancia de contar con un buen diseño de amortiguador de impactos y vibraciones.

Una interpretación negativa de una falla producida por fatiga es que el acero se cristaliza, en realidad todos los aceros tienen una estructura cristalina, en el caso de las fallas el tamaño de los cristales no varía y la ruptura o grieta es transversal a los planos del cristal, la apariencia frágil que resulta de la estructura se debe al trabajo de endurecimiento en la superficie de la fractura. Dentro de las principales recomendaciones para un adecuado uso de las barras de perforación se deben considerar las siguientes.

- Al iniciar la perforación las R.P.M. y el PullDown deben ser lentos permitiendo que la columna se estabilice y así reducir las curvas de deformación por pandeos.
- El control de la empatadura lenta y progresiva es recomendable mantenerla hasta los primeros dos metros de profundidad.
- Los puntos de apoyo de la columna que reducen el pandeo y las vibraciones son, la pared de la perforación, la mesa de trabajo con su anillo guía y el cabezal de rotación del equipo.

Está comprobado que una mala empatadura de la perforación solo generará tiros torcidos, tensionando de manera permanente la columna de perforación, la herramienta de también se ve afectada ya que su rotación o giro no será uniforme

PROBLEMA	ORIGEN	SOLUCION
Desgaste prematuro de hilos	Excesiva rotación, excesivo PullDown, falta de lubricación, baja frecuencia de lubricación, desalineamiento de cabezal.	Bajar rotación y Pull Down al mínimo, aumentar frecuencia de lubricación, corregir desviación de cabezal de rotación.
Ruptura de hilos Pin y fisuras en hilos Box	Pandeo excesivo en la columna, golpes contra la llave de servicio.	Reducir PullDown al inicio de la perforación, no aplicar torque a la unión de barras para evitar el sobre apriete y posterior golpe contra la llave de servicio.
Dobladura de barras	Movimiento del equipo con barras en el pozo, desviación de cabezal de rotación, torres desniveladas, exceso de Pull Down con barras gastadas.	Antes de mover el equipo asegurarse de retirar las barras del pozo, corregir desviación de cabezal de rotación, corregir verticalidad de torre y confirmar con niveles de cabina, reducir PullDown con barras gastadas y sobre todo en formaciones duras.
Cortadura de barras	Pull Down excesivo con barras gastadas, pandeo extremo en barras gastadas, entalladuras por roce en el acero.	Reducir PullDown con barras gastadas y sobre todo en formaciones duras, retirar del equipo barras que con entalladuras ocasionadas por fricción contra rocas duras.
Ruptura de anillos guías	Golpes contra barras torcidas, golpes contra Deck Hole con deformaciones o desgastes.	Retirar barras torcidas de la perforadora, reparar Deck Hole.
Desgastes asimétricos de anillos guías	Perforación con barras torcidas, anillos trabados por suciedad interior, sedimentos en el interior, Deck Hole en mal estado.	Retirar barras torcidas de la perforadora, reparar Deck Hole, retirar y destrabar anillos guías con líquidos lubricantes.
Amortiguadores en mal estado	Desgastes de piezas, fugas de aire, montaje defectuoso.	Retirar amortiguador y reemplazar por uno en buen estado, corregir montaje.
Vibraciones en la columna	Tricono en mal estado, Tricono Inapropiado, formación demasiado dura, falta de PullDown, exceso de rotación.	Cambiar tricono, instalar tricono apropiado, aplicar PullDown gradualmente, reducir rotación gradualmente.
Sobre apriete en hilos	Vibraciones en la columna, pandeos excesivos, falta de lubricación en los hilos.	En columna single pass desacoplar barras cada dos turnos para eliminar tensión de los espejos y reengrasar.
Daños en hilos de triconos	Acoplamiento defectuoso, desalineamiento de la columna, mesa desnivelada, llave corta triconos en mal estado, golpes contra los hilos.	Controlar alineamiento de cabezal de rotación, reducir avance y rotación al mínimo, verificar estado de Deck Hole y de llave corta triconos y corregir de ser necesario.
Desviación de tiros	Empatadura defectuosa, desnivelación de torre, torre torcida, gatos hidráulicos defectuosos.	Corregir nivelación de torre y verificar con niveles de cabina, reparar defectos en torre de perforación, corregir defectos en gatos hidráulicos.
Atrapamiento de columna dentro del pozo	Perdida de aire a través de grietas, formación de lodo en el fondo del pozo, derrumbe de pozo, escariado de las paredes del pozo.	Injectar agua o aditivos a la perforación para estabilizar y /o sellar las paredes, repasar la perforación para limpiar el fondo del pozo, retirar estabilizador para eliminar escariado de pozo en formaciones blandas, gravas, arcillosas o sedimentarias.
Desgastes prematuros en barras	Columna torcida dentro del pozo, pozo desviado, desnivelación de equipo, exceso de presión de barrido.	Retirar columna torcida, controlar Pull Down al iniciar la perforación, controlar estabilidad del piso de la perforadora, regular aire de barrido en el compresor o nobles de los triconos.

Actividad N°10: Comparación de equipos

Lo que hay que hacer

En grupos, los participantes deberán elegir un modelo de perforadora de bolones específico y buscar la mayor cantidad de información en relación a su estructura y funcionamiento (web/bibliografía técnica/catálogos/manuales). Luego deberán confeccionar una presentación, indicando en forma muy resumida, los principales sistemas que lo conforman, sus principales características y diferencias con los modelos elegidos por los otros grupos.

Para qué sirve

A través de la realización de esta actividad, los participantes podrán aplicar los contenidos desarrollados hasta el momento, así como también recurrir al trabajo en equipo.

Materiales

- Lápices
- Hojas
- Conexión a Internet
- Acceso a Bibliotecas
- Acceso a Manuales/Catálogos de Equipos

Manos a la obra

Según lo revisado hasta el momento y aplicando los conocimientos de estructura y funcionamiento de la perforadora de bolones, se deberá discutir, analizar y confeccionar una presentación resumida considerando un equipo específico, y luego será expuesto en clases hacia el curso.

Puesta en común

El instructor le pedirá a un representante por grupo que comente las conclusiones y acuerdos a los que llegaron, comparando las respuestas entre los grupos, indagando el nivel de dificultad de la actividad y qué se aprendió de ella.

Finalmente, cada grupo deberá entregar la presentación que generaron, con el detalle de integrantes que participaron en su elaboración.



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

SOCIOS CCM



Una iniciativa de:

Con la asesoría experta de:

