



PABLO JAVIER RODRIGUEZ
ID UB20986SIN29085

NOBRE DEL CURSO:

**INDUSTRIAL INSTRUMENTATION
DRILL MAINTENANCE**

FECHA: 05 DE ABRIL DEL 2013
LUGAR: SAN JUAN - ARGENTINA

ATLANTIC INTERNACIONAL UNIVERSITY

Índice

INTRODUCCIÓN INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL Y SISTEMAS

CAPITULO 1. Sistema motor diesel

CAPITULO 2. Sistema estructura

CAPITULO 3. Sistema Hidráulico

CAPITULO 4. Sistema de traslación y posicionamiento

CAPITULO 5. Sistema de perforación

CAPITULO 6. Sistema de barrido

CAPITULO 7. Sistema control de incendio

CAPITULO 8. Sistema cabina

CAPITULO 9. Sistema de lubricación

CAPITULO 10. Sistema funciones auxiliares

INTRODUCCIÓN INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL Y SISTEMAS

Los instrumentos de control en una industria son variados, desde los mas sofisticados sistemas electrónicos con lazos de control, señales digitales y algoritmos de resolución hasta los instrumentos mas sencillos como manómetros, o indicadores de sonido, todos son instrumentos de control de equipos, plantas, etc. Pero para que tenemos esta instrumentación por ejemplo como en este caso en un equipo de perforación minero? Básicamente se utilizan para controlar el funcionamiento integrado de los distintos sistemas del equipo, para ello veremos cada uno de los sistemas y la relación con su **instrumentación**.-

Perforadoras DMM2

La flota de perforación de Veladero está compuesta por diez perforadoras móviles principales: cuatro *Drilltech D90*, dos *Atlas Copco Pit Viper 271* y cuatro *Ingersoll Rand DMM2*. Estas perforadoras son las encargadas de plasmar en el terreno el diseño de las mallas para voladura. El diseño de las mallas de voladura especifica la distancia entre los pozos y la profundidad de los mismos, estos diseños son cargados en un sistema GPS que le indica al operador el lugar exacto de cada pozo.

Las perforadoras *Ingersoll Rand DMM2* tienen como función realizar pozos de un diámetro de 10-5/8" por medio de un sistema de rotación y avance, pudiendo acoplar dos barras para alcanzar una profundidad máxima de 18 metros.



Figura 1. Perforadora Ingersoll Rand DMM2

La potencia para todas las funciones de la perforadora esta proporcionado por un motor de combustión interna diesel Caterpillar 3412. Este se acopla a una caja de transferencia (PTO) que, con una relación de 1,048:1, acciona tres bombas hidráulicas (dos bombas principales y una bomba doble). Estas bombas proveen el caudal de aceite a presión necesario en los sistemas hidráulicos de la perforadora. El motor diesel es enfriado por circulación de refrigerante.

El aceite hidráulico proveniente de las bombas principales acciona según los requerimientos de la operación a los sistemas de rotación y avance o a los sistemas de traslación y posicionamiento mediante un cuadro de válvulas diversoras. En el modo perforación el aceite es suministrado por la bomba principal del lado cabina a los motores de perforación y la bomba del lado no cabina al cilindro de avance o pull-down. Cuando la perforadora esta en modo de traslación cada bomba principal acciona la oruga correspondiente a cada lado de la perforadora.

El aceite proveniente de la bomba doble se divide en dos circuitos; el P1 que acciona el circuito de enfriamiento de la máquina y algunas funciones auxiliares, y el P2 que alimenta el sistema de posicionamiento, el resto de las funciones auxiliares y el sistema de barrido de la perforadora.

La traslación de la perforadora entre pozos y entre distintos frentes de trabajo es llevado a cabo por un sistema de orugas metálicas. Una vez que la perforadora se ubica en el lugar indicado para comenzar el pozo, cuenta con tres gatos o cilindros hidráulicos que permiten al operador nivelar el equipo y estabilizarlo para comenzar con la perforación.

Los pozos según el diseño tienen aproximadamente 16m de profundidad, para alcanzar dicha profundidad es necesario acoplar dos barras de nueve metros cada una.

Para despedir los detritos de perforación del pozo se utiliza aire a presión, además se utiliza agua a presión que permite dar estabilidad al pozo durante la perforación.

El acople de la barras es realizado por un sistema de carrusel que coloca las barras en posición ayudadas por un cilindro guía. Las barras y el tricono se ajustan ayudados por la llave “u” que permite el torqueado mediante el sistema de rotación.

La perforadora cuenta también con un guinche que ayuda al operador para el cambio de triconos y una cubierta para atenúa el polvo en suspensión transferido al ambiente.

El diagrama de entradas y salidas de la perforadora se muestra a continuación.

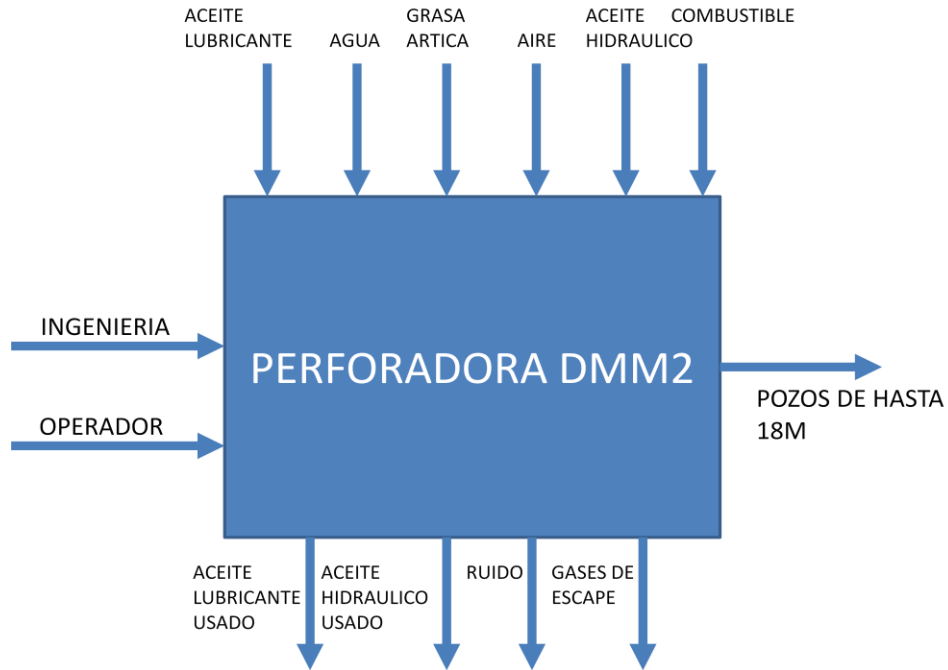


Figura 2. Diagrama de entradas y salidas perforadora DMM2

La cabina de perforación aísla al operador del clima y el polvo generado durante la perforación. Además se encuentran los controles hidráulicos e indicadores para que el operador pueda maniobrar todas las funciones de la perforadora, para el confort del operador se tiene un sistema de aire acondicionado y calefacción.

Según la necesidad de producción se le exige a esta flota de perforadoras un rendimiento de 22m/hs, trabajando dos turnos diarios de 12hs con una disponibilidad de 74% y una utilización del 85%.

A efectos del análisis de RCM2 se decidió subdividir la perforadora en los siguientes sistemas.



Figura 3. Sistemas de la Perforadora Ingersoll Rand DMM2

Capítulo I: Sistema motor diesel

El sistema de motor diesel de la perforadora DMM2 es un motor diesel Caterpillar 3412E HEUI. Este motor de 12 cilindros y 3400cm^3 está compuesto por los sub-sistemas de combustión, enfriamiento y lubricación.

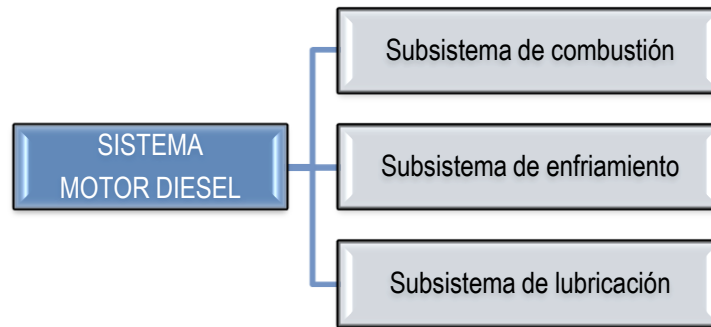


Figura 4. Diagrama de bloques del sistema motor diesel.

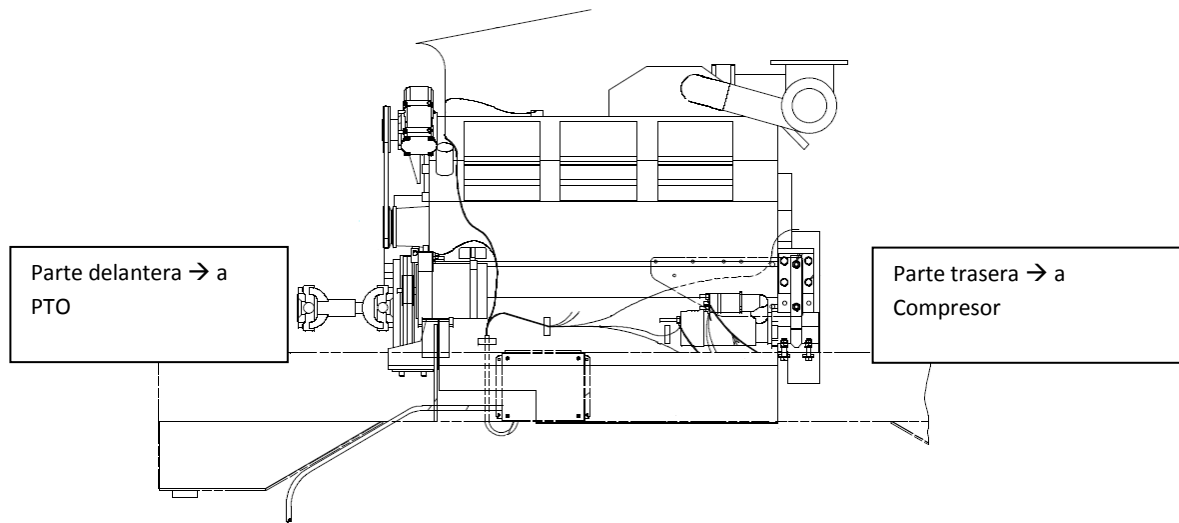


Figura 5. Motor diesel Caterpillar 3412E

1. Subsistema de combustión.

El sistema de combustión es el encargado de suministrar energía mecánica a 700HP de potencia y 2100rpm en el volante. Este sistema incluye la admisión de aire, escape de gases, inyección de combustible y potencia.

El combustible es almacenado en un tanque de 1325lbs. Luego de pasar por la trampa de agua ingresa al filtro primario que se encarga de impedir el ingreso de partículas superiores a $2\mu\text{m}$ a la bomba de transferencia. Esta bomba suministra el combustible, pasando a través del filtro

secundario de 2µm, a la galería de combustible del motor que trabaja con una presión de 62psi desde donde se alimentan los inyectores.

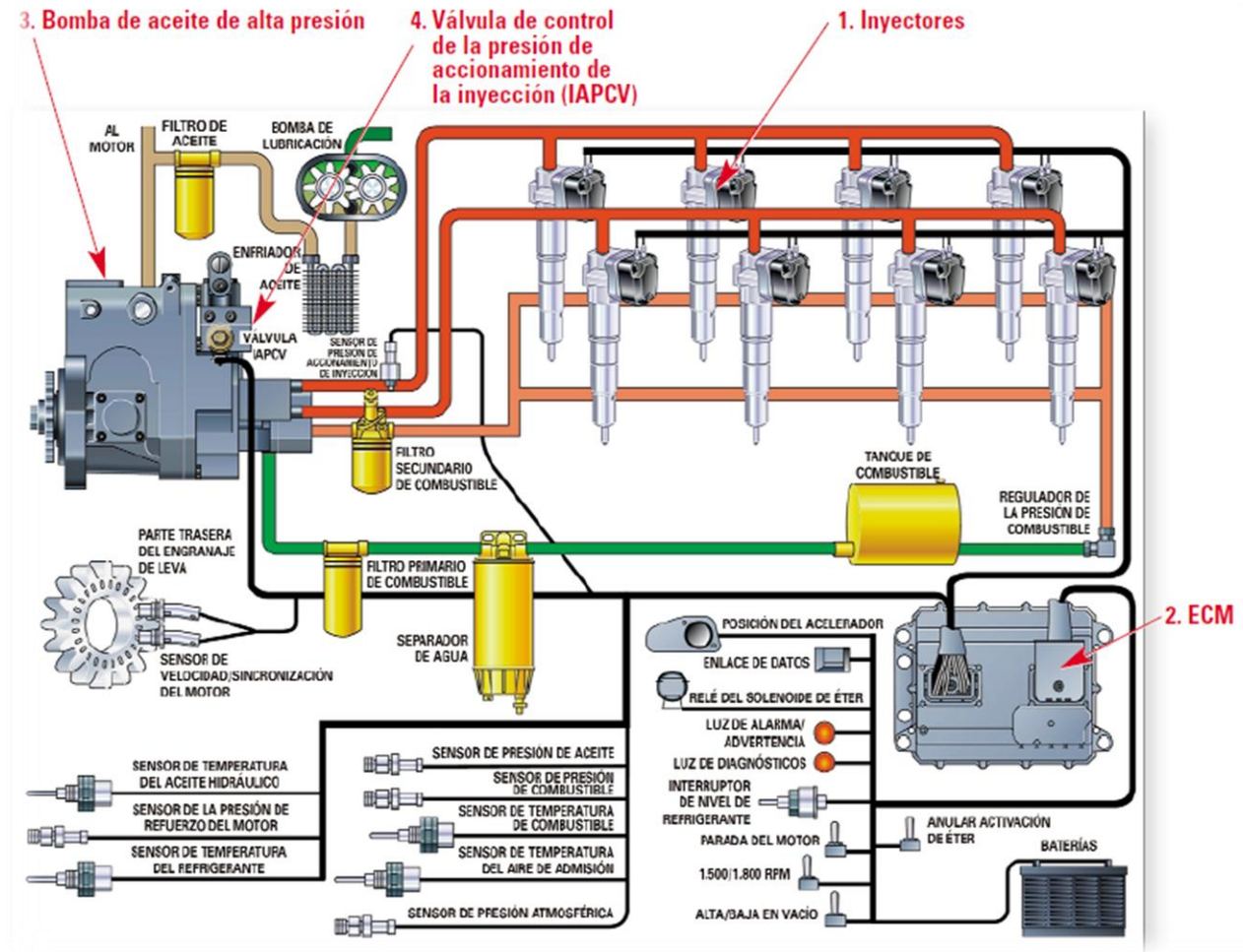
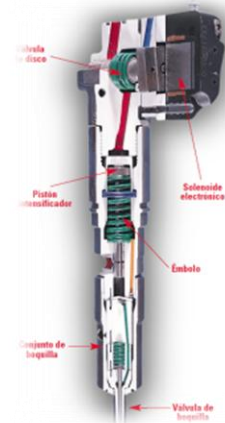


Figura 6. Suministro de combustible

La bomba HEUI es controlada electrónicamente por la válvula solenoide (IAPCV) que comanda la presión de aceite en los inyectores entre 1450psi y 3350psi según la señal enviada por el ECM (modulo de control electrónico) del motor. La presión en la entrada de los inyectores es sensada y enviada al ECM.

La bomba de transferencia esta acoplada a la HEUI y ambas son accionadas mediante engranajes desde la distribución.

Los inyectores del motor diesel utilizan el aceite lubricante a presión proporcionado por la bomba HEUI y comandados electrónicamente desde el ECM del motor para realizar la pulverización del combustible al interior del



cilindro.

Figura 7. Inyector HEUI

El aire necesario para la combustión ingresa a través de los filtros de admisión de 35µm y es comprimido por un turbo accionado por los gases de escape ingresando al cilindro por las válvulas de admisión. Este aire antes de ingresar a la cámara de combustión es enfriado por el aftercooler que utiliza refrigerante del motor.

El aire que ingresa al cilindro es comprimido por el movimiento de los pistones elevando su temperatura hasta producir la ignición con el combustible. Los gases obtenidos como producto de la combustión salen del cilindro hasta el múltiple por las válvulas de escape. Estos salen a la atmosfera a través de un silenciador ubicado en el escape del equipo.

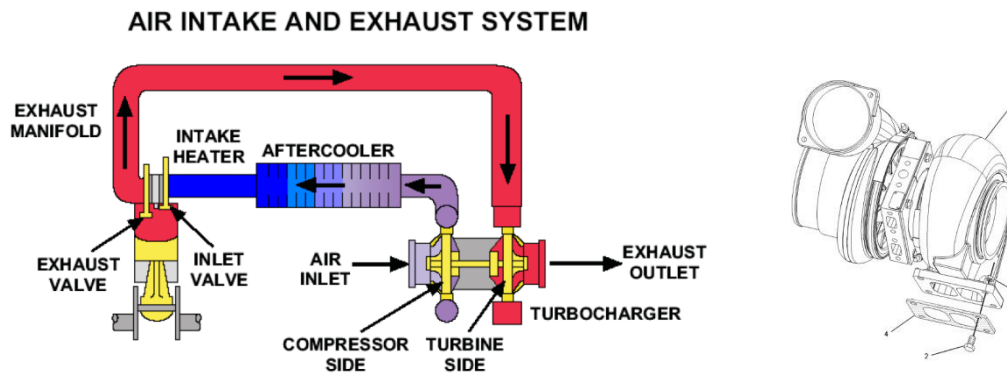


Figura 8. Izda.: Admisión de aire y escape de gases – Dcha: Turbocompresor

El movimiento lineal del pistón producido por la combustión es convertido en un movimiento rotativo a través de la biela en el cigüeñal.

Las válvulas de admisión y escape son accionadas mediante el árbol de levas, botadores y balancines. La distribución del motor es un conjunto de engranajes que sincroniza el movimiento de las partes del motor (árbol de levas, cigüeñal, toma de fuerza, damper) para su funcionamiento.

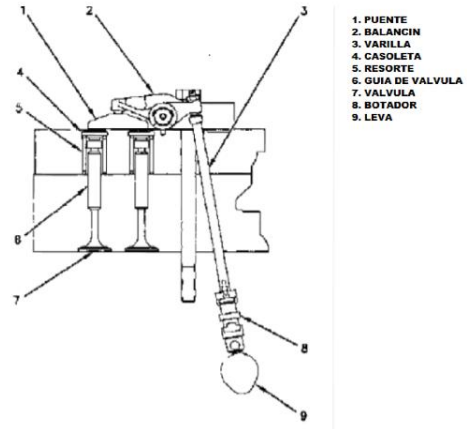


Figura 9. Válvulas de admisión y escape

En el otro extremo del cigüeñal, el volante mantiene la inercia del motor para suministrar un movimiento uniforme y tiene una toma de fuerza donde se acopla el compresor.

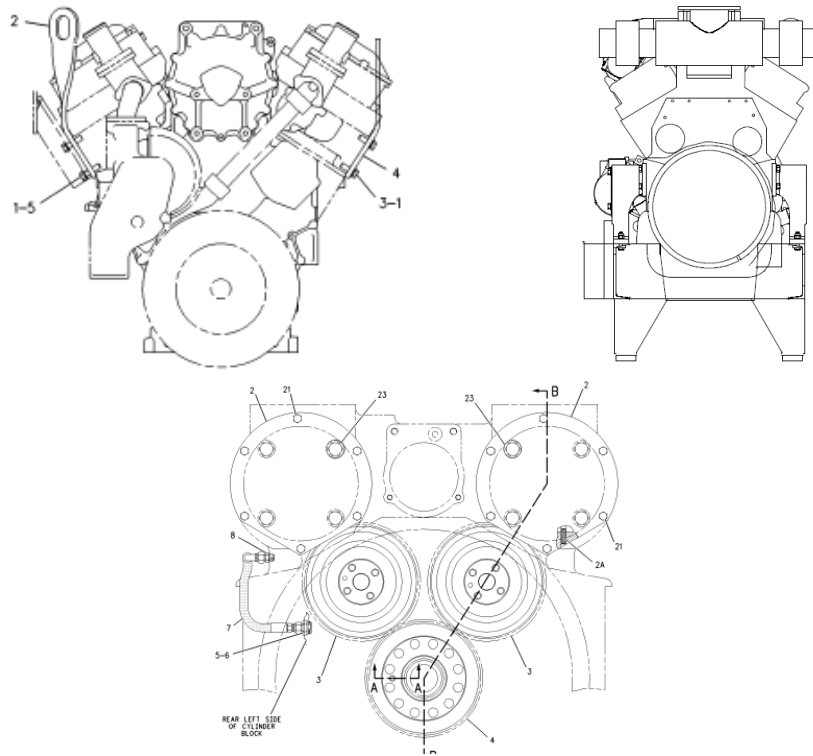


Figura 10. Izda: Distribución del motor (parte delantera) - Dcha: Volante del motor (parte trasera)

Los motores de arranque son accionados desde la cabina mediante una señal que activa los relés de arranque. La energía para el arranque es tomada del banco de baterías de 24V compuesto por cuatro baterías de 12V que son cargadas mediante el alternador. En cabina el operador cuenta con un amperímetro que indica la corriente de carga a las baterías. En el tablero hay dos luces, una que muestra cuando el motor se para por una alarma y otra que mediante un código muestra el diagnóstico de una falla en proceso.

El ECM controla el funcionamiento del motor utilizando los siguientes sensores.

- Velocidad/sincronización (sensores speed/timing)
- Presión atmosférica
- Temperatura de refrigerante
- Temperatura del aceite de motor
- Presión de aceite de motor
- Presión de aceite de sistema de inyección
- Presión de combustible
- Nivel de refrigerante

2. Funciones subsistema de combustión

- 1- Suministrar energía mecánica a 700HP de potencia a 2100rpm.
- 2- Permitir regular la velocidad de rotación del motor entre 1200rpm y 2100rpm.
- 3- Contener combustible.
- 4- Contener gases de escape.
- 5- Impedir el ingreso de partículas superiores a $2\mu\text{m}$ a la bomba de transferencia.
- 6- Impedir el ingreso de partículas superiores a $2\mu\text{m}$ a los inyectores.
- 7- Indicar en cabina si se activa una alarma de motor.
- 8- Indicar en cabina alarma de diagnóstico del motor.
- 9- Indicar en cabina el nivel del combustible en el taque con una precisión de $\pm 331\text{lbs}$.
- 10- Indicar en cabina las revoluciones del motor con una precisión de $\pm 50\text{rpm}$.
- 11- Impedir el ingreso de partículas superiores a $35\mu\text{m}$ al aire de admisión.
- 12- Indicar localmente el estado de saturación de los filtros de admisión de motor.
- 13- Reducir el ruido del motor por debajo de 83,2dB.
- 14- Suministrar energía eléctrica en 24VDC al sistema eléctrico del motor.
- 15- Indicar corriente de carga del alternador en cabina con una precisión $\pm 10\text{A}$.
- 16- Permitir detener el motor diesel en caso de emergencia.
- 17- Impedir el ingreso de partículas superiores a 0,5mm al tanque de combustible.
- 18- Impedir salida de vapores del tanque de combustible cuando el nivel alcance el máximo.
- 19- Permitir cargar el sistema de combustible.
- 20- Lucir de acuerdo a estándares corporativos.
- 21- Permitir desenergizar el equipo para una intervención de mantenimiento o en caso de emergencia.

3. Subsistema de lubricación

El aceite usado en el sistema de lubricación es el 15W40 que es almacenado en el cárter del motor desde donde la bomba de lubricación succiona el aceite a través de una rejilla metálica. La bomba de lubricación de aceite lubricante es comandada desde la distribución del motor. El aceite es enviado por la bomba hacia el enfriador de aceite ubicado al costado derecho del motor. El enfriador se encarga de reducir la temperatura del aceite del motor por medio de un intercambiador de calor que es enfriado por el refrigerante del motor. La bomba de lubricación es una bomba de engranajes que toma energía de la distribución del motor. El aceite a presión luego de enfriarse es enviado hacia el filtro de aceite, el cual posee una válvula de derivación que abre en caso de saturarse el filtro. El filtro de lubricación impide el ingreso de partículas de más de $5\mu\text{m}$ al motor. En la línea de ingreso de lubricación al motor se encuentran los sensores de presión, uno de ellos transmite información al ECM y el otro es utilizado para indicar en cabina la presión de aceite de motor. El aceite además de ingresar al motor es enviado a los turbos para su lubricación. El aceite una vez en el motor es dirigido a los puntos de lubricación por compartimientos internos del motor llamado galerías. Luego de cumplir su función de lubricar componentes el aceite retorna al cárter del motor para realizar nuevamente el circuito.

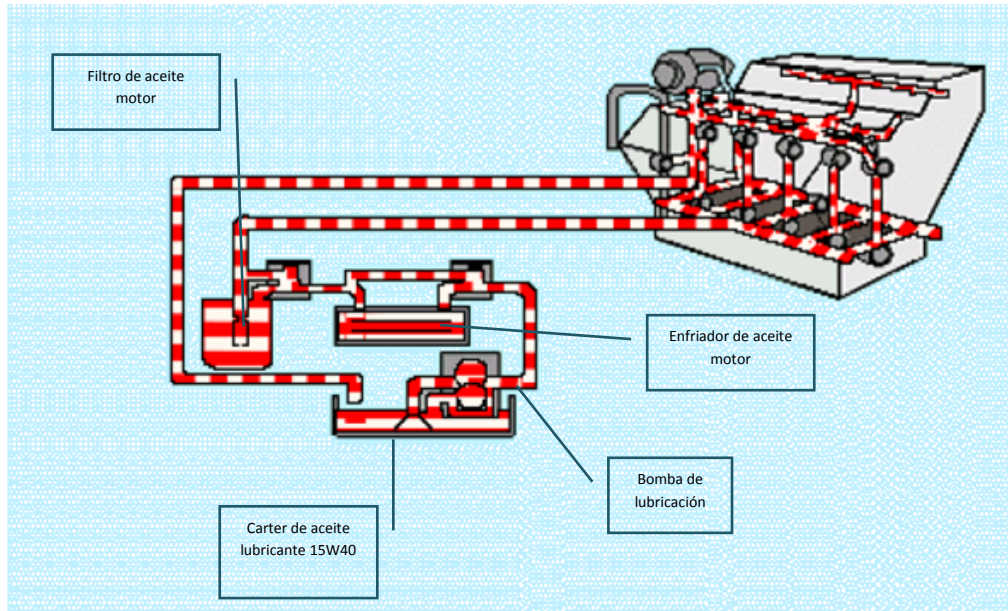


Figura 11. Sistema de lubricación motor diesel

4. Funciones subsistema de lubricación

- 22- Lubricar a una presión superior a 40psi los puntos de lubricación del motor (15W40).
- 23- Liberar la presión de aceite a la salida de la bomba de lubricación cuando sea mayor a 81psi.
- 24- Enfriar aceite lubricante entre 81°C y 90°C.
- 25- Indicar en cabina la presión de aceite lubricante con una precisión de ± 20 psi.
- 26- Detener el motor diesel cuando la presión de aceite lubricante sea inferior a 27psi.
- 27- Contener aceite lubricante de motor 15W40.
- 28- Impedir el ingreso de partículas superiores a 5 μ m al aceite lubricante de motor.
- 29- Liberar la presión del enfriador de aceite cuando esta supere los 70psi.
- 30- Liberar la presión de la filtrera de aceite motor cuando esta supere los 25psi.
- 31- Permitir la salida de gases de aceite del motor.
- 32- Impedir el ingreso de partículas mayores al motor cuando está detenido.
- 33- Indicar el nivel de aceite del motor.
- 34- Mantener la presión de aceite cuando la perforadora está inclinada.
- 35- Permitir drenar el aceite lubricante.

5. Subsistema de refrigeración

Durante la operación de cualquier motor de combustión se genera calor. El sistema de enfriamiento tiene la función de extraer una cantidad suficiente de calor para mantener el motor funcionando a la temperatura de operación apropiada. Esta función es sumamente importante para el funcionamiento de un motor de combustión interna.

El sistema de refrigeración funciona con fluido refrigerante CAT o equivalente movido en el sistema mediante una bomba centrífuga accionada por la distribución del motor. El fluido refrigerante que sale del motor es derivado a través de una caja termostática. Si la temperatura del mismo es superior a 88°C, el refrigerante es dirigido hacia el enfriador, caso contrario retorna nuevamente a la bomba. El fluido caliente que ingresa al enfriador atraviesa una serie de conductos que, en conjunto con el ventilador accionado hidráulicamente, realizan el intercambio de calor con el aire exterior, disminuyendo la temperatura del refrigerante para regresar nuevamente al motor a través de la bomba de refrigerante. El fluido refrigerante frío que sale de la bomba de refrigerante, es dirigido al enfriador de aceite lubricante para luego circular entre los componentes del motor por medio de galerías.

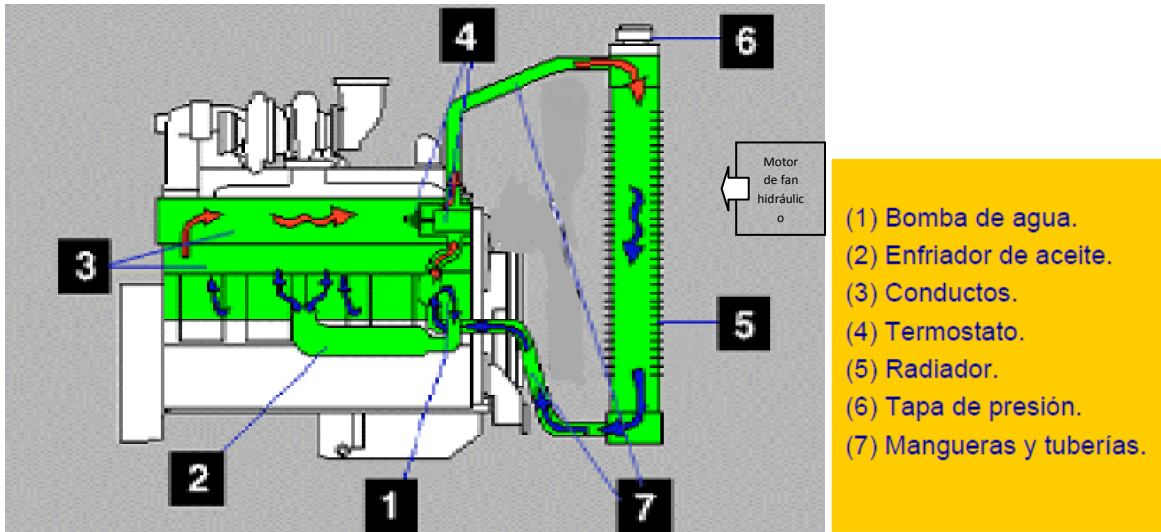


Figura 12. Sistema de refrigeración motor diesel

6. Funciones subsistema de refrigeración

- 36- Suministrar fluido refrigerante a una presión de 15psi y una temperatura entre 81°C y 92°C.
- 37- Abrir el paso de refrigerante hacia el enfriador cuando la temperatura supere los 81°C.
- 38- Aliviar la presión del circuito de refrigerante cuando alcance los 7.25psi.
- 39- Contener fluido refrigerante.
- 40- Indicar temperatura de fluido refrigerante en cabina con una precisión de $\pm 5^\circ\text{C}$.
- 41- Detener el motor diesel cuando la temperatura del fluido refrigerante alcance los 99°C.
- 42- Permitir drenar el fluido refrigerante.
- 43- Indicar localmente el nivel de fluido refrigerante.
- 44- Detener el motor diesel cuando el nivel de fluido refrigerante sea inferior al mínimo requerido.
- 45- Impedir el contacto directo del personal con aspas del fan.
- 46- Impedir contacto del enfriador de fluido refrigerante con objetos extraños.

7. Diagrama de entradas y salidas sistema motor diesel

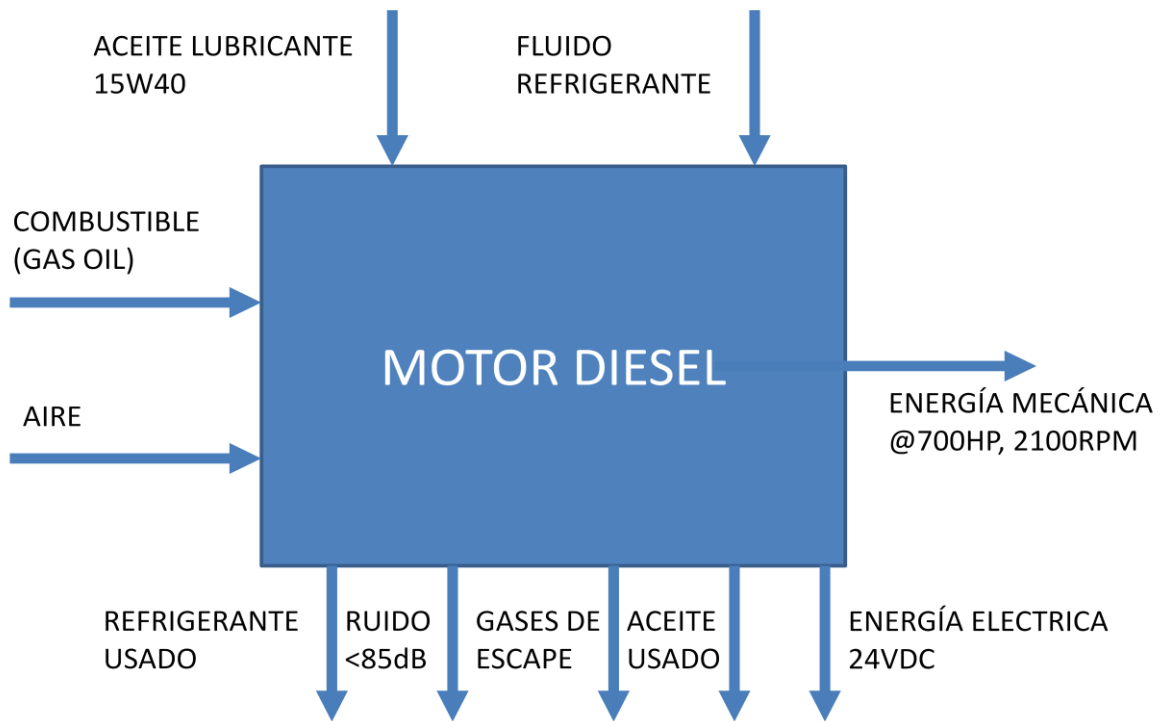


Figura 13. Entradas y salidas sistema motor diesel

Capítulo II: Sistema estructura

La estructura de la perforadora se encarga de soportar los componentes requeridos para el funcionamiento de la perforadora. Este sistema está compuesto por:



Figura 14. Sistema estructura componentes

8. Chasis

El chasis de la perforadora DMM2 es una estructura de acero de perfiles “C” soldados. El chasis sostiene todos los componentes de los distintos sistemas de la perforadora además del resto de los componentes estructurales.

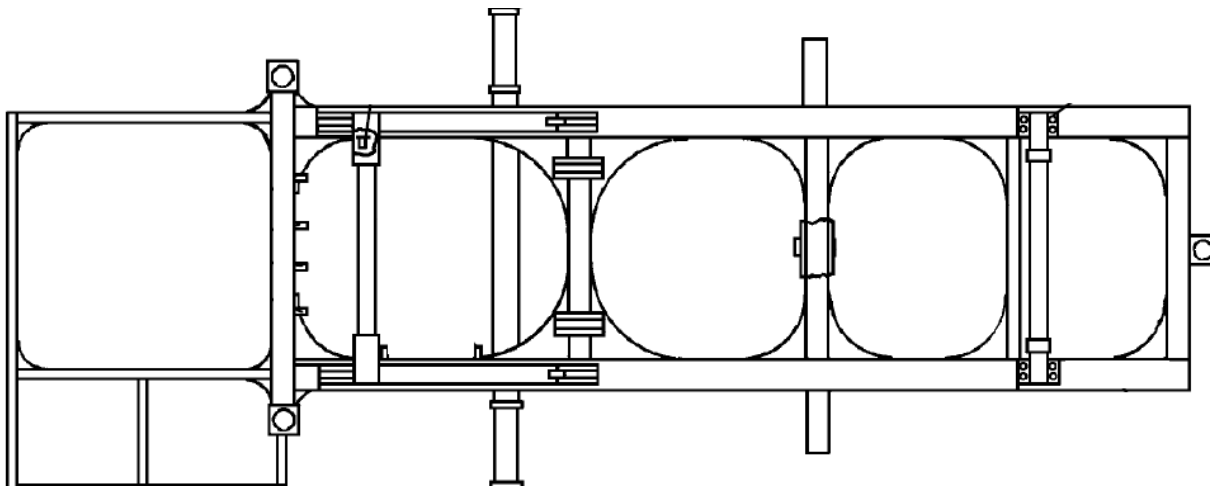


Figura 15. Chasis DMM2

9. Torre y soportes

La torre de perforación es una estructura reticulada de 10,7m de largo que cumple la función de soportar los componentes del sistema de perforación y permite el avance del cabezal de rotación.

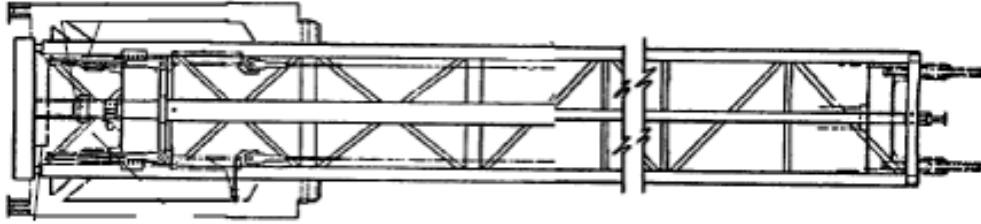


Figura 16. Torre de perforación.

La mesa de perforación está ubicada en la base de la torre. La torre de perforación descansa sobre un soporte en el frente de la torre y pivotea mediante un eje ubicado en la parte posterior de la perforadora.

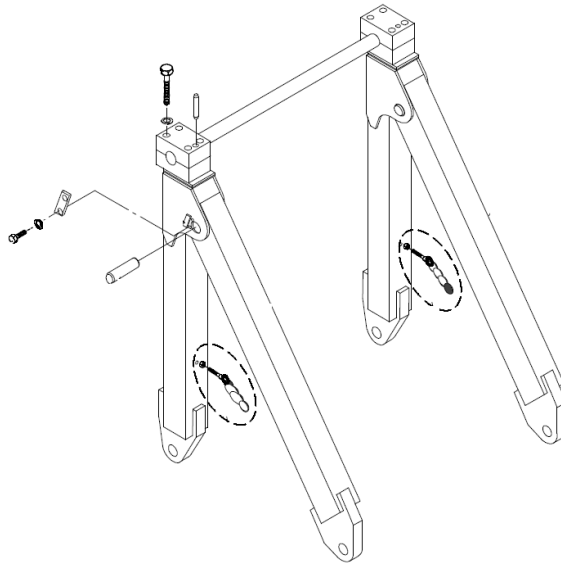


Figura 17. Soporte de torre.

10. Escaleras y barandas

La perforadora cuenta con dos escaleras de acceso ubicadas en el lado cabina una en la parte delantera de la cabina y otra en la parte posterior. Existen barandas en toda la circunferencia del equipo que permiten el desplazamiento seguro en la misma.



Figura 18. Perforadora DMM2. Barandas y escaleras

11. Pisos y housing

Los pisos de la perforadora permiten el libre movimiento en la misma, están compuestos de chapas antideslizantes soportadas por una estructura metálica soldada al chasis.

El housing de este equipo es una estructura metálica de chapas abulonadas que forman paredes y techos de sala de máquina

12. Funciones sistema estructura

- 1- Soportar todo el peso de los componentes de la perforadora.
- 2- Soportar componentes del sistema de perforación.
- 3- Permitir el desplazamiento en la perforadora de manera segura.
- 4- Permitir el ascenso y descenso de la perforadora de manera segura.
- 5- Aislar los componentes de la perforadora de las condiciones climáticas.
- 6- Prevenir que la barra alcance la cabina del operador en caso de un desacople.
- 7- Lucir de acuerdo a estándares corporativos.

Capítulo III: Sistema hidráulico

La DMM2 es una perforadora que cumple sus funciones mediante sistemas hidráulicos. La potencia para accionar el sistema hidráulico es suministrada por un motor diesel a través de una caja de engranajes de tres salidas (PTO). Las tres bombas hidráulicas convierten la energía mecánica de rotación en energía hidráulica que se usan en los motores y cilindros para ejecutar las funciones necesarias de perforación y propulsión. Los tres sistemas hidráulicos principales en la DMM2 son:

- circuito de propulsión,
- circuito de rotación y avance de perforación,
- circuito de las funciones auxiliares.

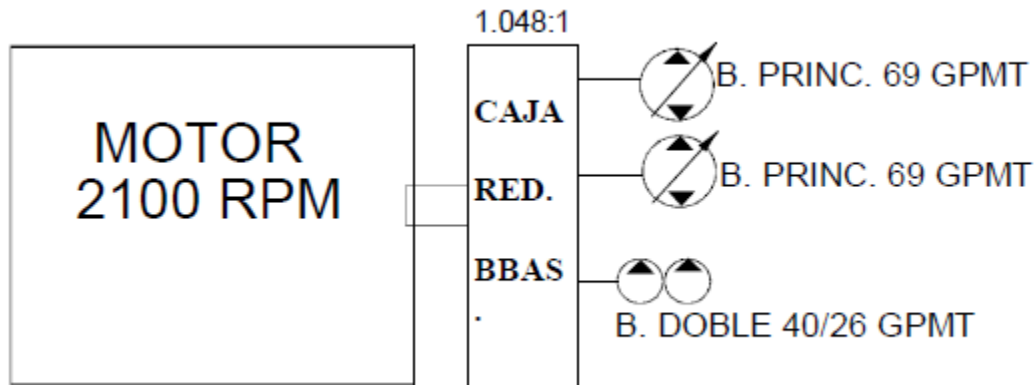


Figura 19. Esquema de conexión motor-sistema hidráulico

La velocidad de trabajo del motor operando es 2100rpm. El operador puede poner la velocidad del motor en ralentí en 1200rpm cuando no está operando.

El sistema hidráulico se divide en los siguientes subsistemas:



Figura 20. Sistema hidráulico de perforadora DMM2

13. Caja de transferencia (PTO)

La energía mecánica del motor diesel es suministrada a la caja de transferencia (PTO) mediante una transmisión cardánica. Esta caja de transferencia de engranajes planetarios se encarga de convertir la cantidad de vueltas con una relación de 1,048:1. La energía se divide en tres tomas de fuerza. Dos de estas alimentan las bombas principales de la perforadora y la tercera alimenta la bomba doble (de accesorios y enfriamiento).

La PTO cuenta con lubricación propia cuyo sistema tiene una capacidad de 5 litros de aceite, esta caja cuenta también con un respiradero con un filtro que permite el ingreso de aire y una varilla que permite medir el nivel de aceite lubricante. La transferencia de los engranajes a los ejes de las bombas se realiza por medio de un coupling (acople rígido).

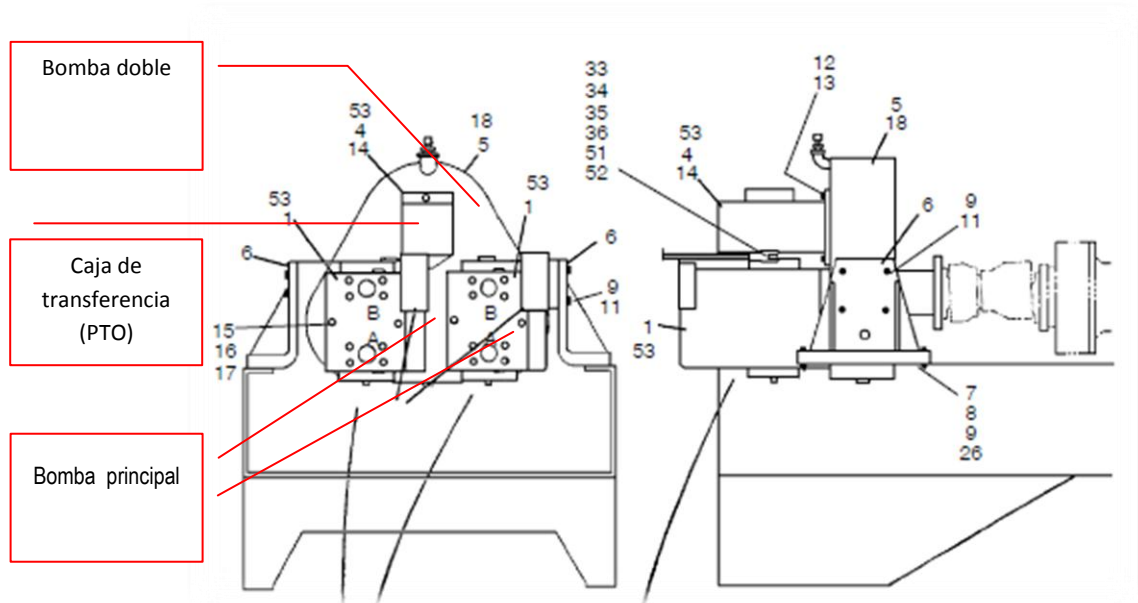


Figura 21. Bombas y caja de transferencia PTO

14. Bombas principales

Las bombas de propulsión son bombas de desplazamiento variable de transmisión hidrostáticas de lazo cerrado. Lazo cerrado porque el aceite que entra a los elementos principales de la bomba vuelve directamente desde el sistema sin pasar a través del tanque. El aceite es usado una y otra vez en un lazo continuo. Transmisión hidrostática significa que la bomba está diseñada para usarse en un sistema en el cual la potencia es transmitida por la presión de un fluido.

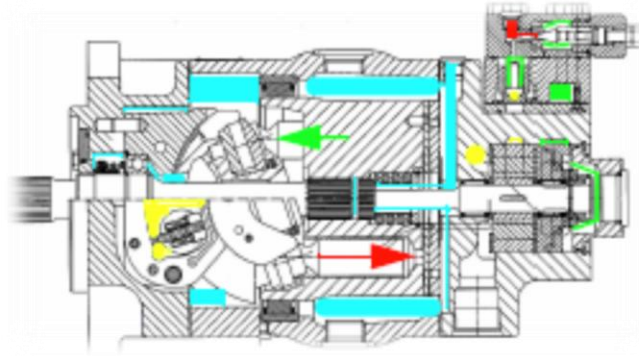


Figura 22. Corte de bomba principal de pistones

La bomba está compuesta, no solo por el elemento principal de bombeo sino también por controles, válvulas y bombas auxiliares (de carga) necesarias para una interface apropiada con el sistema hidráulico. La bomba principal entrega aceite hidráulico a un flujo de 69gpm a 2200rpm (resultante de la relación 1,048:1 de caja transferencia a motor) en operación normal de trabajo.

Las dos puertas principales de trabajo de las bombas principales son las puertas “A” y “B” (ver Figura 23). Cualquier puerta puede descargar aceite dependiendo de la posición del control de desplazamiento de la bomba. Siempre que una puerta no esté descargando aceite, está recibiendo aceite. En otras palabras, si el aceite sale por la puerta “A”, prácticamente el mismo aceite está retornando a la puerta “B”. Dos puertas que están conectadas a las puertas “A” y “B”, son “AG” y “BG” respectivamente, pueden proveen un lugar para instalar un medidor de presión.

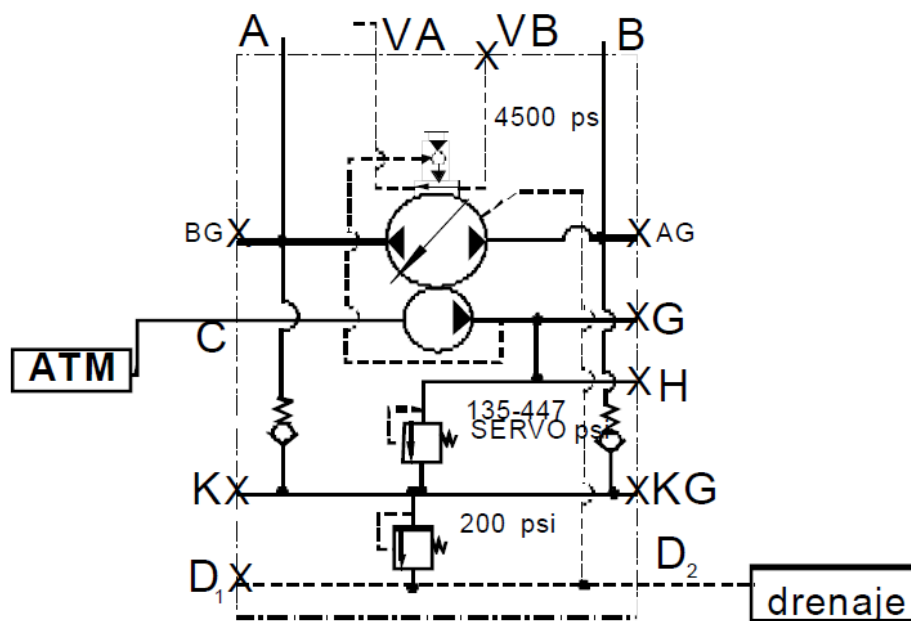


Figura 23. Esquema de la bomba principal.

El aceite que se necesita para la carga inicial del lazo principal y para mantenerlo lleno es tomado por la bomba de carga en la puerta "C". La puerta "C" está conectada al tanque a través de mangueras de succión. El aceite es continuamente inyectado en el lazo principal para rellenar las fugas normales en la bomba, motor y válvula divisoras y para rellenar el aceite que ha sido drenado por la válvula de drenaje de aceite caliente. Las pérdidas de aceite debidas a la lubricación y pérdidas a través de las válvulas y pistones son recogidas en el flujo de carcasa por la puerta D y devueltas al tanque de la DMM2 por medio de la puerta "D" de la bomba. El caudal de la bomba es controlado con una palanca en la cabina del operador mediante transmisión por cable de acero al actuador de la bomba, como se ve en la Figura 24.



Figura 24. Izda: Actuador de bomba principal - Dcha: Controles en cabina

Las bombas principales suministran aceite hidráulico para la traslación, rotación y avance de la siguiente manera:

- Bomba lado cabina: hacia mando final lado cabina y cilindro de avance.
- Bomba lado no cabina: hacia mando final lado no cabina y motores de rotación.

El aceite que sale de ambas bombas principales pasa por las válvulas de aceite caliente instaladas inmediatamente después, una por cada bomba.

CIRCUITO DE CONTROL DE PRESIÓN DE PULL-DOWN Y PULL-BACK.

La presión aplicada al tren de barras se puede regular controlando la presión aplicada al compensador del plato variable. Esta regulación es utilizada solo para la perforación ya que la traslación se realiza a la presión máxima disponible 4500psi.



Figura 25. Palanca selectora traslación/perforación

Cuando la palanca selectora pasa de traslación a parqueo (perforación) se aplica una presión a las válvulas check pilotadas que se cierran inhabilitando el circuito de control del plato variable.

Si el operador coloca la palanca selectora en posición de perforación las válvulas check se abren y la presión de compensación del plato variable es regulada por las válvulas relief de pull-down y pull-back. El pull-back está limitado a 1900psi que es una presión suficiente para retirar la barra del pozo. El operador puede regular la presión de pull-down entre 100psi y la presión máxima fijada por la válvula relief externa. Esta última válvula es regulada por el mecánico, limitando la presión de pull-down a 4500psi.

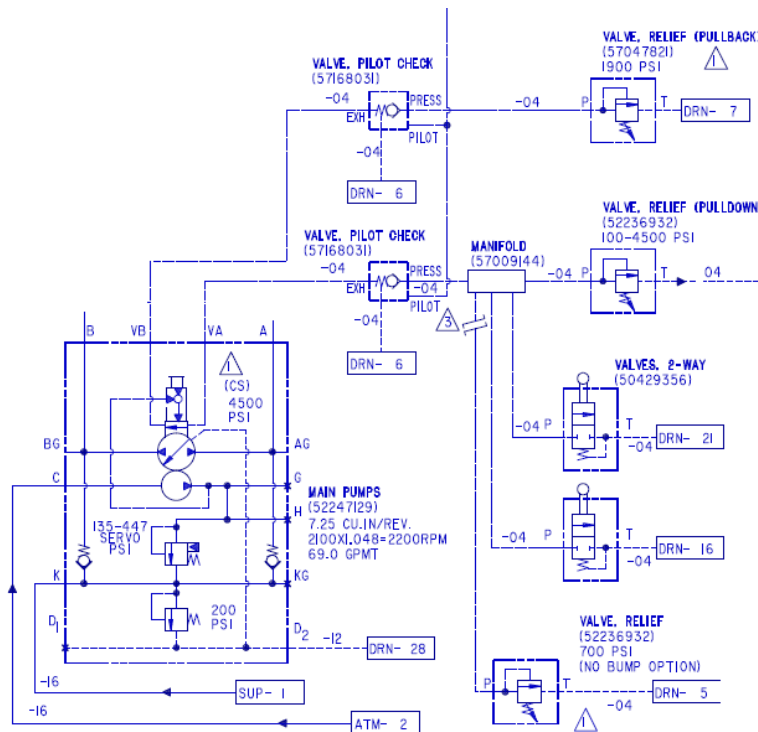


Figura 26. Circuito de control de presiones.

VÁLVULA DE DRENAJE DE ACEITE CALIENTE

La válvula de aceite caliente tiene la función de eliminar una pequeña parte del aceite del circuito principal. Este aceite que deja el lazo lleva consigo algo de temperatura y particulado del desgaste normal de los componentes. El circuito está representado esquemáticamente por una válvula direccional de tres posiciones y una válvula de alivio.

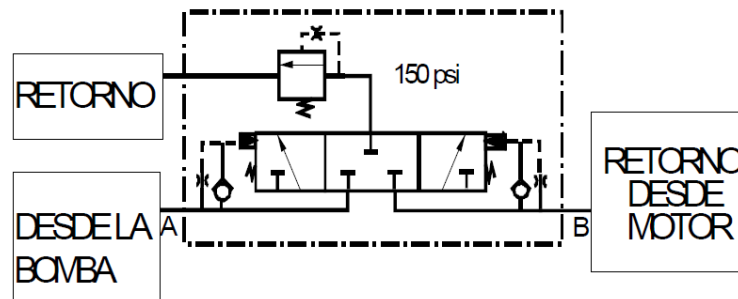


Figura 27. Válvula drenaje de aceite caliente

La válvula de tres posiciones está normalmente centrada por resortes, en esta posición no hay flujo de aceite ni por el lado “A” ni por el lado “B” el lazo. La válvula se mueve siempre que se esté suministrando aceite a las funciones principales cuando exista un diferencial de presiones entre el lado A y B de la bomba. Por ejemplo, si el lado “A” del lazo está a una mayor presión que el lado “B”. La válvula de drenaje se mueve para permitir que el aceite del lado “B2 (menor presión de aceite) salga del lazo. La válvula de alivio, incluida en esta válvula, garantiza que la mínima presión del lazo deseada se mantenga siempre por encima de 150psi. En otras palabras, la válvula de drenaje no permitirá que el lazo principal esté sin aceite. Esta válvula se llama normalmente la válvula de drenaje de aceite caliente. Hay un circuito de lazo de limpieza para cada bomba principal. El circuito trabaja con su respectiva bomba independiente del modo de operación (perforación o propulsión).

15. Circuito de enfriamiento – Bomba doble

El aceite del sistema mantiene su temperatura gracias al circuito impulsado por la bomba doble. La llamada bomba doble está compuesta realmente de dos bombas a paleta que entregan un caudal de 26gpm en la bomba P2 y de 40,28gpm en la bomba P1 ambos en régimen de trabajo a 2100rpm.

La sección P1 de la bomba doble toma aceite del tanque de aceite hidráulico y acciona el motor del enfriador de aceite y el motor del ventilador del radiador de refrigeración del motor diesel de la máquina, pasando luego por el enfriador de aceite hidráulico para finalmente volver al tanque. Esta sección también suministra el aceite a 2000psi para el uso del pilotaje de las válvulas divisoras, cuando se requiera trasladar o perforar.

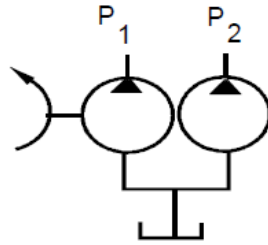


Figura 28. Bomba doble

La máxima presión de trabajo de este circuito está definida por la velocidad de los ventiladores de 1000rpm. Una válvula de alivio montada en la puerta de salida de la bomba se usa para regular la velocidad del ventilador.

Un elemento adicional del sistema del motor del ventilador es la válvula check la cual conecta las puertas de salida y entrada del motor. Esta válvula evita la cavitación del motor del ventilador cuando la bomba doble no está suministrando aceite. Luego de mover los motores de ventilador, el aceite hidráulico circula a través del enfriador de aceite hidráulico para disminuir su temperatura.

El sistema del enfriador de aceite hidráulico cuenta con la protección de una válvula check que se abre cuando la presión en el enfriador está por encima de los 65psi para proteger la carcasa del enfriador y los paneles.

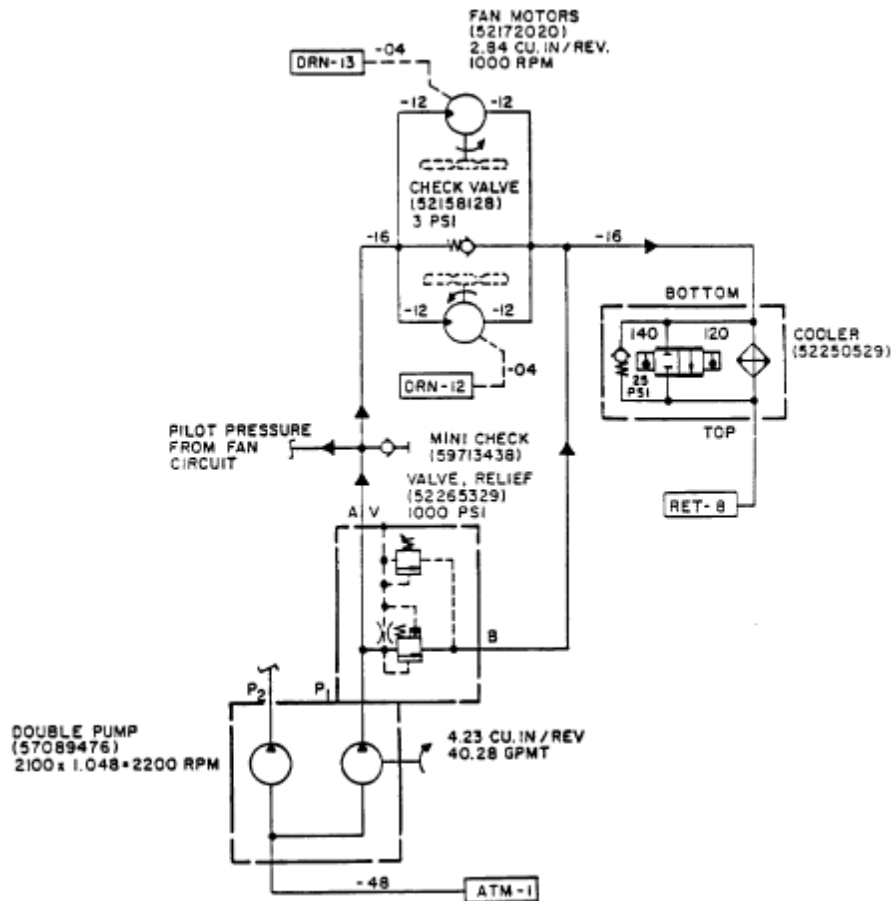


Figura 29. Circuito de enfriamiento

La temperatura del aceite hidráulico es indicada en cabina por medio de un reloj que toma la temperatura del manifold de drenaje. Este indicador es el encargado de detener el motor diesel cuando la temperatura del aceite hidráulico alcance los 88°C, con una precisión de $\pm 10^\circ\text{C}$.



Figura 30. Indicadores de temperatura en cabina

ENFRIADOR DE ACEITE HIDRÁULICO

En el enfriador, el aceite hidráulico es conducido desde arriba hacia abajo en una serie de caños que comunican una galería superior y una galería inferior. Adosado al enfriador de aceite hidráulico se encuentra el enfriador de aceite de compresor. Tanto este enfriador como el enfriador de refrigerante del motor diesel cuentan con ventiladores accionados directamente con

un motor hidráulico cada uno. Dichos motores son accionados por el circuito P1 de la bomba doble.

El aceite hidráulico se recibe del circuito de la bomba P1 y es enfriado para mantener la temperatura entre 10°C y 60°C. El funcionamiento de este enfriador es corroborado en la práctica sensando el diferencial de temperatura entre la entrada y la salida.

CIRCUITO DE RETORNO DE ACEITE AL TANQUE

Cuenta con los manifolds de retorno y drenaje, los cuales aceptan aceite desde otros circuitos de recolección para todo el aceite que no se ha usado en el resto del sistema hidráulico.

MANIFOLD DE RETORNO (O CARGA 700PSI)

El manifold de retorno recibe la parte de aceite no usado de la bomba P2, más el aceite de retorno desde varias de las funciones auxiliares. El manifold de aceite de retorno también se usa para suministrar el flujo para las dos cortinas de polvo, para la llave de quiebre y demás movimientos auxiliares como el cable de guinche. Para obtener la presión suficiente para operar estas funciones hay una válvula de alivio a la salida del manifold. El propósito de esta válvula es mantener una presión interna en el manifold de entre 700 y 800psi. Esta válvula es ajustable y está seteada a suficiente presión para asegurar una apropiada operación de las funciones que están siendo alimentadas por la presión de retorno. Ver el circuito de drenaje.

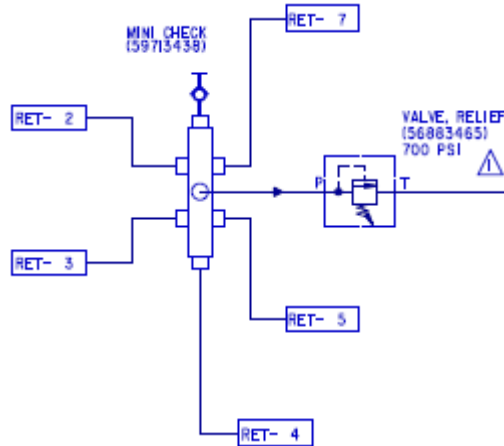


Figura 31. Manifold de retorno

MANIFOLD DE SUPERCARGA

El circuito de supercarga toma el aceite proveniente de los filtros de retorno y alimenta las bombas principales y drena a tanque.

Los filtros hidráulicos del circuito de retorno están montados físicamente a un lado de los enfriadores de aceite. Todo el aceite desde el manifold de retorno pasa directamente a través de estos filtros antes de ser retornados al sistema de estanque. El símbolo del filtro se muestra en la Figura 32.

Cada filtro tiene incorporado una válvula check de bypass para proteger de roturas la carcasa si el filtro empieza a obstruirse, aumentando la presión. Este by-pass actúa cuando la presión alcanza los 25psi. La contaminación queda en el elemento poroso en el interior de la carcasa. Capacidad de filtrado es de 3µm. Un elemento adicional es el indicador visual usado para señalar que el elemento de filtro está obstruido. Este indicador es un manómetro cuyo rango está dividido en dos escalas, una verde y una roja. Cuando la aguja está indicando rojo, significa que el elemento de filtrado está saturado.

CIRCUITO DE DRENAJE

El aceite hidráulico que drena de los diferentes circuitos de la perforadora pasa por el filtro de drenaje y finalmente vuelve al tanque. El filtro de drenaje debe retener impurezas mayores a 3µm.

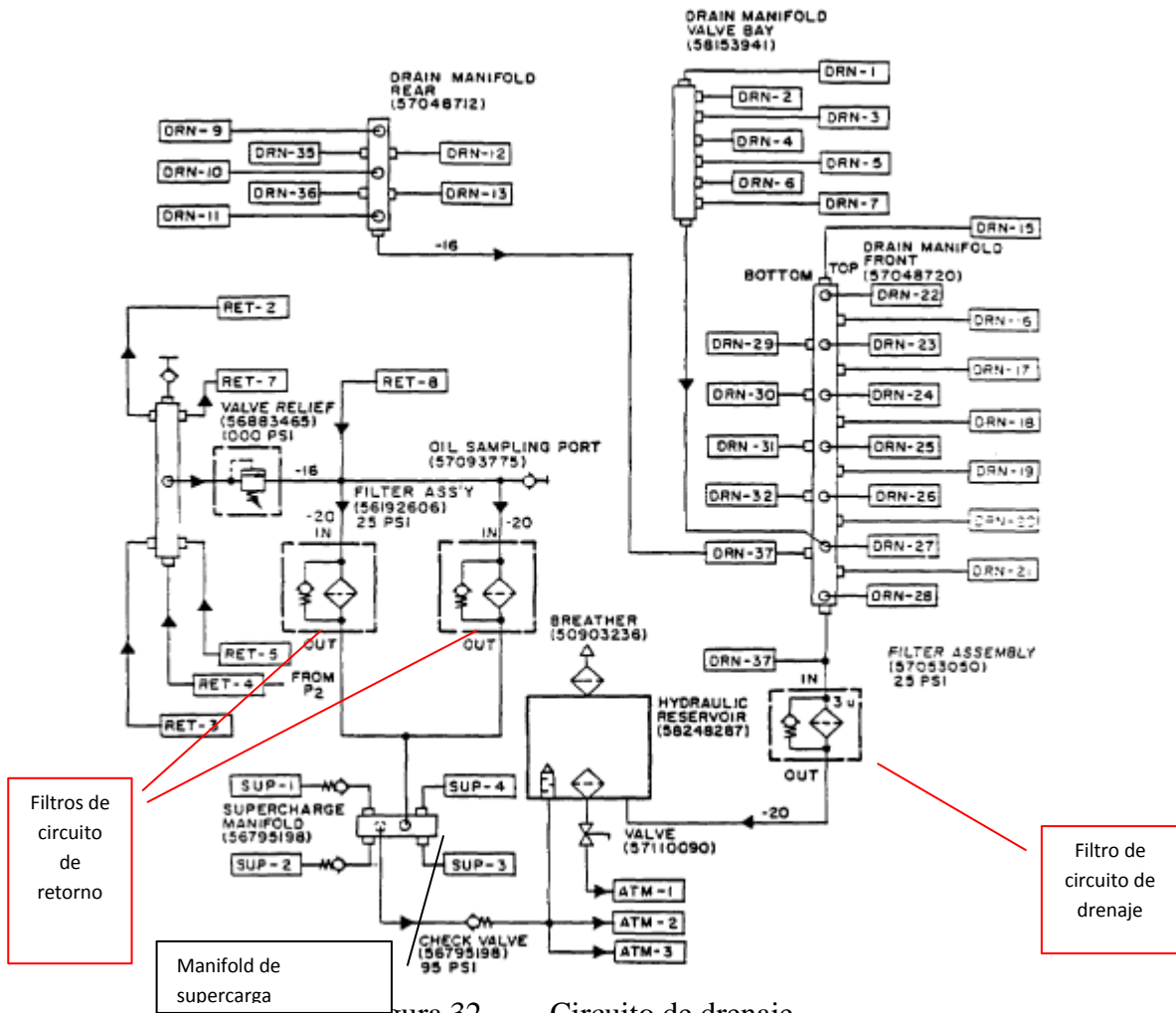


Figura 32. Circuito de drenaje

TANQUE ACEITE HIDRÁULICO

El tanque de aceite hidráulico tiene una capacidad de 492 litros. Cuenta con una mirilla para observar el nivel de aceite y una válvula que permite el drenado del total del fluido hidráulico. Está provisto de un sistema de presurizado formado con una unidad FRL que regula la presión de aire a 5psi tomada del sistema de barrido. Esto es una modificación que se realizó para mejorar la carga de la bomba doble y evitar la cavitación en el sistema hidráulico. Adicionalmente se agregó una válvula check en el respiradero del tanque para permitir que ingrese aire a presión atmosférica en caso de disminución del nivel de aceite en el tanque y para mantener la presión en el tanque cuando se encuentra en marcha.

PANEL DE VERIFICACIÓN DE PRESIONES

Las perforadoras DMM2 cuentan con un panel que contiene dos manómetros, uno que toma presiones altas del sistema y otro que toma presiones bajas del sistema. Los cuales mediante un mando se pueden seleccionar los puntos donde se desea tomar la medida de presión. Los puntos principales de sensado en la perforadora son:

- Presión puerto A de bomba principal
- Presión puerto B de bomba principal
- Diferencial de presión A y B de bomba principal
- Presión de carcasa de bomba principal
- Presión de salida P1 y P2 de bomba doble
- Presión de servo en bombas principales
- Presión de manifold de retorno
- Entre otros

Este panel cuenta con una tabla que indica los puntos de medición que corresponden a cada posición del mando del panel.

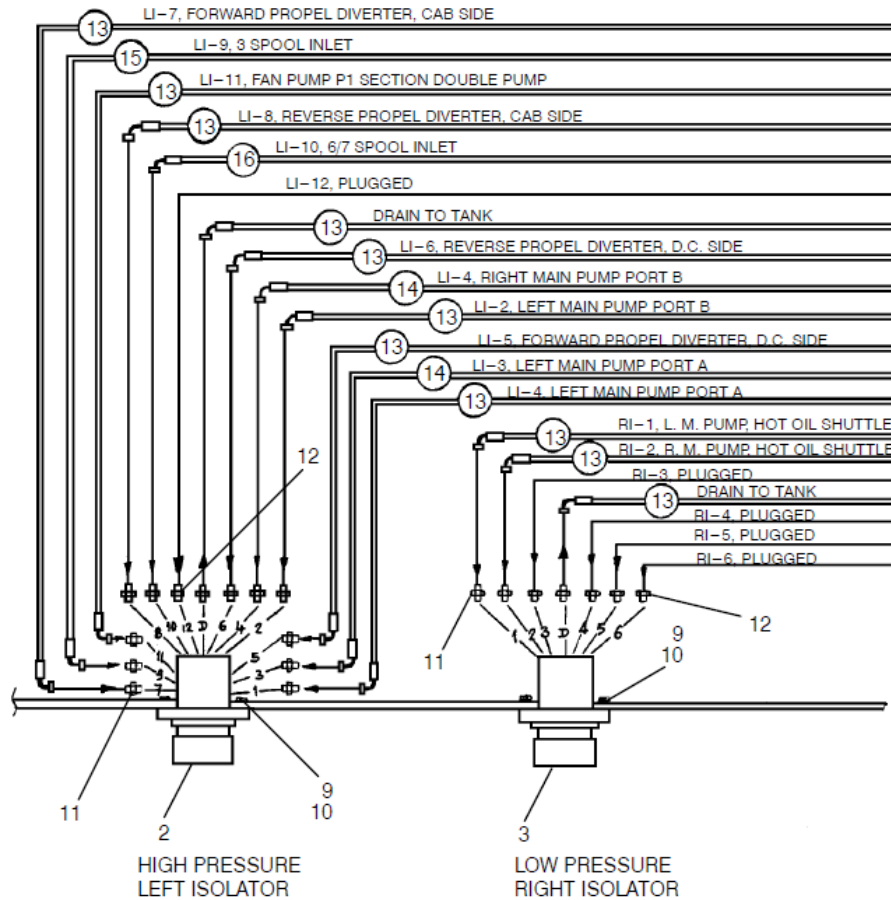


Figura 33. Panel de testeo de presiones

16. Funciones del sistema hidráulico

1. Suministrar aceite hidráulico a los sistemas de perforación y traslación de la perforadora a un caudal máximo de 69gpm, a una presión de 4500psi.
2. Enfriar el aceite hidráulico a una temperatura entre 48°C y 60°C.
3. Liberar la presión en el enfriador de aceite hidráulico cuando esta supere los 65psi.
4. Permitir alternar entre perforación y traslación.
5. Permitir regular la presión de trabajo de pull-down entre 100 y 4500psi.
6. Limitar la presión de pull down a 4500psi.
7. Limitar presión de pull-back debajo de 1900psi.
8. Contener el aceite hidráulico.
9. Drenar a tanque el aceite hidráulico del retorno (lado A o B de la bomba principal) a un caudal de 4gpm cuando la presión sea mayor a 150±10psi.
10. Indicar manualmente el nivel de aceite lubricante en PTO entre el máximo y mínimo aceptado.
11. Permitir la salida de gases de aceite de la PTO.
12. Impedir la entrada de partículas mayores a 5µm a la PTO.

13. Contener aceite de lubricación en PTO.
14. Retener partículas superiores a $3\mu\text{m}$ del circuito hidráulico (línea de retorno y línea de drenaje).
15. Indicar localmente el estado de los filtros del circuito.
16. Aliviar la presión en los filtros cuando supere los 25psi.
17. Permitir drenar el tanque de aceite hidráulico.
18. Mantener la presión de aire en 5psi en el tanque de aceite hidráulico cuando la perforadora está en funcionamiento.
19. Contener aire.
20. Retener partículas superiores a $5\mu\text{m}$ en la entrada de aire del tanque de aceite hidráulico cuando no está en funcionamiento.
21. Lucir de acuerdo a estándares corporativos.
22. Indicar en el panel de testeo las presiones altas del sistema hidráulico con una tolerancia de $\pm 100\text{psi}$.
23. Indicar en el panel de testeo las presiones bajas del sistema hidráulico con una tolerancia de $\pm 10\text{psi}$.
24. Indicar los puntos de medición de presión alta y presión baja en los manómetros.
25. Indicar localmente el nivel en el reservorio de aceite hidráulico entre el máximo y el mínimo aceptado.
26. Indicar especificaciones del aceite que se utiliza en el circuito hidráulico.
27. Indicar en cabina la temperatura del aceite hidráulico con una precisión de $\pm 10^{\circ}\text{C}$.
28. Detener el motor diesel si la temperatura del aceite hidráulico supera los 88°C .
29. Impedir el contacto directo del personal con partes móviles del cardan.
30. Impedir el contacto directo del personal con el fan.
31. Impedir contacto enfriador de aceite hidráulico con objetos extraños.

Capítulo IV: Sistema de traslación y posicionamiento

El sistema de traslación y posicionamiento es el encargado de mover la perforadora entre los diferentes pozos a perforar y nivelar la para comenzar con la perforación.

17. Traslación

Este sistema se encarga de trasladar la perforadora en todas las direcciones a una velocidad máxima de 1,9km/h en terrenos con pendiente de hasta 26° dependiendo de la posición de la torre y el sentido de traslación de la perforadora. Los ángulos de inclinación de la perforadora permitidos para el desplazamiento de la perforadora en terreno irregular, se pueden observar en la Figura 34.

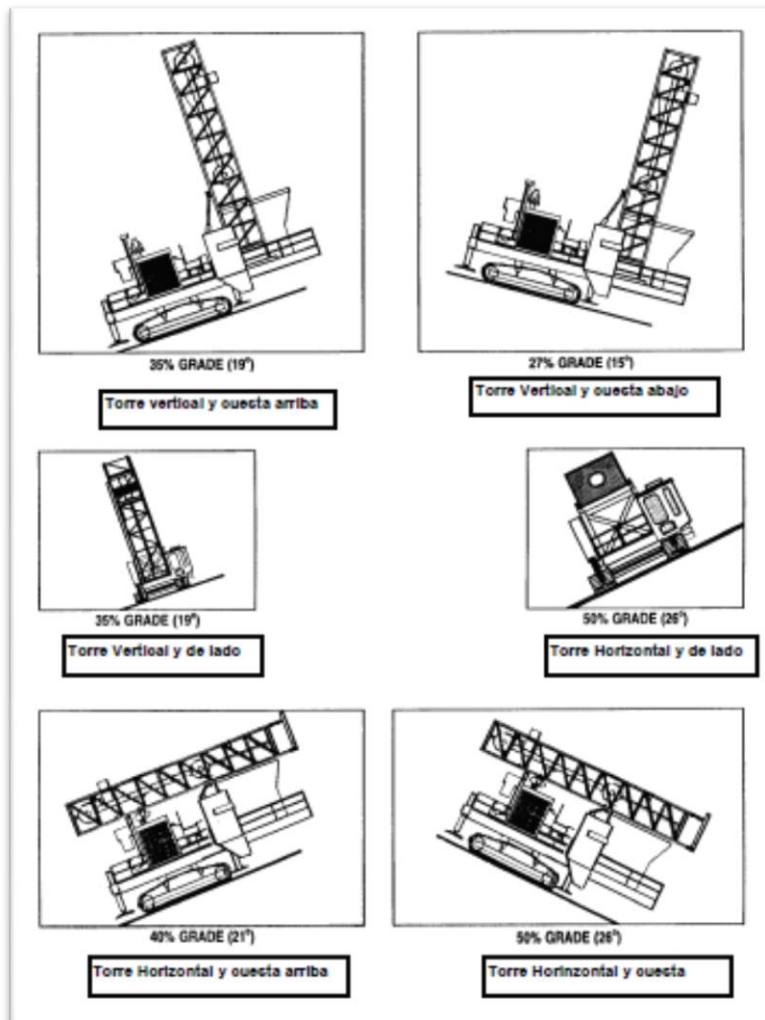


Figura 34. Ángulos de inclinación de la perforadora

El sistema de traslación está compuesto por los siguientes componentes:



Figura 35. Componentes del sistema de traslación

Este sistema es alimentado con aceite hidráulico a 4500psi y 69gpm de las bombas principales. Cada bomba alimenta por separado a cada motor hidráulico de traslación. La bomba principal de avance alimenta el motor de traslación lado cabina y la bomba principal de rotación alimenta el motor de traslación lado no cabina.

El aceite hidráulico suministrado por las bombas principales es dirigido por las válvulas divisoras de flujo, las cuales son comandadas por la válvula de perforación/traslación (válvula DRILL/PROP). Cuando se accionan las válvulas divisoras, se envía una señal de pilotaje para accionar una alarma sonora de traslación.

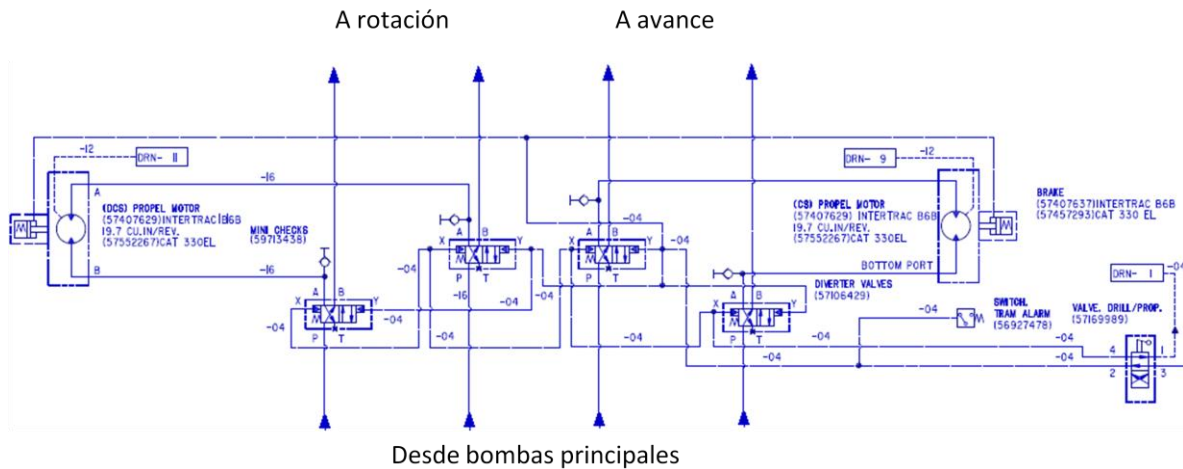


Figura 36. Circuito de aceite hidráulico rotación-avance

Al aceite hidráulico suministrado por las bombas principales es transformado, mediante dos motores de pistones axiales de desplazamiento fijo de 181HP, en energía mecánica para la traslación. Estos motores pueden rotar en diferentes direcciones, independientemente uno del otro.

El movimiento se transmite al mando final, el cual reduce la velocidad del motor hidráulico a una razón de 99:1 y transmite el movimiento a las cadenas mediante un sprocket (ver Figura 35). El mando final posee un freno aplicado por resorte y liberado hidráulicamente. Cuando el operador coloca la palanca selectora en modo traslación se envía presión de aceite al freno para aliviarlo.

Las cadenas son de tipo excavadora CAT 330EL y se componen de zapatas de triple agarre de 850mm de ancho, eslabones, pernos, cilindro tensor, rolos y bulones. El cilindro tensor permite al mecánico tensar la cadena inyectando grasa.

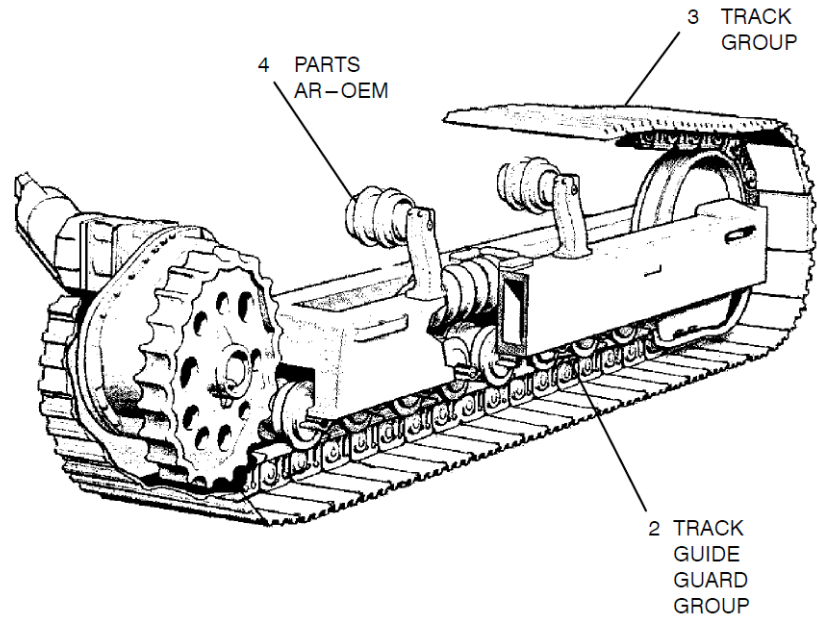


Figura 37. Undercarriage perforadora DMM2

Todo el movimiento de traslación es controlado por el operador desde la cabina mediante los comandos de avance y rotación, pudiendo variar la velocidad de traslación desde 0 a 1,9km/h.

El sistema de traslación tiene una barra ecualizadora que mantiene la perforadora nivelada cuando las variaciones del terreno están por debajo de 5° de cada lado con respecto a la horizontal. Esta barra además asegura que los bastidores estén siempre paralelos uno del otro.

En la cabina se encuentra un indicador de “gatos arriba” para advertir al operador la posición de los gatos de nivelación antes de comenzar con la traslación. Los gatos de nivelación se explicarán en la siguiente sección “posicionamiento”.

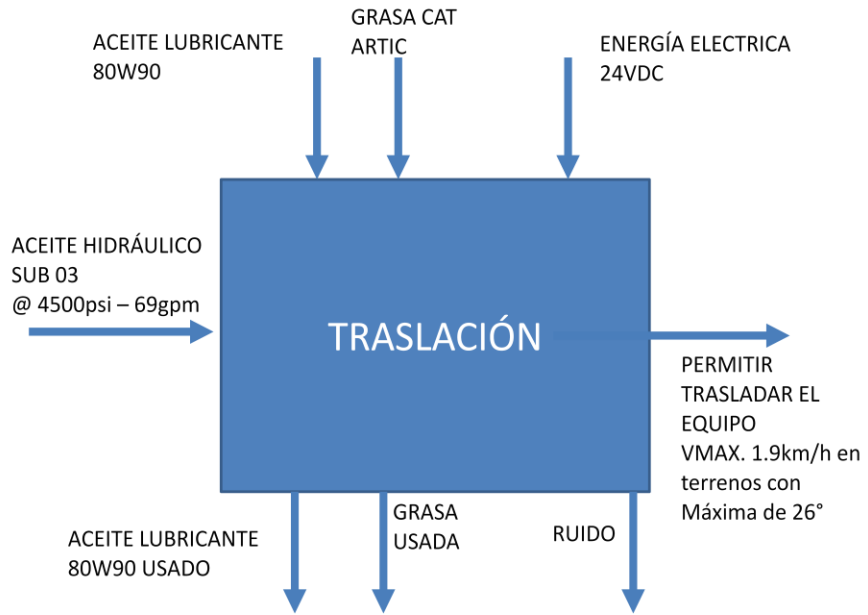


Figura 38. Diagrama de entradas y salidas del sistema de traslación

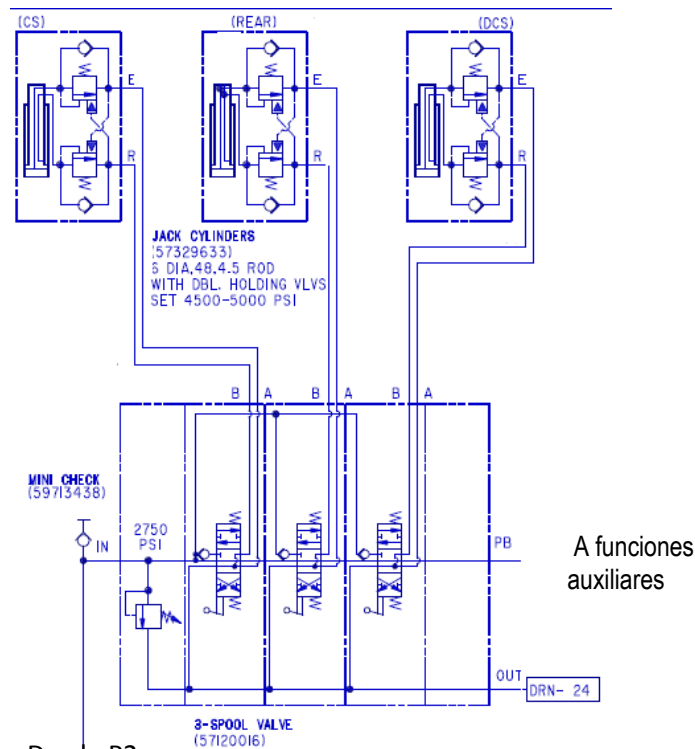
18. Posicionamiento

El sistema de posicionamiento permite nivelar la perforadora con respecto al plano horizontal para comenzar a perforar. El mismo está compuesto por los siguientes componentes:



Figura 39. Componentes del sistema de posicionamiento

Este sistema es alimentado con aceite hidráulico proveniente del tanque a través de la bomba doble P2 a un caudal de 26gpm, la cual es accionada por la PTO descrita anteriormente.



Desde P2
Figura 40. Circuito hidráulico de gatos

El caudal de aceite hidráulico es dirigido hacia los gatos de nivelación mediante un banco de válvulas de 3 cuerpos a una presión de 2750psi. La perforadora DMM2 cuenta con tres gatos con capacidad de 77000lbs cada uno; dos en la parte trasera y uno en la parte delantera.

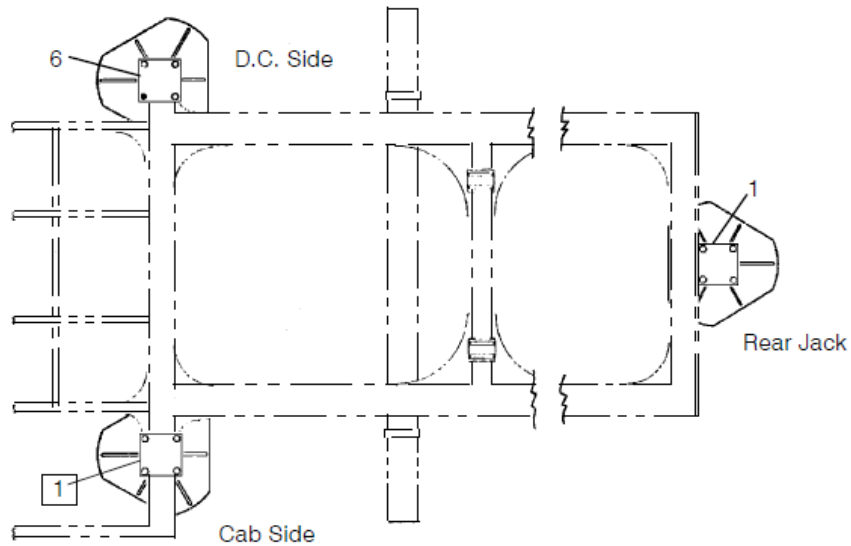


Figura 41. Ubicación de gatos en la perforadora

Cada gato de nivelación está compuesto de dos válvulas contrabalance y un cilindro de nivelación de 6" de diámetro y 48" de recorrido. Los mismos se apoyan al suelo a través de una zapata de 4903cm².

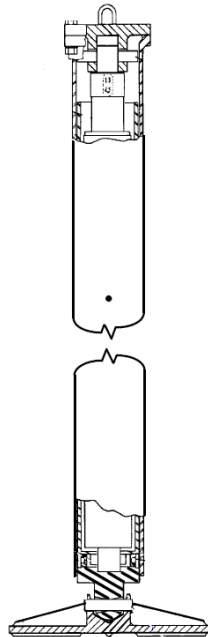


Figura 42. Gato de nivelación

Los gatos de nivelación son accionados desde la cabina del operador mediante comandos de operación que actúan mecánicamente sobre el banco de válvulas de 3 cuerpos permitiendo nivelar la perforadora. Se indica en la cabina la nivelación de la perforadora con respecto a la horizontal con un indicador de nivel. Este indicador está compuesto por un recipiente semiesférico relleno con un fluido transparente con una burbuja de aire que indica la posición de la perforadora.

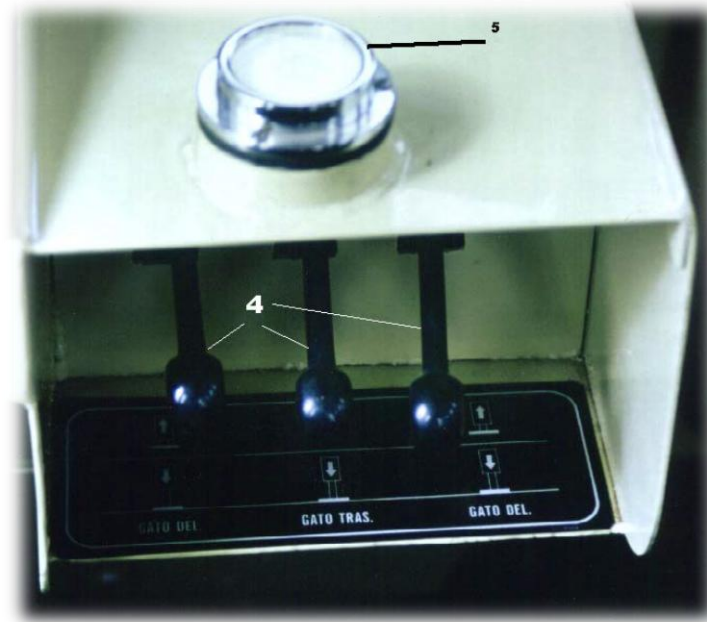


Figura 43. Controles de gatos (4) – Indicador de nivel (5)

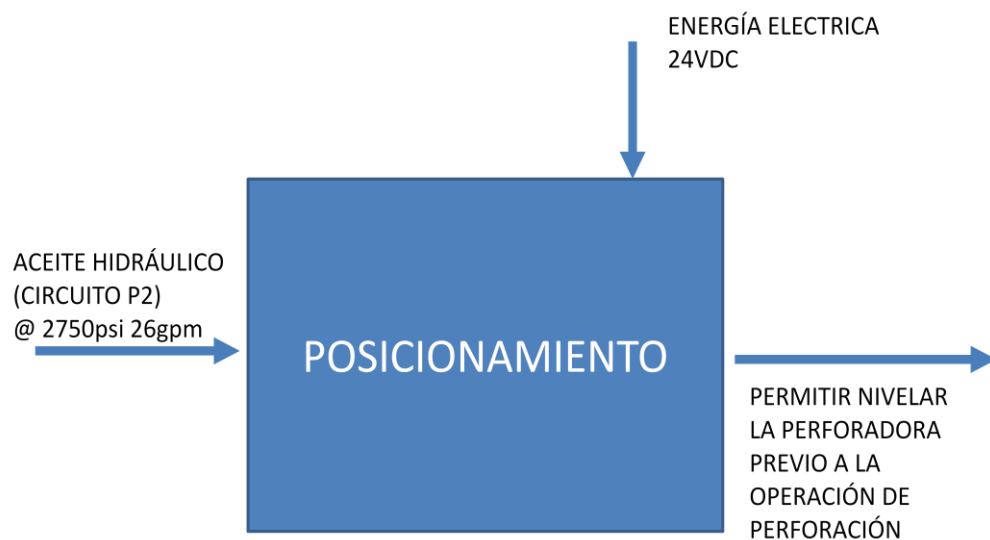


Figura 44. Diagrama de entradas y salidas del sistema de posicionamiento

19. Funciones del sistema de traslación y posicionamiento

1. Permitir trasladar la perforadora desde un punto A hasta un punto B a la velocidad fijada por el operador (máx. 1,9km/h).
2. Permitir regular la velocidad de traslación de la perforadora entre 0-1,9km/h.
3. Activar una alarma sonora externa de traslación cuando el operador cambia de perforación a traslación.
4. Bloquear el movimiento de los mandos finales cuando el operador cambia de traslación a perforación (parqueo).
5. Permitir tensar la cadena de traslación.
6. Activar una alarma visual en cabina cuando los gatos de nivelación están en su posición superior.
7. Permitir nivelar la perforadora con respecto al plano horizontal a una presión de 2750psi y a un caudal de 26GPM.
8. Indicar en cabina el nivel de la perforadora con respecto a la horizontal (sin ninguna desviación de la burbuja con respecto al punto de nivelación).
9. Contener aceite hidráulico.
10. Contener aceite lubricante en mandos finales.
11. Contener grasa en el cilindro tensor.
12. Lucir de acuerdo a estándares corporativos.
13. Impedir el contacto del motor de traslación y líneas hidráulicas con objetos extraños.

Capítulo V: Sistema de perforación

El sistema de perforación es el encargado de realizar pozos de 10-5/8" de diámetro y una profundidad de hasta 18m a una velocidad, requerida por el operador, máxima de 90rpm a una presión máxima de 4500psi.

El sistema de perforación se divide en rotación y avance compuestos de los siguientes elementos principales.

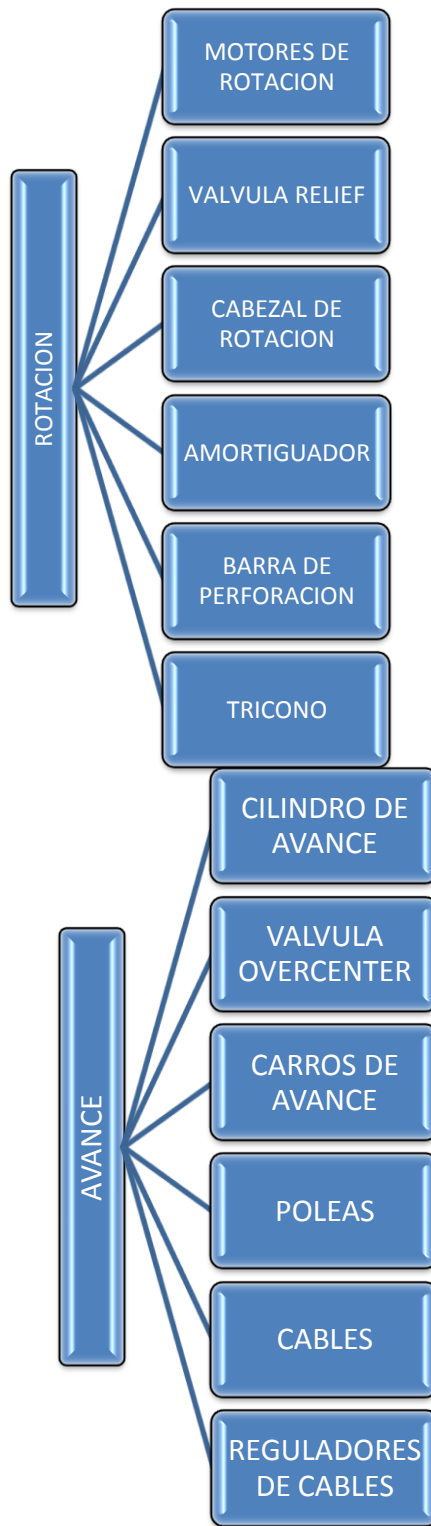


Figura 45. Componentes de los sistemas de perforación

El aceite hidráulico para la rotación y avance de la barra de perforación es suministrado por las bombas principales de la perforadora pasando por las válvulas divisoras de flujo cuando éstas se encuentran en posición de perforación (o parqueo). La válvula selectora accionada por el operador, aplica una presión de piloto en las puertas "X" de las válvulas divisoras venciendo el resorte y pasando a la posición de perforación. En esta posición el aceite suministrado por el circuito hidráulico de la perforadora estará a disposición del sistema de rotación y avance.

20. Sistema de rotación

El aceite hidráulico llega a los motores de rotación haciendo girar los mismos a 1800rpm. Estos transmiten el giro a las barras de perforación a través de una caja reductora (cabezal de rotación) con una relación de 15,22:1. Existe una válvula relif para liberar sobrepresiones en la carcasa de los motores de rotación mayores a 140psi.

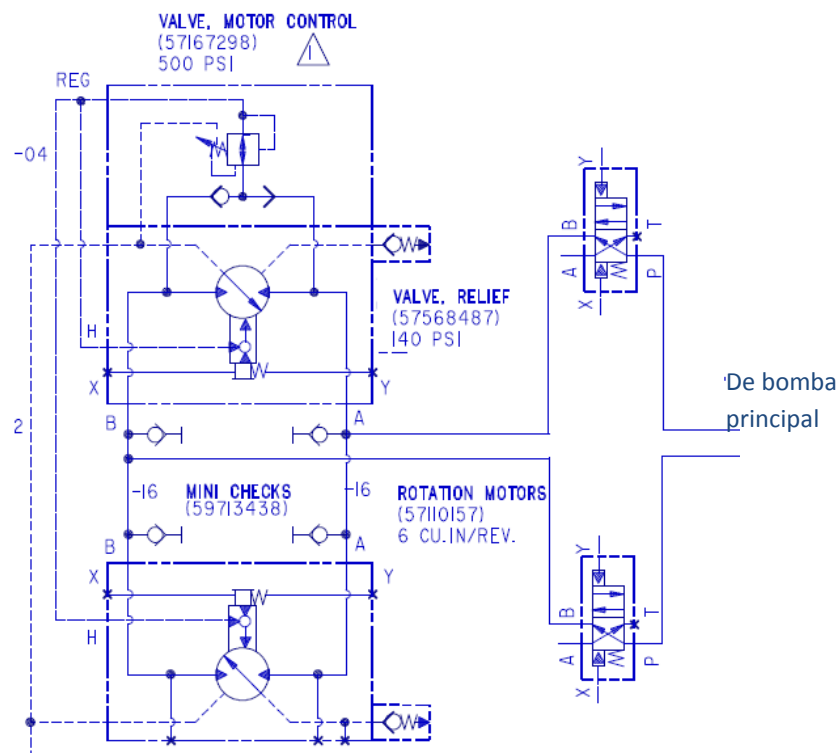


Figura 46. Circuito de rotación

El cabezal de rotación transmite el torque hacia la barra de perforación a través de un amortiguador el cual se encarga de absorber vibraciones y golpes originados por la operación de perforación protegiendo el cabezal.



Figura 47. Cabezal de rotación

El cabezal de rotación es lubricado con aceite 80W90 y el amortiguador debe estar engrasado con grasa ártica. Las barras de perforación son de acero de 9m largo y 9 1/4" de diámetro.

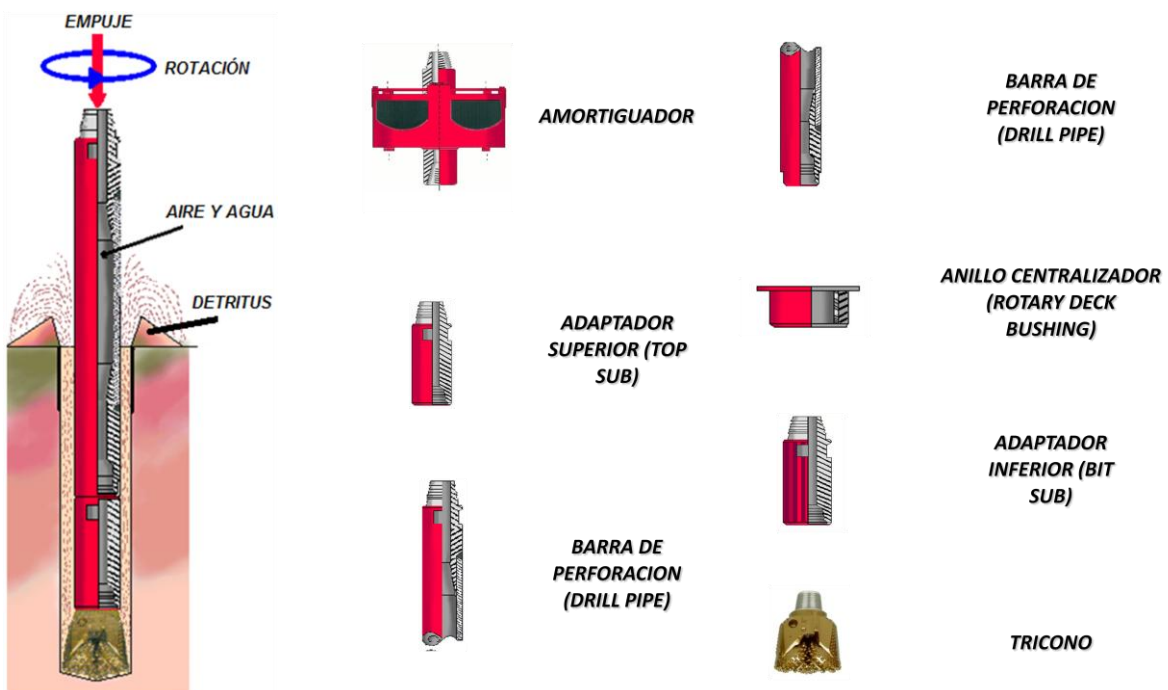


Figura 48. Componentes de tren de perforación

21. Sistema de avance

El aceite hidráulico llega al cilindro de avance de doble efecto que se mueve a una velocidad de 25,6m/min, con una fuerza de empuje de 75000lbs (pull-down) y 30000lbs de levante (pull-back). El cilindro de avance cuenta con dos vástagos que están unidos a los extremos de la torre, en la camisa del cilindro están acoplados dos carros de avance en los extremos. Los carros de avance cuentan con dos poleas cada uno y cuatro cables de acero de 1". Cada cable de acero posee un regulador manual de tensión.

En el momento que se deja de suministrar aceite al cilindro de avance, el peso del tren de perforación es soportado por el mismo mediante la válvula over center que mantiene una presión de 500psi en la parte inferior del cilindro.

El tren de perforación esta acoplado al cabezal de rotación mediante un amortiguador. Existe una conexión utilizada para adaptar las roscas de diferentes barras llamada "top sub". En el bit sub se enrosca en una barra de perforación. Cuando se está avanzando a partir de los 9m se debe colocar una segunda barra de perforación. Luego de las barras de perforación se acopla mediante otro bit sub donde se acopla un barreno. En todas las uniones del tren de barras se coloca un disco de bronce para evitar que los componentes se peguen. Las uniones son lubricadas con grasa grafitada periódicamente por el operador.

El barreno o tricono tiene en su extremo las salidas de aire y agua de perforación. En la punta del barreno hay tres conos giratorios que tienen insertos de tungsteno.

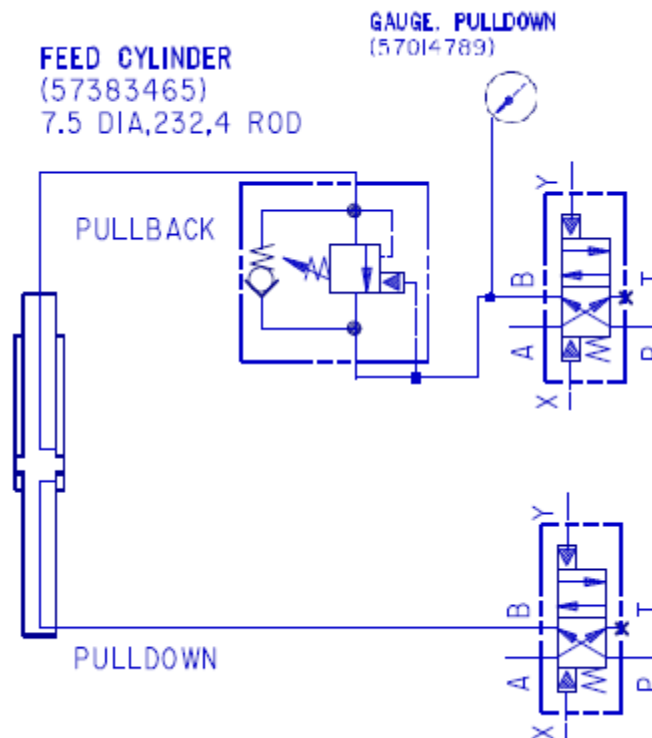


Figura 49. Circuito de avance

En la cabina, el operador cuenta con tres indicadores utilizados para la perforación. El Indicador de presión de rotación toma la presión a la salida de las válvulas divisoras midiendo e indicando presiones con una precisión de ± 100 psi. La presión de Pull-Down es indicada por un manómetro idéntico al de rotación y en su exterior tiene una escala de conversión que indica la fuerza aplicada para cada valor de presión. El tacómetro de rotación indica la cantidad de vueltas de la barra medidas en el cabezal de rotación y transformado en el indicador. Los indicadores de perforación se pueden ver en la Figura 50.



Figura 50. Manómetros de presiones de rotación, avance y tacómetro de barra

22. Funciones del sistema de perforación

1. Permitir perforar pozos de 10-5/8" de diámetro y una profundidad de hasta 18m a una velocidad requerida por el operador (máxima de 90rpm).
2. Permitir regular la velocidad de rotación entre 0-90rpm en ambos sentidos durante la operación de rotación.
3. Contener aceite hidráulico.
4. Contener aceite lubricante (80W90) en cabezal de rotación.
5. Contener grasa en amortiguador.
6. Liberar la presión de aceite de carcasa de los motores de rotación cuando sea mayor a 140psi.
7. Mantener una presión de 500psi en cilindro de avance cuando no exista presión de perforación.
8. Permitir tensar los cables de avance.
9. Indicar localmente el nivel de aceite del cabezal de rotación.
10. Indicar en cabina las rpm de la barra de perforación con una tolerancia de ± 5 rpm.
11. Indicar en cabina la presión de pull-down con una tolerancia de ± 100 psi.
12. Indicar en cabina la presión de rotación con una tolerancia de ± 100 psi.
13. Lucir de acuerdo a estándares corporativos.

Capítulo VI: Sistema de barrido

El sistema de barrido está compuesto por los sistemas de aire y agua de barrido.

23. Sistema de aire de barrido.

Este sistema suministra el aire necesario para retirar el material del pozo durante el avance de la perforación con un caudal de 1400cfm (pies cúbicos por minuto). El sistema de aire de barrido toma energía del motor diesel mediante un acople de goma (manchón) que acciona el compresor. El aire ingresa al compresor desde la atmosfera a través de dos filtros que trabajan en serie. El filtro primario y el secundario de aire impiden el ingreso de partículas superiores a 35 μ m. El ingreso de aire limpio al compresor es controlado por el operador a través de una válvula mariposa. Esta válvula es accionada manualmente desde la cabina por una palanca y un cable de acero. El movimiento de la válvula mariposa es ayudado por un cilindro neumático que posibilita vencer las presiones de apertura y cierre de la válvula.

La presión de aire es suministrada por un compresor a tornillo lubricado por aceite Rarus SHC 1024. Este aceite es recirculado a través de una bomba de lubricación acoplada en la parte posterior del compresor. El aceite lubricante se extrae del tanque separador y mediante la bomba de lubricación se envía al circuito enfriador de aceite lubricante de compresor. Antes de dirigirse nuevamente hacia el compresor, el aceite lubricante pasa por un filtro de 5 μ m. El circuito de enfriamiento cuenta con una válvula termostática que hace circular el aceite por el enfriador cuando el mismo alcanza una temperatura de 71°C y lo cierra cuando la temperatura es inferior a 63°C.

En la salida de aire del compresor se encuentra un sensor que indica en la cabina la temperatura del aceite del compresor. El indicador de cabina cuenta con un switch que detiene el motor diesel cuando la temperatura del aceite lubricante del compresor alcanza los 120°C.

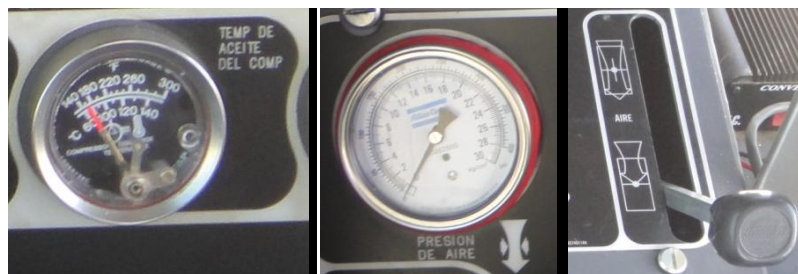


Figura 51. Indicadores de cabina y control (aire de barrido)

En la entrada del tanque de aire comprimido hay una válvula check para evitar que la presión del tanque se pierda cuando se detiene el motor. El tanque separador de aceite contiene un filtro que separa el aceite del aire comprimido. En la parte inferior del tanque existe una mirilla que indica el nivel de aceite lubricante en el sistema. El tanque cuenta también con una válvula de drenaje

para realizar los cambios de aceite lubricante del sistema además cuenta con un manómetro que indica localmente la presión del mismo. El tanque es protegido por una válvula de alivio que impide que la presión en el mismo supere los 125psi.

En la salida del tanque de aire comprimido se encuentra la válvula de presión mínima que mantiene la presión del tanque por encima de 65psi. La presión de aire de trabajo en el tren de perforación es indicada en cabina con una precisión de ± 5 psi.

Cuando la válvula mariposa está cerrada se produce un vacío en la admisión del compresor, cuando el vacío supera las 15inHg el switch acciona una válvula solenoide (válvula antiruido) que recircula el aire mezclado con aceite al compresor. La presión de vacío es indicada localmente en un compartimiento ubicado a un lado del compresor.

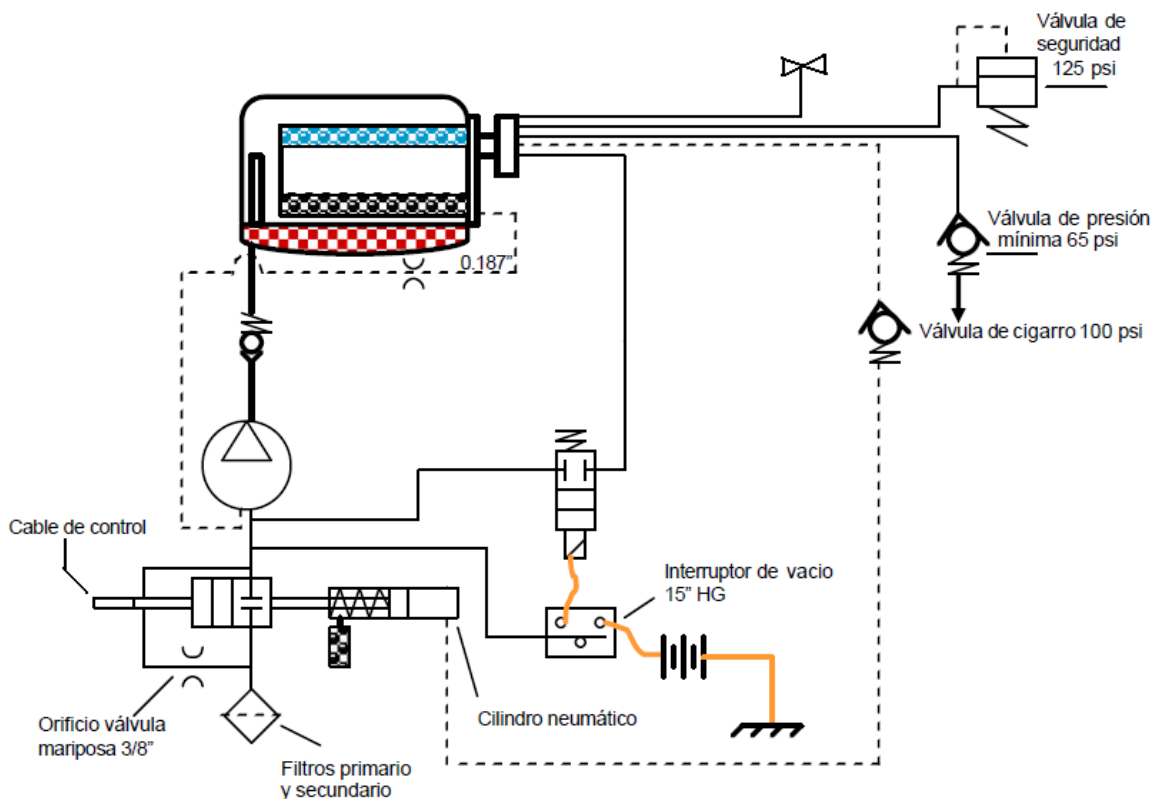


Figura 52. Sistema de aire de barrido

24. Sistema de agua de barrido

El sistema de agua de barrido es controlado desde la cabina mediante una válvula reguladora de caudal de aceite hidráulico al motor hidráulico de inyección de agua, pudiendo suministrar desde 0 hasta 8gpm. El motor hidráulico transmite su fuerza a la bomba por intermedio de un coupling. La bomba de inyección toma agua desde el tanque a través de un filtro de maya y la impulsa hacia el tren de perforación. La salida de la bomba de agua a su vez puede suministrar agua a

presión para el lavado de la perforadora. Estas líneas tienen una válvula esférica cada una para cerrar el circuito en caso de ser necesario. La bomba es lubricada con 1lts de aceite 15W40 contenido en su cárter. Este cuenta con un tapón de drenaje y un respiradero.



Figura 53. Indicadores de cabina y control (agua de barrido)

El tanque de agua tiene una capacidad de 400 galones. Es cargado por la parte superior y cuenta con una válvula que permite el drenaje del mismo.

El aire y agua de barrido llegan hasta el tricono, pasando por el cabezal de rotación.

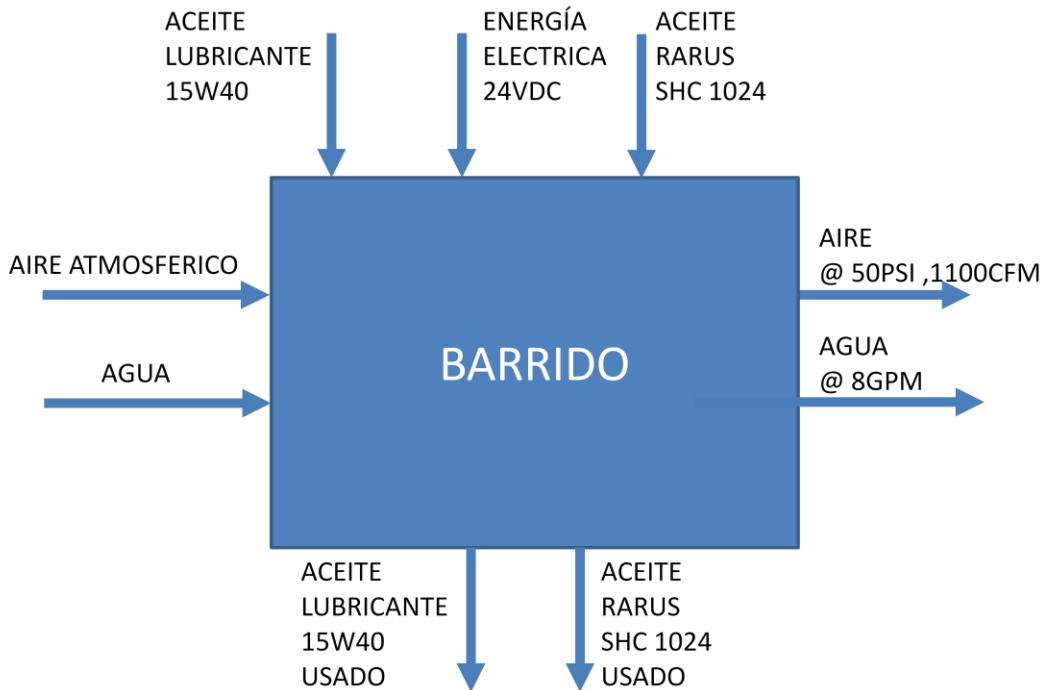


Figura 54. Entradas y salidas sistema de barrido

25. Funciones del sistema de barrido

- 1- Suministrar 1100cfm (pies cúbicos por minuto) de aire a 50psi al tren de barras de perforación.
- 2- Permitir regular el flujo de aire entre 0 y 1100cfm.
- 3- Indicar en cabina la presión de aire en el tren de perforación con una precisión de ± 5 psi.
- 4- Indicar localmente el vacío con una precisión de $\pm 1/2$ inHg (pulgadas de mercurio).
- 5- Impedir la entrada de partículas superiores a $35\mu\text{m}$ al sistema de aire de barrido en la admisión.
- 6- Separar el 99,9% del aceite de lubricación del compresor del aire comprimido.
- 7- Indicar localmente si el nivel de aceite está entre el máximo y el mínimo.
- 8- Indicar localmente la presión del tanque de aire con una precisión de ± 10 psi.
- 9- Permitir drenar el aceite lubricante del tanque separador.
- 10- Contener aceite Rarus SHC 1024.
- 11- Contener aire.
- 12- Aliviar la presión del tanque separador cuando ésta alcance los 125psi.
- 13- Permitir despresurizar el sistema de aire para intervenirlo.
- 14- Mantener la presión del tanque a 65psi.
- 15- Indicar en cabina la temperatura del aceite lubricante de compresor con una precisión de $\pm 10^\circ\text{C}$.
- 16- Detener el motor diesel cuando la temperatura del aceite lubricante alcance 120°C .
- 17- Enfriar el aceite del sistema de lubricación a una temperatura entre 63°C y 71°C .
- 18- Impedir el ingreso de partículas, en el aceite, superiores a $5\mu\text{m}$ al compresor.
- 19- Aliviar la presión en el enfriador de aceite de compresor cuando ésta supere los 50psi.
- 20- Indicar localmente el estado de saturación de los filtros al sistema de aire de barrido en la admisión.
- 21- Recircular el aire por el compresor cuando la presión en la admisión sea menor a la atmosférica en 15inHg.
- 22- Permitir suministrar agua al tren de perforación a un caudal de hasta 8gpm, de acuerdo a lo requerido por el operador.
- 23- Permitir drenar el agua del tanque.
- 24- Contener agua de barrido.
- 25- Contener aceite de lubricación de la bomba de agua (15W40).
- 26- Prevenir que el agua de perforación se congele en el tanque.
- 27- Lucir de acuerdo a estándares corporativos.

Capítulo VII: Sistema contra incendios

26. Sistema contra incendios

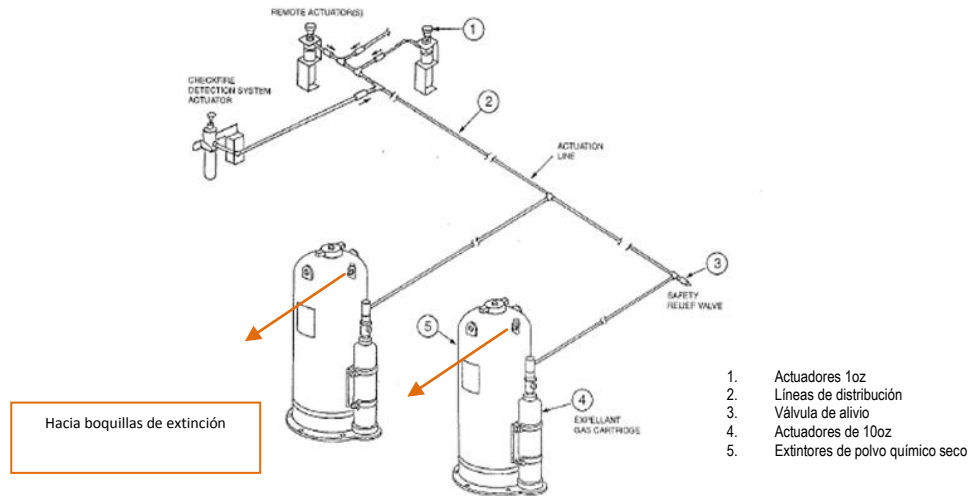


Figura 55. Circuito de accionamiento de sistema contra incendios

El sistema contra incendios es el encargado de descargar polvo químico seco a presión sobre los puntos de extinción previamente determinados. El mismo se comanda mediante tres actuadores manuales y un sistema automático de detección de llama. Todos funcionan mediante el accionamiento de actuadores sobre una botella de nitrógeno de 1oz, liberando el gas contenido para comandar las botellas de 10oz de nitrógeno. El nitrógeno a presión que sale de la botella de 10oz impulsa el polvo químico seco desde los extintores hacia todos los puntos o boquillas de extinción. El sistema automático de detección consta de un sensor que, ante la presencia de llama, envía una señal eléctrica a un módulo de control. Este actúa eléctricamente sobre una botella de 1oz de nitrógeno para accionar el sistema contra incendios.

Este sistema se alimenta con las baterías de 24VDC de la perforadora y cuenta con una batería interna que entra en funcionamiento en caso de corte de suministro eléctrico.

El sistema posee dos extintores que contienen 40kg de polvo químico seco cada uno.



Figura 56. Izda: Sensor de llama – Dcha: Módulo de control, actuador manual/eléctrico, botella de 1oz de N₂

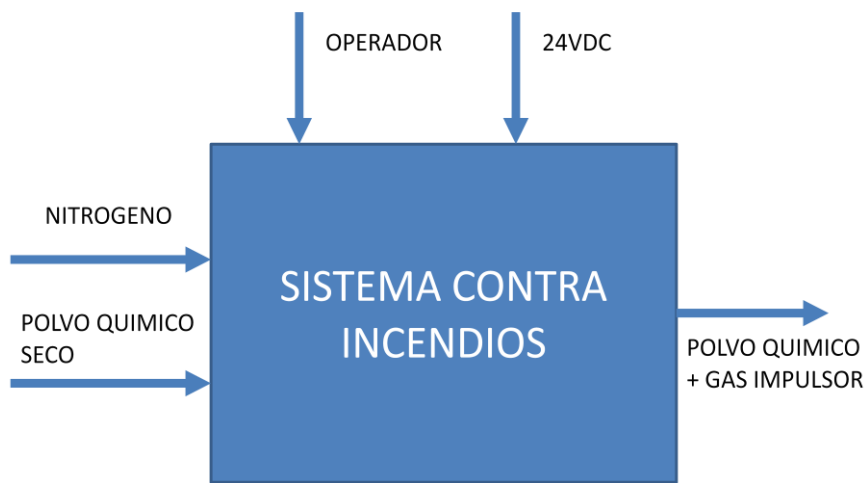


Figura 57. Entradas y salidas sistema contra incendios

27. Funciones del sistema contra incendios

- 1- Descargar 80kg de polvo químico con 10oz de nitrógeno en los puntos requeridos, en presencia de llama.
- 2- Permitir accionar el sistema contra incendios localmente desde cabina, lado izquierdo y lado derecho de la perforadora.
- 3- Contener nitrógeno.
- 4- Contener polvo químico.
- 5- Mantener energizado el sistema de detección automática en ausencia de una fuente de energía externa.
- 6- Liberar la presión de nitrógeno en la línea de accionamiento cuando esta supere los 265psi.
- 7- Permitir extinguir manualmente principios de incendios en zonas al alcance del operador con 10kg de polvo químico seco.
- 8- Lucir de acuerdo a estándares corporativos.

Capítulo VIII: Sistema cabina de control

28. Sistema cabina de control.

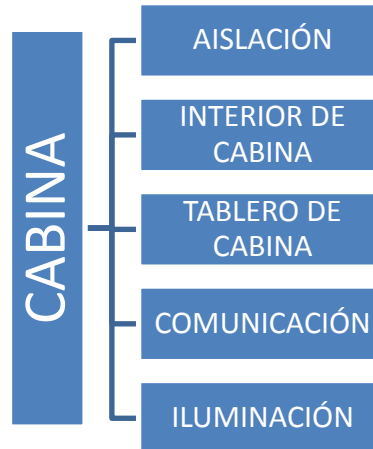


Figura 58. Diagrama de bloques sistema cabina de control

AISLACIÓN

El sistema cabina de control es el encargado de proteger al operador de las condiciones climáticas externas. Para esto consta de aislación térmica y acústica (de espuma de poliuretano forrada en cuero), dos puertas de acceso con cerradura, siete ventanas con vidrios laminados, burletes de goma con cierre hermético en todas las aberturas.



Figura 59. Cabina de control de perforadora DMM2

INTERIOR DE CABINA

En el interior consta con una butaca que permite al operador permanecer en posición sentada durante las horas de operación. Los sistemas de calefacción y calentador de pies funcionan con fluido refrigerante proveniente del motor diesel. El sistema de aire acondicionado funciona con gas R134 y es accionado eléctricamente con 24VDC. El aire para calefacción o aire acondicionado es recirculado en el interior de la cabina, pasando por un filtro de 5µm. El

operador puede accionar la bocina desde el interior de la cabina para advertir que está por trasladar la perforadora.

TABLERO DE CABINA

El tablero general en cabina, muestra indicadores de trabajo del resto de los sistemas analizados. Cuenta con un horómetro para llevar las horas de funcionamiento del motor e interruptores para accionamiento de luminarias. Este tablero cuenta con cuatro letreros que indican el funcionamiento específico de cada componente.



Figura 60. Tablero de cabina de control

COMUNICACIÓN

El operador puede comunicarse por escrito con el despachador de operaciones mediante el sistema Dispatch para indicar el estado en que se encuentra la perforadora (operación, mantenimiento, stand-by, etc.). Este sistema permite además visualizar las coordenadas de GPS para perforar los pozos. Para la comunicación oral cuenta con una radio base VHF alimentada con 12VDC provenientes de un convertidor que se alimenta de las baterías con 24VDC. El operador puede reproducir música con un estéreo y parlantes instalados para este fin.

ILUMINACIÓN

Para iluminación dentro de la cabina posee lámparas en el tablero y en el techo de la misma. Para la iluminación exterior consta de 8 lámparas halógenas de 70W ubicadas en sala de motor, techo de cabina, debajo de plataforma y zona de perforación.

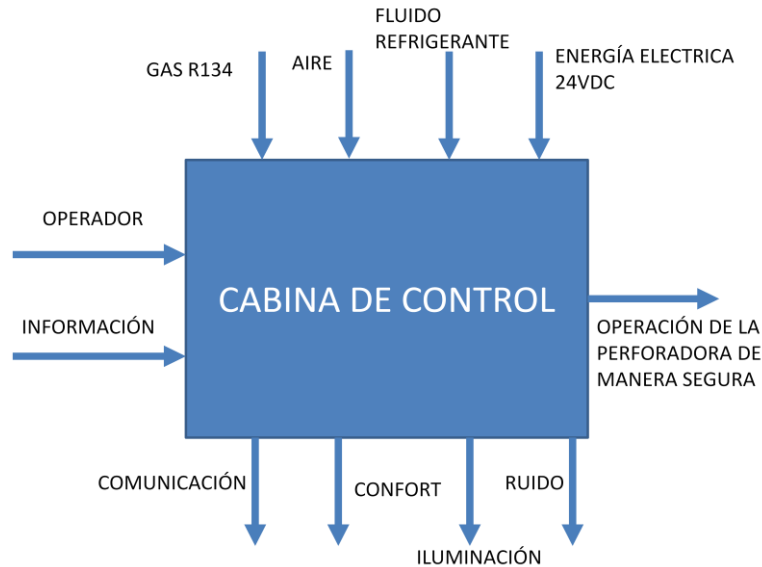


Figura 61. Diagrama de entradas y salidas sistema cabina de control

29. Funciones de sistema cabina de control

- 1- Mantener dentro de la cabina un nivel de ruido inferior a 83,2dB.
- 2- Permitir regular la temperatura interior de cabina entre 19°C y 25°C.
- 3- Permitir el ingreso y egreso de personas a la cabina de manera segura.
- 4- Permitir al operador visualizar hacia el exterior de la cabina.
- 5- Impedir el ingreso de partículas de polvo al interior de la cabina.
- 6- Soportar a una persona de peso promedio sentada cómodamente durante la operación de la perforadora.
- 7- Retener partículas superiores a 5µm en el aire recirculado del interior de la cabina.
- 8- Permitir advertir la traslación de la perforadora sonoramente.
- 9- Indicar en cabina los nombres de instrumentos y controles del tablero.
- 10- Indicar en cabina las horas de funcionamiento del motor diesel con una desviación inferior a una hora.
- 11- Permitir la comunicación con el despachador.
- 12- Permitir la comunicación radial.
- 13- Indicar al operador la posición geográfica de perforación.
- 14- Permitir iluminar el interior de la cabina.
- 15- Permitir iluminar la zona de trabajo con 300lux.
- 16- Contener fluido refrigerante.
- 17- Contener gas R134.
- 18- Permitir reproducir música.
- 19- Lucir de acuerdo a estándares corporativos.

Capítulo IX: Sistema de lubricación

30. Sistema de lubricación



Figura 62. Sistema de engrase de perforadora DMM2

El sistema de lubricación sirve para adicionar grasa a los puntos de movimiento (pines y bujes) de la perforadora DMM2. Este sistema toma energía del aire suministrado por el compresor para accionar la bomba neumática de engrase.

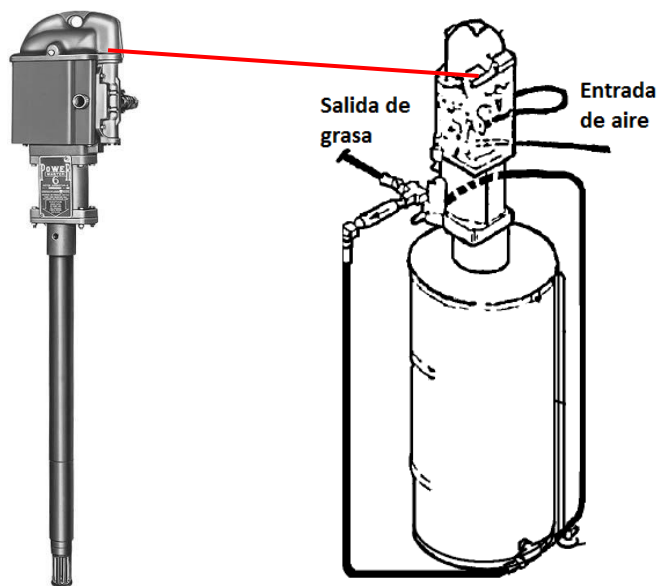


Figura 63. Bomba neumática de engrase.

El aire antes de actuar la bomba es secado, lubricado y regulado por una unidad FRL. El accionamiento de la bomba es controlado mediante una válvula esférica a la salida de la unidad FRL. La grasa utilizada por el sistema es extraída de un tacho de 200lts de grasa ártica. A la

salida de la bomba existe una línea de engrase de 10m en cuyo extremo se encuentra una pistola de engrase.



Figura 64. Izda: Unidad FRL – Dcha: Pistola de engrase.

El diagrama de entradas y salidas del sistema de lubricación se muestra a continuación.

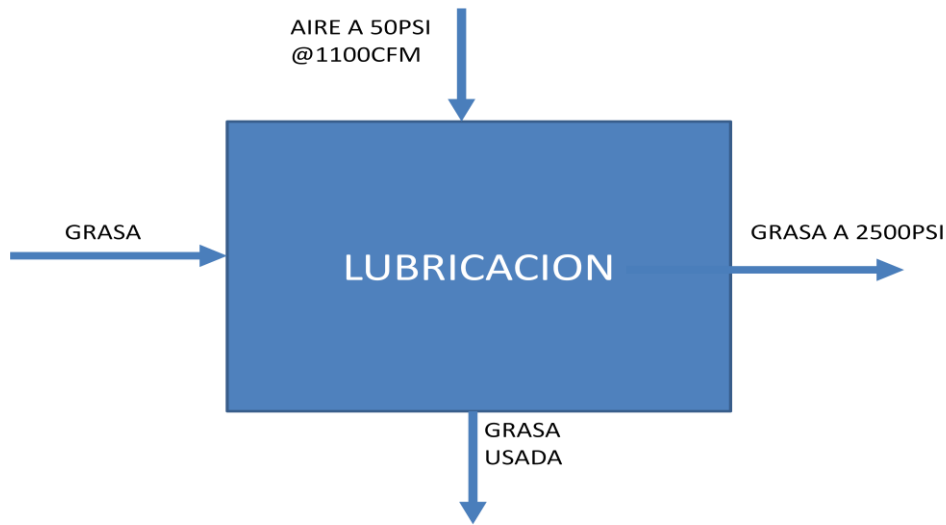


Figura 65. Entradas y salidas sistema de lubricación

31. Funciones del sistema de lubricación

- 1- Permitir engrasar todos los puntos de movimiento de la perforadora con 2500psi.
- 2- Impedir el ingreso de agua a la bomba de engrase.
- 3- Regular la presión de aire a 50psi en bomba de engrase.
- 4- Lubricar aire de bomba de engrase.
- 5- Contener grasa ártica.
- 6- Contener aire comprimido.
- 7- Contener aceite de lubricación de FRL.

Capítulo X: Sistema de funciones auxiliares

El sistema de funciones auxiliares de la perforadora DMM2 es el encargado de acoplar y desacoplar las barras de perforación, la elevación y aseguramiento de la torre, el movimiento de la cortina de polvo y del guinche de izaje. Todas estas funciones son fundamentales para la perforación y está compuesto de los siguientes subsistemas:



Figura 66. Componentes del sistema de funciones auxiliares

Los subsistemas de guiador de barras, llave "U" y cortina de polvo se alimentan desde el manifold de sobrecarga del circuito P1. Este circuito está aliviado a 700 psi que es la presión de trabajo de estos implementos. En la Figura 67 se observa el circuito hidráulico de estos subsistemas.

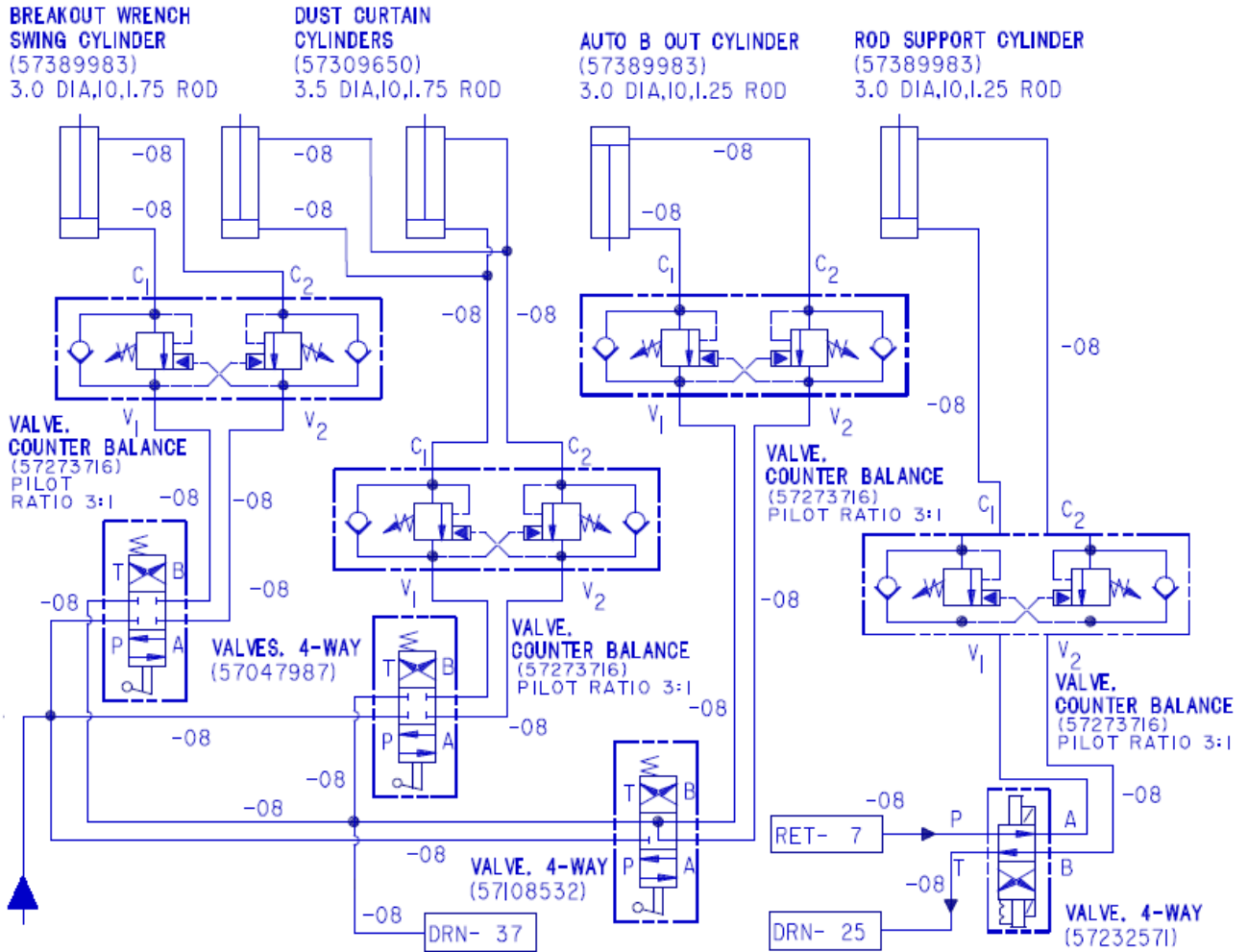


Figura 67. Funciones auxiliares accionadas por el aceite a 700psi en el manifold de retorno

Los subsistemas de levante y traba de torre, carrusel, guinche y llave de cadena se alimentan del aceite hidráulico proveniente del circuito P2 de la bomba doble. Este aceite luego de alimentar el banco de válvulas de tres cuerpos va hacia el cuadro de válvulas de seis cuerpos y acciona estos implementos como se ve en la Figura 68.

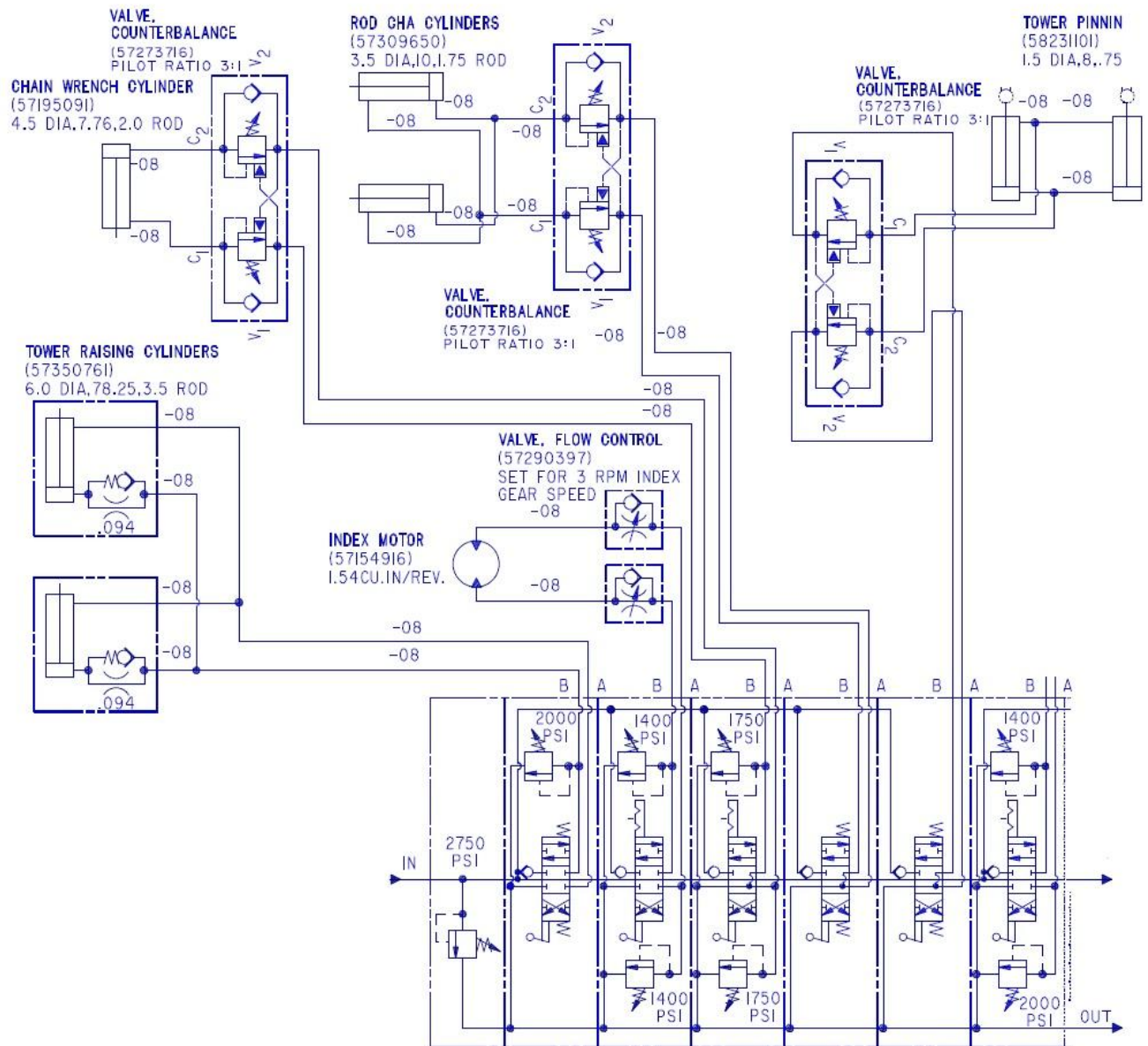


Figura 68. Circuito de funciones auxiliares accionado desde P2

Todas las funciones auxiliares se accionan desde la cabina mediante las palancas ubicadas a la derecha del tablero.



Figura 69. Controles de sistemas auxiliares

32. Levante y traba de torre

El aceite hidráulico para el subsistema de levante y traba de torre es suministrado desde el circuito P2 de la bomba doble, controlado por al banco de válvulas de 6 cuerpos, luego de pasar por el banco de válvulas de 3 cuerpos.

El movimiento de la torre es accionado por dos cilindros, que ubican la torre en posición horizontal para la traslación o vertical para el proceso de perforación. Estos cilindros trabajan con una presión de 2000psi y son comandados desde la cabina mediante una palanca. Los pines de los cilindros de levante de torre son lubricados con grasa ártica. Cuando la torre se encuentra en posición vertical el operador debe colocar los seguros de torre controlados por una palanca desde la cabina y accionados por dos cilindros a 2750psi, asegurando la torre con dos pines. El estado de los seguros de traba de torre es indicado en la cabina del operador con una luz roja que indica que los pines están afuera y una luz verde que indica que la torre está asegurada



Figura 70. Cilindros de levantamiento de torre

33. Subsistema de Carrusel

La perforadora DMM2 cuenta con un carrusel que permite adicionar barras al tren de perforación. Este sistema cuenta con dos cilindros para la entrada y salida del carrusel y un motor para el giro y selección de barras. El giro del motor es controlado desde la cabina suministrando aceite a una presión de 1400psi que hace funcionar el motor mediante una caja reductora a una velocidad máxima de 3rpm. La entrada del carrusel se acciona desde cabina a una presión de 2750psi. La caja reductora del carrusel es lubricada con grasa ártica de la misma forma que los extremos de los cilindros.



Figura 71. Carrusel selector de barras

34. Subsistema de llave de cadena

La llave de cadena es usada para desacoplar las barras cuando no es posible hacerlo con los motores de rotación. La cadena es colocada por el operador mediante un tornillo y accionada desde la cabina. El torque es suministrado por un cilindro a una presión de 1750psi cuyos pines se lubrican con grasa ártica.



Figura 72. Llave de cadena

35. Subsistema Guiador de barras

El guiador de barras es utilizado para centrar los elementos del tren de barras de perforación, está compuesto por un cilindro en cuyo extremo tiene un rodillo. El cilindro es accionado desde la cabina con una palanca. Los pines del cilindro y rodillo son lubricados con grasa ártica.



Figura 73. Guiador de barra

36. Subsistema de Llave “U”

La llave “U” es utilizada para sujetar las caras de los elementos del tren de perforación y poder acoplar o desacoplar las barras, el amortiguador y el tricono. Consta de un cilindro de 700psi acoplado a la mesa de perforación que tiene en el otro extremo una llave en forma de “U” que sostiene las barras. La entrada y salida de esta llave es controlada desde la cabina y desplazándose mediante guías en la mesa de perforación.



Figura 74. Llave “U”

37. Subsistema de cortina de polvo

Las cortinas de polvo tienen la función de retener el material extraído del pozo en la circunferencia del mismo. Está compuesta por dos compuertas accionadas cada una por un cilindro que trabajan a una presión de 700psi. Cada compuerta tiene extensión flexible de goma. Estas compuertas deben permitir la apertura de las mismas mediante una palanca en la cabina.

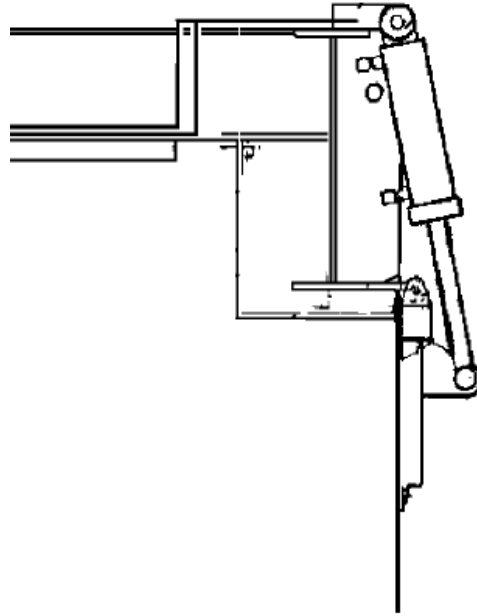


Figura 75. Esquema de cortina de polvo

38. Subsistema de guinche de izaje

La torre de perforación cuenta con un guinche de izaje utilizado para elevar elementos del tren de perforación de hasta 1,8tn a la plataforma de trabajo. Está compuesto por un motor hidráulico que permite izar cargas a una velocidad de 21,3m/min en ascenso y 15,2m/min en descenso. El motor cuenta con un freno de seguridad aplicado por resorte que es liberado cuando se aplica presión de aceite para el funcionamiento del motor. El control del guinche se realiza con los comandos ubicados en la cabina con un accionamiento eléctrico o desde el exterior a un costado de la torre. El cable de izaje de acero tiene en su extremo un gancho para sujetar las cargas y es lubricado con aceite HD10W. El tensado del cable se logra con una bocha adosada al extremo inferior que hace de contrapeso.

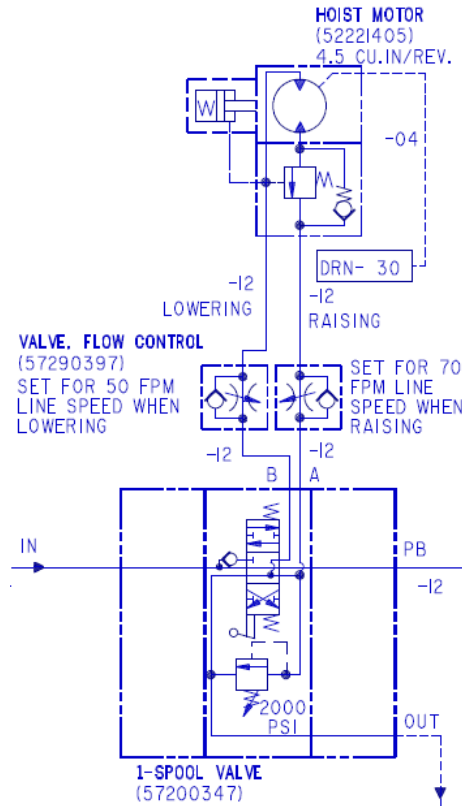


Figura 76. Circuito de guinche de izaje

39. Funciones de los sistemas auxiliares

- 1- Permitir posicionar la torre de perforación; a 0° para traslación o a 90° para perforación, con respecto a la horizontal con 2000psi.
- 2- Permitir asegurar la torre a 90° con una presión de 2750psi.
- 3- Permitir el giro del carrusel a una velocidad de 3rpm con 1400psi.
- 4- Permitir posicionar barras en el tren de perforación con una presión de 2750psi.
- 5- Indicar en cabina la posición de los seguros de torre.
- 6- Permitir izar cargas de hasta 1,8tn a una velocidad de 21,3m/min en ascenso y 15,2m/min en descenso.
- 7- Bloquear el desplazamiento del cable del guinche cuando no se suministra aceite al motor de guinche.
- 8- Permitir el control del guinche desde la cabina del operador.
- 9- Permitir desacoplar la barra de perforación en el caso que los motores no puedan desacoplar la misma, con una presión de 1750psi.
- 10- Permitir sujetar la barra en la mesa de perforación.
- 11- Retener el material suelto de la perforación (detritos) en la circunferencia del pozo.
- 12- Permitir abrir las capotas de la cortina de polvo cuando sea requerido.
- 13- Permitir centrar el tren de barras.
- 14- Aliviar la presión en el manifold de retorno cuando alcance los 700psi.
- 15- Contener aceite hidráulico.
- 16- Contener aceite lubricante.

- 17- Retener partículas superiores a 5µm en el respiradero de la caja reductora del carrusel.
- 18- Lucir de acuerdo a estándares corporativos.

ALGUNAS CONCLUSIONES

A través de la instrumentación se puede concretar un sistema de monitoreo para aumentar la confiabilidad ya que se pueden trazar curvas PF y advertir con antelación cuales serán las fallas según el modo de falla de cada componente, esta es una de las mayores ventajas de los sistemas de controlados con instrumentos.-

La instrumentación proporciona información concreta para la toma de decisión tanto para el operador como para el equipo de mantenimiento ya que esta información refleja el estado de funcionamiento del equipo o sistema.-

Los sistemas operados a través de instrumentación son más confiables y eficientes justamente la referencia proporcionada por los instrumentos guía al usuario o mantenedor a dirigirse hacia el objetivo productivo trazado.-

COMENTARIOS

Este estudio realizado por mi persona ha sido considerado para la aplicación a los equipos de perforación de la mina Veladero como así también del sistema de trituración.- Es grato advertir que este ejercicio de investigación y desarrollo puede servir para la compañía donde trabajo.- Actualmente la problemática de los equipos de perforación tiene que ver con la falta de confiabilidad de sus sistemas, este desarrollo da punta pie al inicio de un proyecto de mejora en esta flota que con la participación de supervisores, mantenedores y operadores.-

Si la implementación de este estudio da resultado con los equipos de perforación y planta de trituración se realizará en el resto de los equipos.-

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Cuando se aprende a implementar estos procesos de control de la operación y mantenimiento de distintos equipos o plantas a través de la instrumentación apropiada se podría decir que las ventajas son cuantitativas y cualitativas, se pueden medir en menor cantidad de personal para el mantenimiento, menor inventario de repuestos ya que la anticipación de la falla provee información valiosa al área de supply chain para la compra just in time de los mismos, al aumentar la confiabilidad la proyección y los compromisos de producción son posibles de cumplir si hay un buen cálculo.

Las desventajas aun no se advierten, la única desventaja es no evolucionar.-

- Yo tengo una página de cobertura similar al ejemplo de la página 89 o 90 del Suplemento.
- Yo incluí una tabla de contenidos con la página correspondiente para cada componente.
- Yo incluí un abstracto del documento (exclusivamente para la Tesis).
- Yo seguí el contorno propuesto en la página 91 o 97 del Suplemento con todos los títulos o casi.
- Yo usé referencias a través de todo el documento según el requisito de la página 92 del Suplemento.
- Mis referencias están en orden alfabético al final según el requisito de la página 92 del Suplemento.
- Cada referencia que mencioné en el texto se encuentra en mi lista o viceversa.
- Yo utilicé una ilustración clara y con detalles para defender mi punto de vista.
- Yo utilicé al final apéndices con gráficas y otros tipos de documentos de soporte.
- Yo utilicé varias tablas y estadísticas para aclarar mis ideas más científicamente.
- Yo tengo por lo menos 50 páginas de texto (15 en ciertos casos) salvo si me pidieron lo contrario.
- Cada sección de mi documento sigue una cierta lógica (1,2,3...)
- Yo no utilicé caracteres extravagantes, dibujos o decoraciones.
- Yo utilicé un lenguaje sencillo, claro y accesible para todos.
- Yo utilicé Microsoft Word (u otro programa similar) para chequear y eliminar errores de ortografía.
- Yo utilicé Microsoft Word / u otro programa similar) para chequear y eliminar errores de gramática.
- Yo no violé ninguna ley de propiedad literaria al copiar materiales que pertenecen a otra gente.
- Yo afirmo por este medio que lo que estoy sometiendo es totalmente mi obra propia.

PABLO JAVIER RODRIGUEZ

DNI 20.525.135 _____

Firma del Estudiante

05 DE ABRIL DEL 2013

Fecha