

2009

# MANUAL DE FORMACIÓN PREVENTIVA ESPECÍFICA PARA EL DESEMPEÑO DEL PUESTO DE OPERADOR DE MAQUINARIA DE ARRANQUE/CARGA/VIALES EN ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE EXTERIOR

---

*Secretaría de Estado de Energía*

---

*Ministerio de Industria, Turismo y Comercio*

---

---

*Laboratorio Oficial J. M. Madariaga*

---

*Universidad Politécnica de Madrid*

---



12/11/2009

# MANUAL DE FORMACIÓN PREVENTIVA ESPECÍFICA PARA EL DESEMPEÑO DEL PUESTO DE OPERADOR DE MAQUINARIA DE ARRANQUE/CARGA/VIALES EN ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE EXTERIOR

**Pala cargadora y excavadora hidráulica de cadenas**  
**ITC 02.1.02. ET 2001-1-08**

## CAPÍTULO 3

### EQUIPOS, HERRAMIENTAS O MEDIOS AUXILIARES DE CADA MÁQUINA EN PARTICULAR

Una forma de conseguir que se trabaje con Seguridad es conocer cómo funciona la Máquina con la que se va a trabajar o se está trabajando; esto ayuda al Operador a detectar posibles anomalías siguiendo los avisos de sus Instrumentos de Control y estar prevenido de posibles riesgos derivados de un funcionamiento incorrecto. En este Capítulo, se estudian los distintos componentes que forman parte de una Máquina de Carga en las dos posibilidades que se contemplan en el presente Manual, es decir, Palas Cargadoras de Ruedas y Excavadoras Hidráulicas de Cadenas, su funcionamiento básico a nivel de Operador, siempre enfocado a la Seguridad, deteniéndose en aquellos dispositivos con los que los fabricantes dotan a sus Máquinas para que puedan cumplir con los requisitos esenciales de Seguridad que exige el marcado CE o con los requisitos mínimos establecidos en el Anexo I del Real Decreto 1215/1997, en función de la fecha de la primera puesta en servicio de la máquina.

## I. CONOCIMIENTO GENERAL DE LA MÁQUINA Y DE SUS ACCESORIOS

Aunque no es imprescindible que el Operador de una Máquina conozca a fondo su funcionamiento, es conveniente que sepa cómo se comportan sus componentes, al menos de una forma elemental; con ello se consiguen tres objetivos:

- I. En el caso de un funcionamiento anormal de alguno de sus circuitos, decidir si se puede o no seguir trabajando sin tomar riesgos innecesarios que puedan repercutir en su Seguridad, pero no parando su Máquina por alguna anomalía que no supone riesgo, ni de avería para ésta, ni de accidente.
- II. Si se produce una avería en circuitos clave de la Máquina, tales como dirección, frenos, sistema hidráulico del equipo, etc., saber cómo y cuándo se activarán sus sistemas de emergencia, y cuál será el resultado de dicha actuación.
- III. Conocer los riesgos inherentes en lo que a Seguridad se refiere, que son consecuencia de las características de funcionamiento de sus componentes.

Aunque el funcionamiento general de un determinado tipo de Máquina es parecido en todas las marcas, cada una de ellas tiene unas peculiaridades que las diferencian unas de otras y que el Operador debe conocer; a este fin va enfocada la exigencia de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales cuando obliga a que éste reciba una formación específica sobre el modelo de Máquina con la que trabaja.

En este apartado estudiaremos sucesivamente el Funcionamiento Básico de los componentes de una Pala Cargadora y de una Retroexcavadora sobre Cadenas, para lograr los tres objetivos que acabamos de indicar.



## I.1 Funcionamiento Básico de los Componentes de una Pala Cargadora de Ruedas

La Pala Cargadora es, en lo que se refiere a su desplazamiento, un vehículo al que se le ha dotado de un Equipo de Trabajo cuyos movimientos se accionan por medio de un Sistema Hidráulico. El tamaño de esta Máquina va, desde las Minicargadoras, con potencias del orden de 40-50 hp, hasta las Grandes Palas Cargadoras con masas superiores a las 200 toneladas y cucharones de hasta los 25-30 m<sup>3</sup>. En las Explotaciones Mineras, Plantas de Áridos, etc., lo más normal es que se utilicen modelos entre las 15 y las 100 toneladas, quedando los modelos de mayor tamaño para las Grandes Minas, que, si bien han tenido algunas unidades de estos tamaños en España, su presencia es prácticamente nula. Por ello no las estudiaremos en este Manual, al igual que quedan fuera de su objetivo las Palas Cargadoras Compactas.

Los Componentes Básicos de una Pala Cargadora son:

- ⇒ Motor
- ⇒ Transmisión
  - Mecánica
  - Hidráulica
    - Power Shift
    - Hidrostática
- ⇒ Articulación
- ⇒ Frenos
- ⇒ Sistema Hidráulico
  - Dirección
  - Equipo de Trabajo.
- ⇒ Cucharón
- ⇒ Neumáticos
- ⇒ Cabina



A continuación, se estudian cada uno de ellos.

### I.1.1 MOTOR

En cualquier modelo de Maquinaria Móvil se utiliza motor diesel por varios motivos:

- Por su robustez, muy superior a la de otros motores, y que dan unos valores de par motor y potencia mayores que otras posibles opciones.
- Por Seguridad, dado que el gas-oil no arde nada más que bajo unas determinadas condiciones de presión y temperatura, muy superiores a aquellas con las que nos encontramos habitualmente. A la presión atmosférica y a la temperatura ambiente no se inflama a menos que haya algún elemento que le haga desprender vapores que sí son inflamables.
- Por economía; su coste es inferior al de la gasolina, y al de cualquier otro combustible para motores que alcancen los valores de par y potencia que se obtienen con ellos.



Habitualmente se utilizan motores de cuatro tiempos, si bien hay fabricantes que se decantan por motores de dos tiempos; no vamos a detenernos en este Manual en explicar el funcionamiento de ambas opciones, porque las consideramos conocidas por la mayoría de los Operadores, pero sí que vamos a detenernos brevemente en el Funcionamiento de sus Sistemas Auxiliares que son los causantes de la mayor parte de las averías de un motor.

Estos **Sistemas Auxiliares** son:

- Sistema de Engrase.
- Sistema de Refrigeración.
- Sistema de Admisión y Escape.
- Sistema de Inyección.

## → SISTEMA DE ENGRASE

También conocido como Sistema de Lubricación, está formado por aquellos componentes que se encargan de llevar el aceite a todos los puntos del motor que lo necesitan para conseguir que funcione sin averías durante muchas horas. **Su elemento fundamental es EL ACEITE que REALIZA TRES MISIONES:**

1. *Engrasar.* Todos los elementos que componen un motor, tales como cigüeñal, bielas, pistones, segmentos, válvulas, etc., se fabrican con aleaciones de materiales metálicos; el roce entre sus superficies sin ningún lubricante, provocaría un aumento de temperatura tal que en pocos segundos, se alcanzaría su punto de fusión, produciéndose lo que se conoce como “gripado” del motor, avería que lo deja inservible, con una reparación larga, difícil y costosa. Para evitar este problema, se utiliza aceite de forma que entre las superficies metálicas que van a estar en contacto, se cree una película que lubrique ambas superficies de forma que el contacto metal-metal se sustituya por metal-aceite-metal y se disminuya el rozamiento en todo lo posible.
2. *Refrigerar.* El aceite llega a zonas en las que las temperaturas que se alcanzan harían imposible su refrigeración por agua; baste pensar que a 100°C ésta comienza a hervir, se convierte en vapor y se reduce en gran medida su poder de enfriar; además, este vapor produciría la oxidación de las superficies metálicas, de tal forma que aceleraría su desgaste. Con el aceite podemos enfriar estos puntos sin temor a la oxidación.
3. *Limpiar.* El aceite, al tiempo que engrasa y circula por el interior del motor, arrastra la suciedad que se produce por los residuos de la combustión; este trabajo de limpieza se completa en el filtro que es el encargado de retener estas partículas y nos asegura un aceite limpio en todo el circuito; obviamente, el filtro se va obturando conforme va reteniendo la suciedad, por lo que los motores llevan uno o más elementos filtrantes que deben cambiar a las horas indicadas por el fabricante. El poder detergente de un aceite puede mejorarse añadiéndole determinados aditivos que lo potencian; su mayor o menor presencia depende de la calidad que el fabricante establezca.



Para cumplir estas misiones, **EL ACEITE debe poseer, en el grado exigido por el fabricante de la máquina, las siguientes PROPIEDADES:**

1. *Viscosidad.* Por esta propiedad, el aceite es capaz de formar una película de pequeño espesor que resiste los esfuerzos cortantes que le transmiten las piezas en contacto sin que ésta se rompa. Normalmente, se mide en grados SAE, y, según sea la calidad del aceite, mantienen esta graduación hasta una cierta temperatura ambiente; por encima de este límite, el aceite se fluidifica y pierde parte de su viscosidad con lo que la película de engrase se rompe, hay puntos de roce metal contra metal y se aumenta el desgaste, pudiéndose producir, si esta circunstancia se mantiene mucho tiempo, una avería grave en el motor. Los fabricantes de aceites dan unas tablas en las que se recoge hasta qué temperatura ambiente el aceite mantiene su viscosidad, y por debajo de qué otra su viscosidad aumenta de tal forma que el aceite no es capaz de “fabricar” la película de engrase. Actualmente, existen en el mercado aceites multigrados que son perfectamente válidos para utilizarlos en la Maquinaria Móvil.
2. *Punto de Inflamación.* Indica la temperatura máxima que el aceite soporta sin arder; en los motores de las Máquinas, se montan enfriadores de aceite en el sistema de engrase, para disminuir el volumen de aceite necesario y para que no alcance dicha temperatura.
3. *Clasificación del Aceite.* En el mercado hay una gran cantidad de firmas que fabrican aceites, cada una de las cuales ofrece una gama de productos más o menos amplia; no todos ellos tienen las mismas características ni sus propiedades alcanzan los mismos valores. Para que el usuario pueda decidir cuál de ellos es el adecuado a sus necesidades, los aceites se clasifican en grupos cada uno de los cuales cumple con unos mínimos en sus propiedades. Por otra parte, no hay una sola organización encargada de hacer estas clasificaciones; siglas tales como S.A.E. (Society Automotive Engineering), MIL (Military) del Ejército de los EEUU, A.P.I. (American Petroleum Institute), todas ellas americanas y otras europeas como las Normas I.S.O., son algunas de las muchas existentes, que clasifican sus aceites por su calidad. Estas clasificaciones vienen especificadas en las latas o bidones; depende de los fabricantes la decisión de poner a qué grupo pertenece según una o varias de las clasificaciones actualmente en vigor.



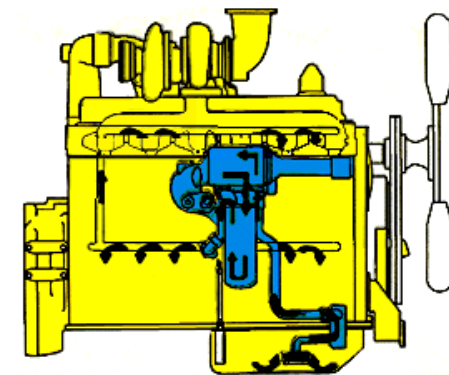
**SELECCIÓN DE UN ACEITE.** A la hora de seleccionar un aceite, es en este punto en el que hay que fijarse en primer lugar; suelen ser códigos de una o varias letras que diferencian si el aceite es para motores diesel o de gasolina, por ejemplo, y, dentro de cada uno de estos dos grupos, los diferentes grados de calidad. Una vez que se haya escogido el de la calidad adecuada, hay que escoger el grado de viscosidad adecuado a la temperatura ambiente de la zona geográfica en la que va a trabajar.

Hay *dos principios que se deben tener en cuenta*:

1. Se debe evitar la mezcla de aceites diferentes siempre que sea posible.
2. Nunca un motor debe trabajar ni escaso de aceite ni con exceso de él; hay que cumplir con las indicaciones que dé el fabricante de la Máquina en su Manual de Mantenimiento.

Los **COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENGRASE** pueden variar de una máquina a otra, pero siempre encontraremos los siguientes:

1. **Cárter.** Es el recipiente en el que se almacena el aceite que no está circulando por el motor, y su totalidad cuando el motor está parado. Está situado en la parte inferior del bloque, al que se une por tornillos con una junta intermedia que asegura su estanqueidad. Dispone de un tapón para su vaciado cuando sea necesario realizar el cambio de aceite.
2. **Bomba de Engrase.** Se encarga de succionar el aceite del fondo del cárter y enviarlo a los diferentes puntos del motor que necesitan ser engrasados. Normalmente es una bomba de engranajes, dotada de una campana de succión que absorbe el aceite; en ocasiones, sobre todo en motores de Máquinas que van a trabajar en un terreno con fuerte inclinación, la bomba dispone de dos campanas de succión para asegurar la disposición de aceite cuando la Máquina se inclina. Esta bomba suele moverse por el

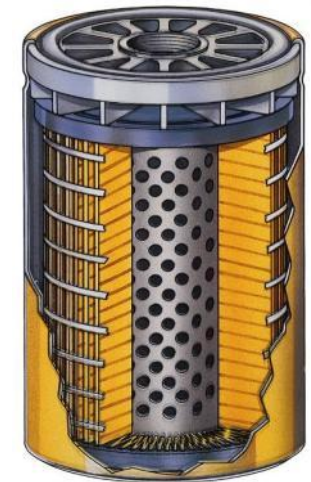


cigüeñal, y lleva incorporada una válvula de seguridad que alivia la presión contra la que se envía el aceite cuando ésta es demasiado alta.

**3. Enfriador de aceite del motor.** El aceite almacenado en el cárter durante su funcionamiento normal, está a una temperatura tal que si se envía directamente al filtro podría quemarlo; por esta razón, el primer punto por donde pasa el aceite es por el enfriador, que consiste en unos tubos por cuyo interior circula el agua mientras que el aceite pasa por los huecos que dejan estos tubos entre sí. Hay otros enfriadores que son radiadores de aceite en los que el aceite circula por los tubos, que son enfriados por una corriente del aire movido por el propio ventilador. Una válvula derivadora, envía el aceite al filtro, sin pasar por el enfriador, cuando el aceite está frío.

**4. Filtro de Aceite.** Su misión es impedir que las partículas que se producen en la combustión del gas-oil pasen al circuito de engrase. Hay tantos tipos casi como marcas, si bien los más normales son los de papel, plegado en acordeón para que quepa más cantidad en el mismo espacio, impregnado en una resina que absorbe y fija las partículas de suciedad.

Una vez que atraviesa el filtro, el aceite está totalmente limpio, y preparado para pasar por los conductos de engrase que, por lo general, son de muy pequeño diámetro. Este filtro debe cambiarse pasadas las horas que indica el fabricante de la Máquina; no obstante, si se llega a obstruir, el circuito dispone de una válvula de seguridad que envía el aceite al resto del circuito sin pasar por el filtro; no es una buena situación, pero siempre es preferible a que algún punto del motor se quede sin engrase.



**ENGRASE DEL MOTOR.** Cuando el aceite está limpio y frío, se envía a los distintos puntos del motor tales como cigüeñal, pistones, bielas, segmentos, válvulas, etc., que necesitan ser engrasados; cada marca tiene en este punto sus propias particularidades cuyo estudio es imposible realizarlo en el contenido previsto para este manual. El aceite, una vez que ha engrasado estos componentes, retorna al cárter por gravedad y arrastra la suciedad que se ha producido en ellos, y está listo para ser utilizado de nuevo.

Los modernos sistemas electrónicos, suelen montar un módulo para el motor que incluye un dispositivo que impide que el motor arranque hasta que no se alcanza la presión de engrase en su punto más alto; de esta forma se le protege de un eventual arranque sin aceite, al tiempo que se disminuye su desgaste en frío porque gira a muy bajas revoluciones hasta que la presión de lubricación no es la correcta.

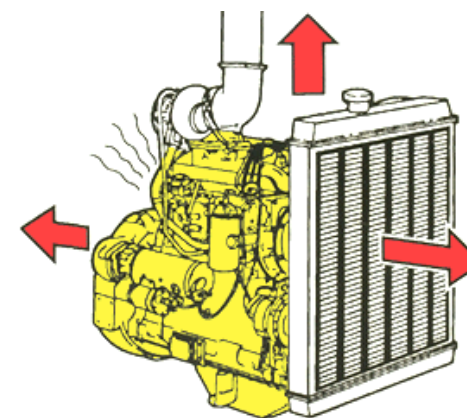
### → SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los motores de combustión interna, sean de gasolina, gas-oil o gas licuado, solamente aprovechan alrededor del 40% del calor que se produce cuando se consume el combustible; al estar fabricados por aleaciones metálicas, y ser éstas buenas conductoras del calor, hay alrededor del 30% de éste que se elimina o pierde por radiación y por la evacuación de los gases de escape.

Hay aproximadamente otro 30% que ni se aprovecha, ni se elimina por sí mismo; esto hace necesario que se dote al motor de un Sistema de Refrigeración que impida su calentamiento progresivo y continuo que le produzca un aumento ininterrumpido de su temperatura, lo que podría provocar averías importantes, incluso su rápida destrucción.

Aunque hay alguna marca que sólo utiliza el aire como refrigerante, en la mayoría de los casos las marcas optan por enfriar al motor por agua, aunque al final, cuando ésta alcanza una temperatura próxima a la de ebullición, haya que utilizar aire para mantenerla sin que llegue a hervir.

Para ser utilizada en el Sistema de Refrigeración de un motor, el agua debe ser destilada o desionizada; la potabilidad no sirve como garantía para que el agua sea utilizable en este sistema; aguas con alto contenido en cal pueden ser consumidas por el hombre y, sin embargo, no son válidas para los motores; hay que tener en cuenta que el efecto aislante de una película de cal de un milímetro de espesor es similar al de una superficie metálica 25 veces mayor. Por otra parte, la cal se va depositando en el interior de los tubos reduciendo su diámetro y al tiempo que produce la corrosión de la superficie en contacto con el agua: esto supone un riesgo de rotura en el radiador, los enfriadores, y en general, de cualquier elemento susceptible de sufrir estos dos fenómenos.



Cuando se usa un agua, sea dura o blanda, se debe combinar con una cierta proporción de anticorrosivo de acuerdo con las instrucciones que dé el fabricante de la Máquina.



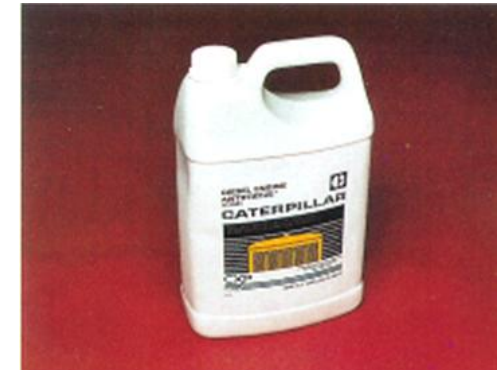
El agua se congela a 0°C y hierve a 100°C a una presión de una atmósfera; estos dos puntos marcan el campo de utilización del agua; en efecto, si se congela, aumenta de volumen y ello trae consigo el riesgo de reventón de un manguito, un enfriador, un tubo del radiador, etc. Para evitarlo, se añade al agua una cierta proporción de anticongelante, en función de la cual la temperatura de congelación disminuye. Este punto irá relacionado con la mínima temperatura atmosférica que se alcance en el lugar de trabajo de la Máquina.

Por lo que se refiere a la ebullición, el propio anticongelante eleva el punto a que se produce en función de su concentración. Hay que tener en cuenta que el peligro no es que el agua alcance los 100°C sino que llegue a hervir; si sucede esto, las burbujas de vapor, que son menos densas que el líquido, suben y se localizan en la parte más alta del motor, concretamente en la zona de las culatas; como el enfriamiento se produce por contacto, si una burbuja queda atrapada en un punto, se interpone entre el agua y la superficie a enfriar tapada por ella, con lo que una parte de la culata se sigue enfriando y la “protegida” por la burbuja cada vez se calienta más; la consecuencia es que la culata se raja por diferencia de dilatación.

Para evitar que el agua hierva y prolongar su zona de utilización, se usan Sistemas Presurizados; en efecto,



la temperatura a que hierve el agua es mayor cuanto más se aumenta la presión del circuito, por lo que si éste se hace hermético, se puede aprovechar más la capacidad de refrigeración del agua. Lo normal es que el circuito trabaje a unos 2 kg/cm<sup>2</sup> con lo que el agua comienza a hervir hacia los 125°C.



Los **COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN** por agua pueden tener algunas diferencias de una a otra marca o con la incorporación de algún componente de la transmisión, frenos, etc., pero los más habituales son los siguientes:

**1. Radiador.** Cumple dos misiones:

- I. Es el depósito en el que se almacena el agua; cuando el motor está funcionando, una parte del agua se recoge en el llamado tanque inferior del radiador, mientras otra parte está circulando por el bloque, culatas, etc. Cuando el motor se para, el agua se deposita por gravedad en el fondo del radiador y en la parte inferior del bloque.



En algunos casos, lleva incorporado un visor que permite comprobar el nivel del refrigerante sin necesidad de abrirlo; actualmente es normal que haya un tanque de expansión, consistente en una bombona de plástico transparente que se usa, para almacenar refrigerante; permite que, al ser visible el líquido de su interior, comprobar su nivel sin necesidad de abrir el radiador.

- II. Enfriar el agua que llega a su tanque superior y que proviene de haber refrigerado todos los demás componentes del motor.

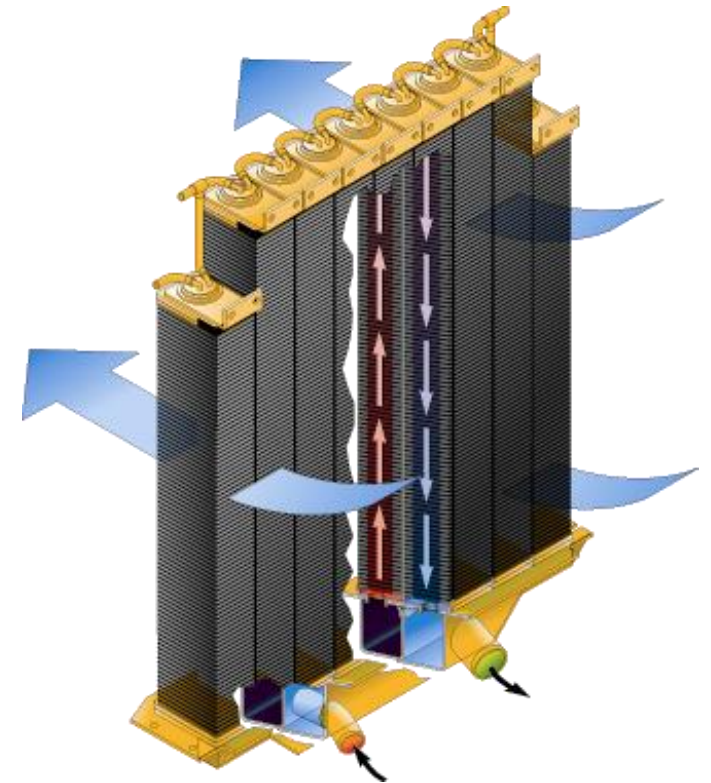
Lleva una serie de tubos por los que circula el agua, y, al mismo tiempo, a través del espacio que hay entre tubo y tubo, circula el aire que es impulsado por un ventilador; esto hace que el agua que está caliente al entrar en el radiador, se enfríe lo suficiente para ser utilizada de nuevo al llegar a su base.

El poder de enfriamiento de un radiador es tanto mayor cuanto más grande es el número de tubos por unidad de superficie; además, para aumentar aún más la capacidad de refrigeración, se le suelen poner una serie de aletas horizontales, que la aumentan cuanto más próximas están. Estas dos circunstancias tienen su límite, ya que el radiador se ensuciará antes cuanto más tubos y aletas tenga por unidad de superficie. Para facilitar su



reparación, los radiadores más modernos tienen un diseño modular que permite la sustitución de un elemento averiado sin necesidad de desmontar ni reparar el radiador completo.

2. **Bomba de agua.** Aunque sólo por diferencia de temperatura se produce una circulación espontánea en el agua del circuito, para conseguir un mayor caudal se usa la circulación forzada por medio de una bomba, por lo general de paletas, movida por el cigüeñal o desde la distribución del motor. Este accionamiento puede ser por correa o por engranajes. El agua proviene del tanque inferior del radiador.
3. **Enfriadores.** Cuando sale el agua de la bomba, al primer lugar al que se envía es a los enfriadores de aceite de motor, transmisión, frenos, sistema hidráulico que variarán en función del tipo de la Máquina y de los propios fabricantes. Suele circular por el interior de los tubos, mientras el aceite los rodea; esta circunstancia es para conseguir una mayor superficie de contacto del aceite con los tubos, y por lo tanto mayor refrigeración, y por la facilidad de limpieza en caso de reparación; es más fácil limpiar unos tubos por los que ha pasado agua que si por ellos hubiera circulado aceite.
4. **Elementos a enfriar.** Pasados los enfriadores, el agua entra en el bloque por su parte inferior y enfría las camisas, si son “húmedas”, y otros componentes hasta llegar a la parte superior por donde pasa a la culata, que es la zona en la que se alcanza mayor temperatura junto con el interior de los cilindros. En la culata están las válvulas de admisión y escape, árbol de levas, etc.; una vez que sale de la culata, el agua puede seguir dos caminos:
  - Si está todavía fría retorna a la bomba sin pasar por el radiador para reducir el tiempo necesario para que el motor alcance su temperatura de funcionamiento.



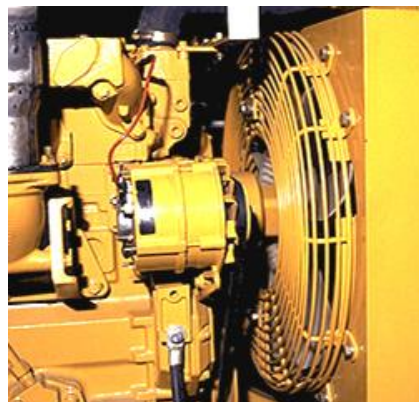
- Si está tan caliente que herviría si volviera a ser introducida en el motor sin bajarle la temperatura, pasa por el radiador donde se enfría lo necesario para volver a ser utilizada en la refrigeración del motor.

**5. Termostatos.** Son unas válvulas que controlan que el agua pase o no por el radiador; generalmente empiezan a abrir a los 85°C, y a los 90°C están completamente abiertos. En ocasiones, cuando un motor se calienta en exceso, se intenta solucionar el problema quitando este termostato, lo cual es un grave error, porque el motor trabaja frío durante mucho tiempo al pasar el agua por el radiador aunque esté fría, y un motor que trabaja frío lo hace a costa de su propia destrucción.

**6. Válvula de Seguridad.** También conocida como válvula de presión y derrame, tiene dos misiones que cumplir:

- Evitar que la presión suba excesivamente y pueda producir roturas en manguitos, enfriadores incluso en el radiador o en la bomba. Ya hemos dicho que la presión está limitada, normalmente a 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- Coger agua del tanque inferior del radiador, o del tanque de expansión, cuando disminuya el nivel de agua en el radiador. Esta válvula es la causante del riesgo de quemadura si se abre el tapón del radiador con el agua caliente; la presión del interior “escupe” violentamente el agua casi hirviendo del interior del radiador, con el consiguiente riesgo para la persona que lo abre.

**7. Ventilador.** Situado detrás del radiador, tiene como misión producir una corriente de aire que pase entre los tubos del radiador y enfríe el agua que circula por su interior; puede ser soplante, de aspiración o de aspas reversibles, siendo el de aspiración el que produce más refrigeración, pero también el que ensucia más las celdas del radiador.



En la mayoría de los motores, este ventilador se mueve por correas desde el engranaje de la distribución, si bien en los últimos años las marcas se están decantando por utilizar motores hidráulicos para su accionamiento en vez de las correas tradicionales.



## → SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE

Es el encargado de realizar dos trabajos distintos:

- Llevar el aire desde el exterior del motor al interior de los cilindros.
- Expulsar al exterior de los mismos los gases producidos por la combustión del gas-oil.

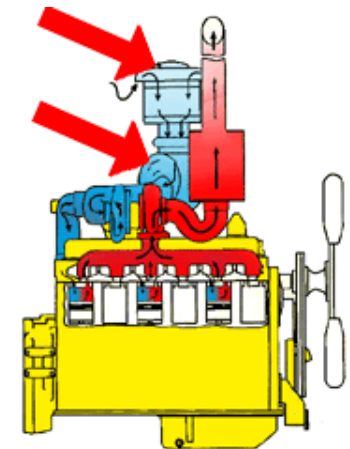
La *Admisión* se produce cuando sus válvulas están abiertas y el pistón que corresponde a este cilindro está en el tiempo de Admisión, es decir, está en una carrera descendente. Sus componentes tienen que llevar el aire **completamente limpio**, hasta los cilindros; varían según el motor utilice uno de las tres posibles alternativas: aspiración natural, con turbocompresor y con intercambiador de calor.



En *Motores Atmosféricos*, que así se llaman también los motores de aspiración natural, el aire llega a los cilindros, empujado por la presión atmosférica, gracias al vacío que se crea en el cilindro por el efecto de succión que se produce cuando el pistón desciende.

### DEL SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE:

1. **Prefiltro.** Es un primer filtro que elimina las partículas de polvo más gruesas, utilizando la fuerza centrífuga; en muchos casos está compuesto de una cazoleta de plástico transparente, abierta por su parte inferior en las que hay unas chapas inclinadas; la aspiración del motor hace el vacío en el cilindro y la presión atmosférica exterior fuerza la entrada del aire en el pre-filtro; las chapas le proporcionan un movimiento en espiral que envía a la parte más exterior las partículas más pesadas, que se





depositan en el fondo de la carcasa del filtro; el aire ya parcialmente limpio, sigue su camino hasta los filtros propiamente dichos.

Cuando el nivel del polvo de la cazoleta alcanza el máximo indicado en su carcasa, se desmonta y se elimina el polvo volcándola y limpiando el resto con un trapo, **pero sin golpearla contra otras partes de la Máquina para evitar que se deforme.** En motores de tamaños grandes, se suele utilizar un pre-filtro especial de tubos ciclónicos que si bien el principio es parecido al que acabamos de explicar, se diferencia en que el movimiento en espiral se produce por unos pequeños ciclones a cuya salida, el polvo se encuentra con una aspiración que viene desde el escape y que lo expulsa a la atmósfera a través del tubo de escape.



- 2. Filtros.** Por regla general, se utilizan filtros en seco, de papel plegado en acordeón, parecidos a los explicados para el aceite en lo que a funcionamiento se refiere; cada filtro suele llevar dos cartuchos filtrantes: primario y secundario o de seguridad. El tamaño del motor determina el número de elementos filtrantes que necesita.

Un indicador, instalado ya sea en la base del filtro o en la cabina, advierte al operador cuando hay que darles el mantenimiento. La misión de los filtros de aire es vital para el motor; basta una pequeña grieta por la que entren partículas de polvo para que éstas erosionen las cabezas de los pistones y los destrocen en unas pocas horas. Por esta razón, **nunca se debe hacer que un motor trabaje sin filtro de aire.**

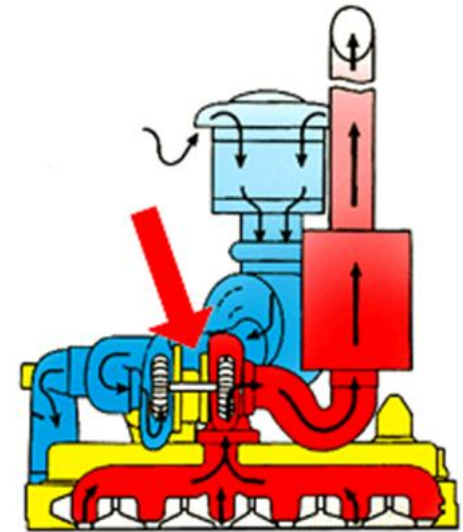
- 3. Colector de Admisión.** El aire que procede de los filtros llega a los cilindros a través de un conducto que se conoce como colector de admisión; el aire, ya limpio en más de un 99,8% de su peso, llega así a los cilindros en el momento que se abre la válvula de admisión que le corresponde.



El *Escape* tiene lugar cuando, una vez abiertas sus válvulas, el pistón realiza su carrera ascendente, que empuja al exterior los gases que se han producido durante la combustión del gas-oil, así como los residuos que hayan podido producirse.

Todos estos gases se recogen en un conducto común llamado Colector de Escape, que los lleva hasta el tubo de escape a través del silenciador.

En cualquier caso, la combustión de los hidrocarburos del gas-oil es una reacción química que tiene lugar en unas determinadas proporciones de aire/combustible; inyectar en el motor combustible en exceso es una mala opción porque es un gasto inútil. Como la presión atmosférica disminuye con la altitud, entra menos cantidad de aire razón por la cual se debe reducir la cantidad de gas-oil inyectada si se trabaja a partir de ciertas alturas, tal y como lo indique el fabricante; se perderá algo de potencia pero al menos no se tirará el combustible que no se ha podido quemar. La inyección electrónica que se ha incorporado en muchos motores, permite ajustar los tiempos de inyección de forma que esta circunstancia solamente se presenta en altitudes superiores a los 3.000 m.



Cuando los motores superan los 100-125 hp, los fabricantes optan por cualquiera de los otros dos Sistemas de Admisión indicados anteriormente: la turbo-alimentación simple o con posterior enfriamiento del aire.

En el caso de motores Turbo-alimentados, se añade a los elementos que acabamos de ver un elemento adicional: el Turbocompresor. El principio se basa en que, si a un motor se le puede introducir mayor cantidad de aire, se podrá quemar más combustible y, en consecuencia, obtener una mayor potencia.

Esto es lo que se consigue con el Turbocompresor que es un componente que se monta después de los filtros de aire “a caballo” entre la Admisión y el Escape.

Aunque son muchos los fabricantes de Turbocompresores y hay una amplia gama de modelos, el principio es siempre el mismo: aprovechar la energía cinética de los gases de escape para mover un rodete que, a un número de revoluciones muy elevado, consigue introducir más aire en los

cilindros; este régimen de giro es tan elevado que se hace necesario que el eje que une los dos rodets de Admisión y Escape “flote” en aceite para evitar desgastes prematuros.

Por ello con los motores que montan Turbocompresor se debe tener una precaución especial que es dejarles a “ralentí” durante unos 30-40 segundos, para reducir las revoluciones de los componentes del Turbocompresor, y parar el motor sin acelerar de nuevo; téngase en cuenta que al parar el motor, cesa el engrase por lo que el eje giraría con escasez de aceite hasta que se detuviera por rozamiento.



Al entrar el aire en los cilindros a una mayor presión, se produce inevitablemente un aumento de su temperatura que hace que parte de esa mayor cantidad de aire introducido se pierda por la menor densidad del aire caliente con lo que no entra en el cilindro toda la masa de aire que se hubiera podido conseguir si el aire estuviera frío; para evitar esta pérdida se utiliza el Turbocompresor seguido de un Intercambiador de calor que reduce la temperatura del aire antes de entrar en el cilindro; este sistema utiliza intercambiadores de calor de dos tipos: aire sobre aire o agua sobre aire, siendo el primero de ellos el más efectivo.

El disponer de mayor peso de aire dentro de los cilindros, permite, como en el caso del Turbocompresor, quemar más combustible y, por lo tanto, conseguir más potencia sin variar el resto de las características del motor. El mayor consumo horario de gas-oil, queda ampliamente compensado por el aumento de potencia obtenido.

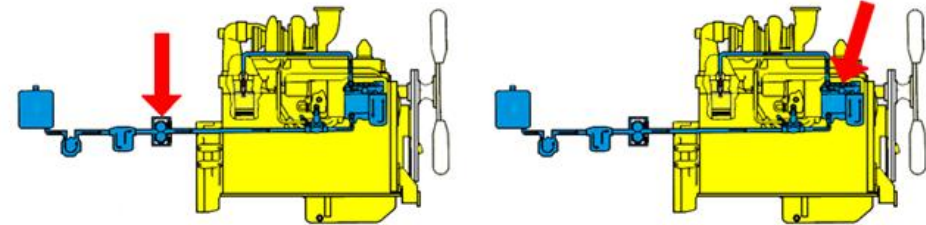


Ambos sistemas no son nuevos; de hecho ya en las Máquinas de la década de 1.960 existían ambas posibilidades; en aquella época, un motor de 7 litros de cilindrada que daba 100 hp en su versión de Aspiración Natural, aumentaba su potencia a los 130 hp por la incorporación del turbocompresor, y podía llegar a los 175 hp si se le añadía el intercambiador de calor.



## → SISTEMA DE INYECCIÓN

La finalidad de este Sistema es llevar el combustible limpio desde el depósito hasta el interior de los cilindros; se compone de dos partes: una denominada de Baja Presión, que es sobre la que el Operador puede tomar alguna medida correctiva, y otra, llamada de Alta Presión, que es donde se encuentra la bomba inyectora, sobre la que no puede tomar ninguna medida correctiva.



La zona de *Baja Presión*, va desde el Depósito hasta la entrada de la bomba, y su misión es proporcionar gas-oil completamente libre de impurezas en cantidad suficiente a la bomba de inyección.

Los **COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN** son los siguientes:

1. **Depósito de Combustible.** Su misión es almacenar gas-oil en la cantidad suficiente para que la Máquina disponga de una autonomía que le permita trabajar un determinado número de horas; como regla general aplicable a la mayoría de los casos, la capacidad del Depósito permite trabajar al menos **10 horas seguidas** al máximo rendimiento, quedando una pequeña reserva de alrededor del 5% sobre el total.

Esto permite asegurar que en un turno de trabajo o en una jornada normal, en los que nunca se trabaja al 100% de potencia de forma continua, no hará falta repostar. Normalmente, el Depósito no está presurizado, es decir que en su tapón hay un taladro que comunica su interior con el exterior; para evitar que entre suciedad por este agujero, la mayoría de los fabricantes colocan una esponjilla en el tapón que recoge esta suciedad, y debe limpiarse periódicamente.

Si se llega a obturar completamente y el depósito está casi vacío, la aspiración de la bomba podría arrugarlo de tal forma que queda inservible. Además de las propias impurezas del combustible, la parte del depósito que no está llena almacena aire en el que hay vapor de agua en mayor o menor proporción; cuando la Máquina se para y la temperatura exterior es baja, el vapor se condensa y el agua se decanta en el fondo del depósito. Para eliminar la



suciedad, los depósitos llevan en su parte inferior un pequeño grifo o tapón que debe de abrirse para su drenaje en los intervalos que marca el Manual de Mantenimiento.

2. **Filtro Primario.** Situado entre el depósito y la bomba, se utiliza para eliminar las partículas más gruesas; por lo general, no lleva cartucho desechable, sino que puede limpiarse en los períodos indicados por el fabricante. Para disminuir la suciedad que llega hasta él, la succión del combustible se hace por su parte inferior pero a una cierta altura del fondo; de esta manera, la suciedad se queda en el fondo del depósito y se elimina al drenarlo; es importante llevar a cabo esta operación para evitar que la bomba primaria se ensucie.



3. **Bomba Primaria.** Normalmente de engranajes, absorbe el combustible del tanque y lo envía hasta los filtros secundarios, en cantidad mayor de la necesaria para mantenerlos llenos; el exceso de gasoil, retorna nuevamente a la bomba en un punto intermedio entre ésta y los filtros. El circuito de Baja Presión, mantiene ésta alrededor de los 2 kg/cm<sup>2</sup>, y, en ocasiones, antes de llegar a los filtros secundarios, se incorpora un vaso decantador que elimina completamente la humedad que hubiera podido pasar por los filtrados anteriores.

4. **Filtros Secundarios.** Son los encargados de terminar con la limpieza del combustible, previamente a que llegue a la Bomba de Inyección. Son cilindros de cartón en cuyo interior hay papel, plegado en acordeón impregnado de una resina absorbente, de un formato parecido a los filtros de aceite. Si hay varios de ellos, van conectados en serie, uno tras otro, de forma que el gas-oil pasa a través de todos ellos; lo reciben por su parte exterior dentro de la carcasa, llenando su periferia; pasa del exterior a su interior y se recoge por el centro, para ir al siguiente, etc. Así nos aseguramos de su total limpieza necesaria porque los orificios de los inyectores son de un diámetro inferior a un capilar, para conseguir la atomización del combustible en el momento de llegar a los inyectores.

5. **Elemento de cebado de los filtros.** Si por cualquier motivo se agota el combustible y el sistema coge aire, a la hora de arrancar nuevamente el motor, es necesario eliminarlo; para ello, los motores suelen llevar una bomba de cebado, manual o eléctrica, que permite llenar los filtros eliminando el aire ocluido en el Sistema de Baja Presión.

A partir de este punto, se entra en la Zona de Alta Presión, que es la que va desde la Bomba hasta los inyectores; aquí la variedad de tipos es amplísima, bombas en línea, bombas rotativas, inyectores-bomba, etc., con la inclusión del Sistema de Inyección Electrónica que se ha

incorporado recientemente ante las exigencias cada vez más estrechas en las composiciones de los gases de escape que exigen las normativas actualmente en vigor.

Con independencia de lo dicho hasta ahora, el Sistema de Alta Presión obedece a dos criterios o tendencias diferentes: la Inyección Directa o la Inyección con pre-cámaras, siendo la primera la que más se utiliza en la actualidad.

- La Inyección por pre-cámaras funciona con presiones de inyección de alrededor de  $125 \text{ kg/cm}^2$ , porque el inyector tiene un solo orificio de un tamaño considerable; la pre-cámara va atornillada en la culata, y la combustión se logra en dos fases: el gas-oil comienza a arder en la pre-cámara y llega al cilindro ya ardiendo. Debido a su único taladro, puede quemar combustibles de la peor calidad, más baratos que otros, en los países que disponen de esta posibilidad, pero su consumo es del orden de un 10% superior al de la Inyección Directa.
- La Inyección Directa necesita pulverizar más el combustible ya que los orificios del inyector son mucho más finos; el gas-oil se inyecta directamente al cilindro, y debe estar muy pulverizado para que se mezcle rápida y perfectamente con el aire. Por esta razón la presión de inyección alcanza los  $250 \text{ kg/cm}^2$ , y los pistones deben tener una forma especial en sus cabezas para lograr una mezcla perfecta.

## → UTILIZACIÓN DEL MOTOR

En el capítulo anterior se ha estudiado las comprobaciones de nivel que se refieren al motor, insistiendo en los riesgos asociados a ellas.

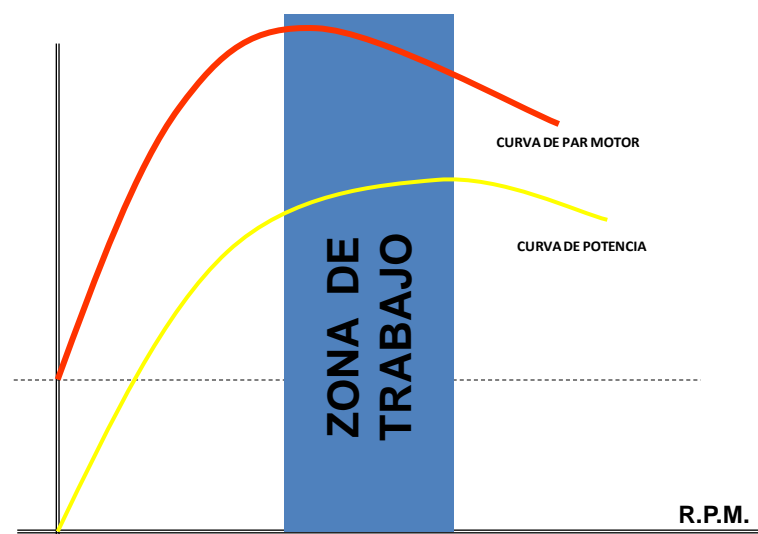
La descripción que acabamos de hacer justifica la necesidad de realizarlas para que, una vez en marcha, se disponga de cantidades suficientes de los fluidos utilizados en sus circuitos.

Para lograr que todas ellas sean adecuadas, **es necesario que el régimen del motor sea el correcto**. Existe la creencia que el motor dura más si se trabaja a bajas revoluciones, pero no es así. Todos los Sistemas que acabamos de ver, en especial el de engrase y el de refrigeración, necesitan un caudal de aceite y agua que solamente se consigue si el motor está alto de revoluciones. Hemos nombrado los conceptos de par máximo y potencia máxima, y hay que saber que se consiguen a regímenes diferentes. La Potencia Máxima se logra alrededor de las 2.000-2.300 rpm, mientras el Par Máximo se alcanza entre las 1.500-1.800 rpm. **La utilización correcta del motor es en la zona comprendida estas dos cifras**. Hacerlo por debajo de ellas no representa ninguna ventaja ni beneficio para el motor.

### 1.1.2 TRANSMISIÓN

Aunque esta palabra se aplica a varios conceptos distintos, este Manual quiere indicar con ella **el conjunto de componentes que van desde la salida del motor hasta las ruedas sobre las que se desplaza la Pala**.

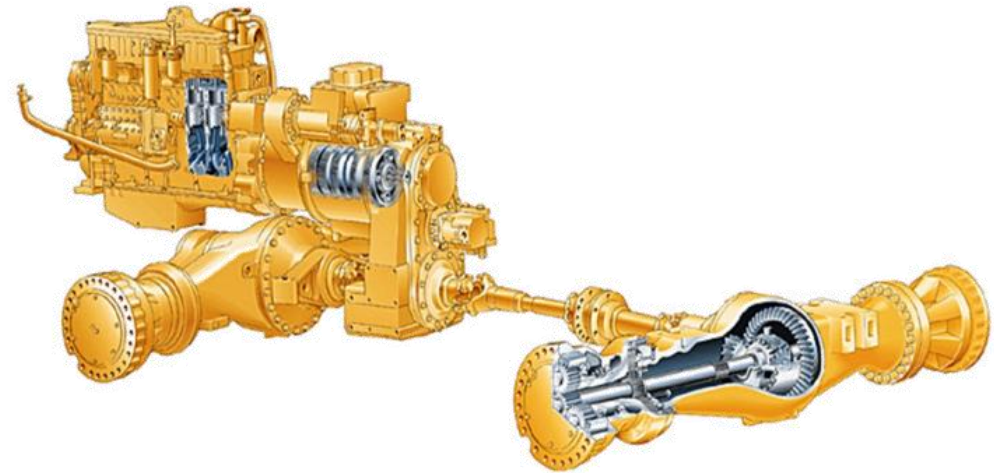
En las Palas Cargadoras que actualmente trabajan en las Explotaciones Mineras, existen tres tipos de Transmisiones: Power Shift, Hidrostática y Eléctrica, de las que estudiaremos las dos primeras ya que la Transmisión Eléctrica, en la que el movimiento de salida del motor se utiliza para activar un alternador que envía corriente eléctrica a los motores de tracción, situados en las ruedas de la Pala, está reducida a modelos muy concretos de elevado tamaño y circunscritos a una determinada marca.



La **Transmisión Power Shift** es la más extendida en Palas Cargadoras con una masa que va desde las 15 a las 200 toneladas. Se la conoce también como Servotransmisión, o Transmisión por Convertidor de Par.

Los **COMPONENTES DE LA TRANSMISIÓN POWER SHIFT** son :

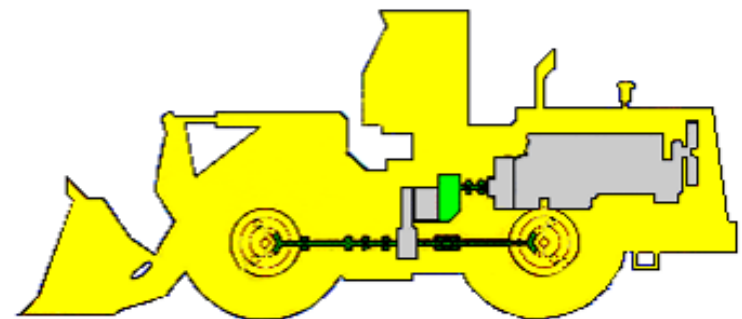
1. Convertidor Hidrocinético de Par.
2. Caja de Cambios.
3. Caja de Transferencia.
4. Árboles de Transmisión.
5. Grupo Cónico.
6. Diferencial.
7. Mandos Finales.



Para que en cualquiera de estos componentes se produzca una variación de par (fuerza) a la salida en relación con el de la entrada, se tiene que producir también una variación de velocidad, de forma que:

- Si  $V_E = V_S$  → Par de Entrada = Par de Salida
- Si  $V_E > V_S$  → Par de Entrada < Par de Salida
- Si  $V_E < V_S$  → Par de Entrada > Par de Salida

Según sean las características de los dos primeros componentes, los tipos de transmisión son distintos, conociéndose por Transmisión Mecánica o Directa la formada por un Embrague y una Caja de Cambios de accionamiento mecánico, mientras que si los dos primeros componentes son un Convertidor de Par y una caja



de cambios de accionamiento hidráulico, estaríamos ante lo que se suele conocer como “Servotransmisión” o Transmisión “Power Shift”.

En los vehículos de automoción, o en aquellos en los que las cargas que se van a transmitir son pequeñas, se utiliza la transmisión mecánica o directa, que se compone de un embrague de fricción y una caja de cambios de varias velocidades que permite escoger entre varias combinaciones de par/velocidad en función de las cargas que se opongan al desplazamiento. En este tipo de transmisión, el rendimiento es máximo ya que en el embrague no hay pérdida de velocidad, y las diferentes marchas con que se dota a la caja de cambios son accionadas mecánicamente por lo que tampoco absorben energía ni necesitan refrigeración del aceite que se necesitan en las transmisiones Hidráulicas.



La Pala de Ruedas utiliza la Servotransmisión en la mayoría de los casos, que está formada por un Convertidor de Par y una Caja de Cambios de engranajes en toma constante, cuya selección de velocidad y sentido de marcha se realiza por medio de embragues de discos múltiples accionados hidráulicamente. Explicaremos brevemente el funcionamiento de cada uno de ellos, haciendo mención a posibles riesgos que puedan presentar en las Palas Cargadoras.

## → COMPONENTES DE LA TRANSMISIÓN

### 1. Convertidor de Par.

Está situado a continuación del motor, acoplado a su volante, que es la pieza de uno de los dos extremos del cigüeñal, por la que se envía el movimiento al primero de los componentes de la Transmisión.

Está formado por una carcasa exterior que es la que se une al volante y que gira al mismo régimen que él. Esta carcasa es la base sobre la que se montan unas paletas en forma de álabes constituyendo lo que se conoce como Impulsor o Bomba; frente a él hay una segunda pieza llamada Turbina, muy próxima a la Bomba pero sin estar en contacto con ella; la turbina, más



ligera y de menor tamaño que el Impulsor, es el propio eje de salida del Convertidor, y puede girar a las mismas revoluciones que la Bomba o a un régimen menor.

Entre estas dos piezas se encuentra una tercera que es la única que no se mueve de todo el Convertidor de Par y que se llama Estator, estando formada por una serie de álabes orientados de una forma especial. Todo ello forma un conjunto hermético que albergará el aceite necesario para transmitir la fuerza.

Las **FUNCIONES QUE REALIZA EL CONVERTIDOR DE PAR** son tres:

1. Actuar como un embrague.
2. Aumentar el par entregado por el motor.
3. Repartir la potencia del motor entre las ruedas y el sistema hidráulico del Equipo de Trabajo.

Cada una de las tres funciones las realiza de la siguiente manera: Cuando el motor arranca, pone en movimiento la bomba de carga del Convertidor que introduce en el interior de éste la cantidad de aceite necesaria para su funcionamiento.

#### ⇒ A bajas revoluciones

El impulsor toma el aceite que, por la fuerza centrífuga de su giro se desliza hacia arriba por los álabes hasta llegar a su final, momento en el que es proyectado hacia la turbina que está unida al eje de salida. Si se conecta una velocidad en la caja de cambios, la Pala tiende a moverse pero la energía que transmite el aceite no es suficiente para vencer la resistencia que el peso de la Pala opone al movimiento de forma que ésta permanece parada.

Cuando se acelera el motor, aumentan las rpm con lo que el aceite bombeado por el impulsor aumenta en su cantidad y en la velocidad a que es despedido contra la turbina, y, por lo tanto, en su energía cinética; a partir de un cierto momento, esta energía es suficiente para vencer la resistencia que opone la turbina; ésta se pone



en movimiento, y con ella, el eje de salida del Convertidor, que, unido al resto de la transmisión, provoca el desplazamiento de la Pala.

A su vez, el aceite, una vez que golpea contra la turbina y la pone en movimiento, queda sin energía, resbala por sus álabes y es despedido hacia el estator, cuyas aletas, convenientemente orientadas, lo reenvían al impulsor de forma que se suma al caudal de aceite que el impulsor recoge en cada momento, sin que aumenten su régimen. Cuanto más tiempo pasa, la Turbina gira cada vez a más vueltas, mientras el Impulsor se mantiene siempre al mismo régimen, llegando un momento en el que Impulsor y Turbina giran al mismo régimen, situación en la que se está transmitiendo movimiento entre dos piezas que no están en contacto, por medio de una corriente de aceite. Cuando la velocidad de Impulsor y Turbina se igualan, el Convertidor está actuando como si fuera un Embrague.

En un vehículo, el embrague permite que haya seleccionada una velocidad en la Caja de Cambios, con el motor funcionado y sin que el vehículo se mueva. Dicho resultado se puede lograr con el Convertidor de Par, lo cual se realiza de la siguiente manera:

- Si no hay conectada ninguna velocidad en la Caja de Cambios, sean cuales sean las revoluciones de Impulsor y Turbina, la Pala no se moverá, pero podrá estar con el motor funcionando.
- Si se conecta una velocidad, y el motor está a ralentí, la Máquina hace intención de moverse pero permanece parada porque, a ralentí, el aceite que bombea el Impulsor no tiene la suficiente energía como para arrastrar todo el peso de la Pala; se consigue así que:
  - I. El motor esté funcionando
  - II. Haya seleccionada una velocidad.
  - III. La Máquina no se mueva.

#### ⇒ A Altas revoluciones

Cuando, con una velocidad conectada, se aumentan las revoluciones del motor, el Impulsor sube de vueltas, la cantidad de aceite bombeado aumenta al igual que su energía cinética, y es capaz de mover el resto de la transmisión y con ello la Máquina. Cuando ésta no tiene carga que vencer o la carga es



constante, por ejemplo, cuando solamente se va a desplazar de un punto a otro, la Turbina sube de revoluciones rápidamente hasta igualar, prácticamente las del Impulsor, trabajando como un embrague.

Sin embargo, si por cualquier motivo, la Pala tiene que vencer una sobrecarga, como subir una pendiente, por ejemplo, la rueda reduce su velocidad y con ella, de forma proporcional, se frena la Turbina, **pero el Impulsor se mantiene al mismo régimen mientras el Operador no deje de accionar el acelerador**. En este momento, hay una diferencia de velocidad (el Impulsor gira a más revoluciones que la Turbina), y se produce un Aumento de Par, en el propio Convertidor, que puede ser o no suficiente para superar esa carga. Cuanto mayor es la diferencia entre la velocidad del Impulsor y la de la Turbina, mayor es el aumento de par que se gana en el Convertidor; si no es suficiente para superar el obstáculo, puede llegar al caso extremo que el Impulsor gire a unas ciertas rpm y la Turbina esté parada; este punto se conoce como **calado del Convertidor**, y es el que representa mayor riesgo de avería para este componente; en efecto, un alto caudal de aceite dotado con una alta energía cinética, golpea contra la Turbina que está parada, lo que se traduce en “batir el aceite” en su interior, con un aumento muy rápido de su temperatura, que puede dar lugar a averías tales como quemado de retenes, deformación de los álabes de la Turbina, etc., que obligan a su reparación.

Esta situación puede darse en el trabajo real de la Pala si, por ejemplo, se sube una pendiente en una velocidad excesivamente larga, o si se carga en segunda velocidad; en ambos casos, la temperatura del aceite subirá rápidamente, indicando al Operador que debe cambiar su forma de trabajo. Los mecánicos utilizan la prueba del Calado para saber si el Convertidor tiene alguna fuga de presión en su interior; para ello, seleccionan una velocidad larga (3ª ó 4ª), pisan el freno de servicio y aceleran el motor; el termómetro de aceite debe subir a un valor próximo a los 120° en un determinado número de segundos, que marca el fabricante; si no alcanza esta temperatura o tarda en hacerlo más tiempo del indicado en el Manual de Servicio de la Pala, quiere decir que el aceite se “escapa” por algún retén y hay que reparar el Convertidor.

La Pala de Ruedas carga su cucharón por una combinación de empuje para clavarlo en la pila del material, y los movimientos de subida y recogida del citado cucharón.

Aún cargando materiales sueltos, es preciso que el cucharón penetre en el acopio antes de hacer ambos movimientos; por esta razón la bomba que acciona la elevación y



recogida del Equipo de Trabajo se suele mover por el volante del motor, o por el propio Impulsor, piezas que siempre giran al mismo régimen de vueltas.

Por lo tanto, es en el Convertidor donde se reparte la potencia entre la transmisión y el sistema hidráulico, dando siempre prioridad a la primera.

Los **RIESGOS QUE PRESENTA EL CONVERTIDOR DE PAR** son los siguientes:

1. **Movimiento Inesperado de la Pala.** Si se deja estacionada una Pala de Ruedas, con el motor funcionando, el Convertidor está cargado con aceite que el Impulsor bombea continuamente; conforme pasa el tiempo el volumen bombeado va creciendo y, aunque su energía cinética no aumente de forma importante, llega un momento en que la Turbina empieza a girar; si esto se combina con que haya una velocidad seleccionada en la Caja de Cambios, la tendencia de la Pala es a moverse, y basta una ligera pendiente favorable o que el cucharón no esté apoyado en el suelo totalmente para que la Pala se ponga en movimiento.

Es un riesgo **creado por el Operador** por no aplicar las Medidas Preventivas adecuadas, casi siempre por ignorancia del riesgo que origina.

**Medidas Preventivas.** Este riesgo se elimina por completo si, antes de abandonar su Máquina, el Operador se cerciora que:

1. El Control de la Transmisión está en punto muerto y bloqueado en esta posición.
2. La Pala está en una superficie horizontal.
3. **El freno de estacionamiento está conectado.**
4. El cucharón está apoyado en el suelo sobre todo su fondo.

Siguiendo estas Medidas Preventivas, **se elimina este riesgo por completo.**



En una Pala estacionada siguiendo estas normas, es materialmente imposible que se produzca un movimiento inesperado aún con el motor en funcionamiento.

2. **Pinchazo o reventón de los Neumáticos.** Cuando se va a llenar el cucharón, el Neumático es el componente que más sufre y el que soporta mayor esfuerzo, porque se está empujando contra una masa de material de varios cientos de toneladas, con el motor a plenas revoluciones y la transmisión en primera velocidad, con lo que a la rueda le llega el máximo par posible de todo el ciclo de trabajo.

Si falla el agarre con el suelo, porque llega a la rueda más tracción de la que aguanta el terreno, el neumático patina y aparece el riesgo de corte en los flancos, que puede terminar en reventón con los daños a las personas que hemos indicado en el capítulo anterior.

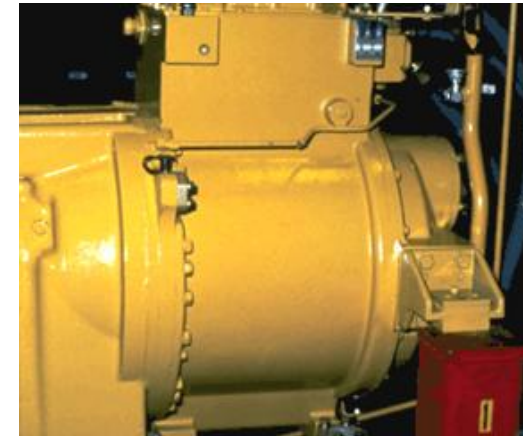
**Medidas Preventivas.** Para evitar que patine el neumático se pueden tomar las siguientes medidas:

- 1) Cargar el cucharón de forma gradual; cuanto más difícil sea la carga del material, más se tiene que “jugar” con los hidráulicos, y menos se le debe obligar a la Pala.
- 2) Observar los neumáticos, y, en cuanto aparezca la primera señal de patinaje, pisar levemente el pedal de freno izquierdo, que, a manera de un embrague, en la primera parte de su recorrido neutraliza la transmisión, con lo que el flujo de potencia a la rueda se interrumpe y toda la potencia del motor queda disponible para el equipo de trabajo.
- 3) En casos extremos de materiales con fracturas muy cortantes, cubrir las ruedas delanteras con cadenas protectoras.

Según los diferentes fabricantes, los Convertidores de Par se adaptan a las necesidades del trabajo, existiendo varios **TIPOS DE CONVERTIDORES DE PAR**, entre los que destacan:



- **Convertidores de Capacidad Variable**, que, con un doble impulsor, que se acopla gradualmente en función de la tracción existente, envía a la rueda únicamente el par que puede aprovecharse; el Operador debe ajustarlo al principio del trabajo, y solamente habrá que volver a hacerlo si cambian las condiciones del suelo.
- **Convertidores de doble Turbina**, que dan la posibilidad de velocidades corta y larga en cada una de las marchas de la Caja de Cambios.
- **Convertidores con bloqueo de sus componentes**, que, por medio de un embrague y a voluntad del operador, fijan el Impulsor y la Turbina de modo que giren como un solo conjunto a las mismas revoluciones, por ejemplo para cuando se hacen trabajos de Carga y Transporte.



Todas estas particularidades deben ser conocidas en su funcionamiento elemental por el Operador, para utilizarlas correctamente, en el momento que sea necesario.

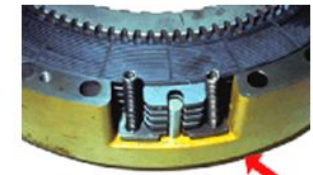
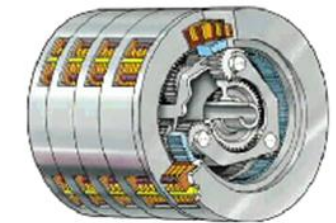
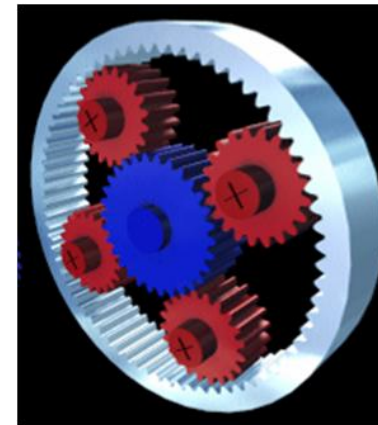
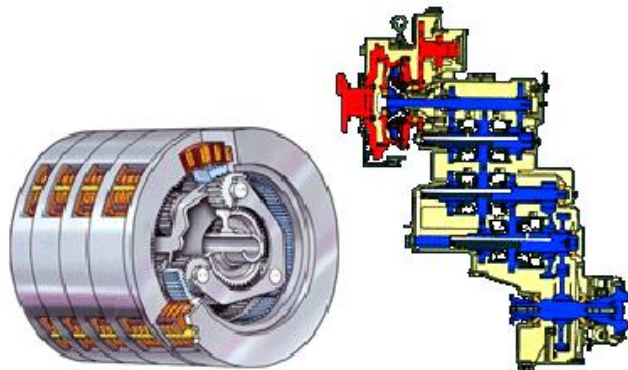
## 2. Caja de Cambios.

La misión fundamental de este componente es proporcionar un determinado número de reducciones para adaptar la velocidad final de la Máquina a las condiciones de rodadura.

Además es el componente encargado de invertir el sentido de marcha para que la Máquina pueda desplazarse marcha atrás. Para las cargas que se deben vencer en vehículos de carretera, se suelen utilizar cajas de engranajes desplazables, en las que un engranaje montado sobre el eje de entrada, se desplaza a diferentes posiciones para engranar con otros de mayor o igual número de dientes y establecer así las reducciones antedichas; para favorecer la suavidad de los cambios, se suelen utilizar los sincronizadores que hacen que el engranado se haga de una forma progresiva.

Para Cajas de Cambio de mayor calidad, se utilizan parejas o trenes de engranajes en toma constante, que, como su nombre indica, siempre están conectados; suele haber tantos como velocidades tiene la caja, y giran todos “locos” excepto el que corresponde a la velocidad que se ha seleccionado. Esta selección se hace por medio de una “chaveta” que hace solidario con el eje de entrada el eje del que va a transmitir la velocidad.

Al igual que las anteriores, la forma de accionar los cambios es puramente mecánica, y todos los engranajes están lubricados por barboteo (salpicadura) de un aceite recogido en un cárter de una cierta capacidad.



En las Servotransmisiones, se utilizan siempre este tipo de engranajes en Toma Constante, pero, a diferencia de lo visto hasta ahora, se establecen lo que se conoce como “trenes de engranajes”. Un tren de engranajes se compone de varios de ellos montados sobre dos o tres ejes, que giran de forma continua en el interior de la caja y que solamente transmiten movimiento si están conectados al eje de entrada; esta conexión se produce por medio de embragues de varios discos cuyo acoplamiento se controla por medio de aceite a presión; son, por lo tanto, Cajas de Cambio

Mecánicas pero su accionamiento hidráulico facilita al Operador la selección de la velocidad.

Las Cajas de Cambio de engranajes en Toma Constante, son de uno de los dos tipos siguientes: “Contraeje” o “Planetarias”. La primera no se diferencia de las utilizadas en automoción más que por la robustez de sus piezas y por la forma hidráulica de conectar y desconectar el embrague que selecciona la velocidad, mientras que los demás trenes de engranajes giran libres, sin transmitir potencia.

Las Cajas de Cambio Planetarias montan lo que se conoce como **TRENES DE ENGRANAJES PLANETARIOS**, que están formados por:

- Un engranaje central, llamado Planeta.

- Un número variable de engranajes que giran alrededor del primero; están engranados con él de forma constante y se llaman Satélites.
- Una pieza que mantiene invariables entre sí las posiciones relativas de los Satélites y que recibe el nombre de Portasatélites.
- El engranaje de mayor tamaño, que, con un dentado interior, está engranado constantemente con los Satélites y que recibe el nombre de Corona.

El Tren Planetario forma un conjunto completamente equilibrado en lo que se refiere a los ejes de todos sus engranajes, por lo que su vida útil es muy superior a las de tipo Contraeje. Según sea el elemento por el que entra el par que llega del Convertidor, las conexiones entre los distintos componentes de los diferentes Trenes y por cuál de los elementos salga el par, se obtienen las diferentes reducciones que proporciona la caja.



Para hacer que cualquiera de los Trenes Planetarios transmita par, se debe fijar uno de los componentes, que suele ser la Corona o el Portasatélites, con lo que se obtiene el mismo sentido de marcha a la entrada y a la salida, o el sentido contrario, que corresponde a todas las velocidades de retroceso; esto se hace por una serie de embragues de discos múltiples en baño de aceite que se accionan por medio de un caudal de aceite a presión, y que se montan periféricamente a la corona.

Por lo general, tanto en las Cajas Planetarias como las Contraeje, están seleccionados dos trenes de engranajes para cada velocidad: uno de ellos es el de avance o retroceso, y el otro el de la velocidad propiamente dicha. Esto permite que se pueda cambiar de velocidad y de sentido de marcha sin usar el freno, si bien hay fabricantes que desaconsejan esta práctica como habitual, o la limitan solamente a marchas cortas, para prevenir posibles averías, que raramente se dan en la propia caja sino que corresponden más bien a otros componentes de la Transmisión, como el Grupo Cónico, el Diferencial o los Mandos Finales, que son en los que se producen las reducciones más fuertes.

Con el paso de los años y la incorporación de las tecnologías más avanzadas, las Palas Cargadoras de Ruedas han incorporado en sus Cajas de Cambios las posibilidades de cambios automáticos, controlados casi siempre por sistemas eléctricos o electrónicos que actúan sobre el Sistema Hidráulico del conjunto del Convertidor de par y la Caja de Cambios, lo que hace más cómodo su uso; además, hay marcas que ofrecen la posibilidad de ajustar los cambios automáticos a varias formas de utilizar la Pala según se busque obtener de ella el máximo rendimiento o trabajar con el mínimo consumo de combustible.

Desde la óptica de la Seguridad, las Cajas de Cambio no constituyen un generador de riesgos en sí mismas; dada la amplia variedad de mandos con que nos podemos encontrar en las Palas Cargadoras de los distintos fabricantes, es imposible hacer ni siquiera una breve reseña sobre las particularidades de cada una de ellas en las páginas de este Manual. Los riesgos que se presentan en su utilización, se refieren más bien a fallos humanos tales como olvido de situar el control en Punto Muerto, o descender por una pendiente sin acelerar el motor, confiando en su retención, que, en el caso de montar Convertidor en su transmisión, es mínima y a los pocos segundos, aún con una velocidad de la Caja seleccionada, es como si ésta se encontrase en Punto Muerto; por lo tanto, las **Medidas Preventivas** para el uso de estos dos componentes son muy simples:

- Mantener el motor alto de revoluciones al bajar por una pendiente, usando el freno cuando sea necesario.
- Anular los cambios automáticos mientras se bajan pendientes peligrosas por la existencia de curvas cerradas o en pistas estrechas que presenten riesgo de caída a distinto nivel, ya que, en el instante del cambio, hay un tiempo, casi imperceptible, en el que la Pala queda sin tracción.
- Jamás descender por una pendiente en Punto Muerto ni utilizar ningún sistema que neutralice la Transmisión.

### 3. Caja de Transferencia.

Hasta ahora, los dos componentes de la transmisión que hemos estudiado, tenían sus ejes en prolongación con el eje del cigüeñal del motor, pero si observamos la configuración de una Pala, los tres están a una superior a la de los ejes de las ruedas.

Por esta razón, a la salida de la Caja de Cambios suele haber un componente que recibe el nombre de Caja de Transferencia, cuya misión es bajar el plano en el que giran los ejes de los tres componentes hasta el nivel de los de las ruedas. Se trata simplemente de una caja en la que se albergan tres ejes paralelos:





- El eje de entrada, que gira a las mismas revoluciones y en el mismo sentido que el de salida de la Caja de Cambios.
- El eje intermedio que invierte el sentido de giro del de entrada.
- El eje de salida, situado ya a la altura de los ejes de las ruedas, que vuelve a invertir nuevamente el sentido del giro, con lo que los sentidos de entrada y salida coinciden.

Cada uno de estos ejes, recibe el movimiento del anterior por medio de un engranaje que puede ser o no del mismo número de dientes que los anteriores, con lo que, según sea una u otra circunstancia, en la Caja de Transferencia se tendrá el mismo o distinto par a la salida que a la entrada.

En muchos fabricantes, *la Caja de Transferencia almacena aceite para toda la Transmisión*, siendo el punto en el que se comprueba el nivel y por el que se suministra el aceite necesario.

Además, hay marcas en las que **se aprovecha la Caja de Transferencia para dos puntos importantes:**

- Para montar el freno de estacionamiento, cosa que se hace en el eje intermedio; de esta forma al accionarlo, la Máquina queda bloqueada y no se moverá mientras que el freno no se suelte.
- Para mover la bomba hidráulica que acciona la Dirección de Emergencia; de esta forma, mientras que la Pala se esté desplazando y giren los ejes de la caja de transferencia, se podrán accionar los cilindros de la dirección.

Por lo que respecta a la Seguridad, es un componente que no genera riesgos para el Operador.

#### 4. Árboles de Transmisión.

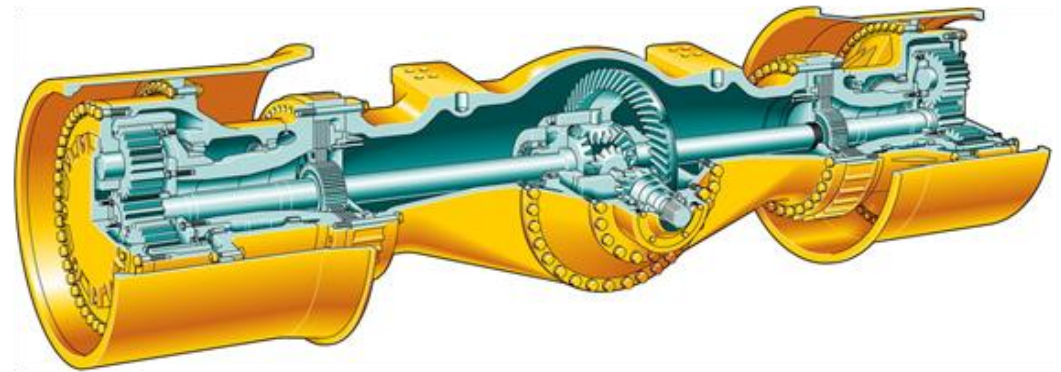
Las Palas Cargadoras de Ruedas, excepto algunos modelos muy pequeños y muy antiguos, son de tracción total, es decir, tienen motrices sus dos ejes. Para llevar el movimiento hasta cada uno de



ellos, se utilizan los llamados Árboles de Transmisión, que son unas barras metálicas que reciben el movimiento desde la Caja de Transferencia y lo envían a cada uno de los ejes.

El que lleva el movimiento al eje posterior es el más corto y de una longitud fija; en cada uno de sus dos extremos suele llevar una junta tipo cardan que actúa a manera de fusible si se produce una situación de sobrecarga repentina en él, como, por ejemplo, si se invierte el sentido de marcha a plenas revoluciones del motor y en una marcha larga de la caja de cambios.

Por su parte, el Árbol que lleva el movimiento al eje delantero suele de ser de mayor longitud y, además, esta no puede ser fija porque al articular la Pala, se necesita una distancia considerablemente menor que cuando sus dos bastidores están alineados. Por ello, hay una especie de manguito que hace variar la longitud real del Árbol delantero que, por otra parte, incluye un número variable de juntas cardan como lo hacía el del eje posterior.



## 5. Ejes.

Desde el comienzo de la Transmisión del movimiento a la salida del motor, se ha ido disminuyendo la velocidad de giro en cada componente, al tiempo que se aumentaba el Par (fuerza) a la salida de cada uno de los componentes, si bien hay casos como en el Convertidor y en alguna de las velocidades de la Caja de Cambios en las que se ha mantenido el régimen de revoluciones, actuando como embrague y transmisión directa respectivamente, pero siempre el eje de giro de cada componente ha sido paralelo al anterior y situado a la misma altura o a una altura más baja para acercar el movimiento al plano de los ejes de las ruedas.

Las Palas Cargadoras utilizan dos ejes para desplazarse, ambos motrices si bien su montaje sobre el bastidor es diferente; mientras el eje delantero está unido rígidamente al bastidor por medio de espárragos y tuercas, el posterior se monta de forma que puede oscilar un cierto ángulo, con un objetivo concreto: que al pasar por una superficie irregular, el bastidor no se vea afectado por ella. En función de este ángulo, la altura del obstáculo que se podrá salvar será más o menos grande.

Esta oscilación se limita por medio de unos topes y permite que en situaciones tales como el paso de un tramo de pista en pendiente a otro horizontal, se haga la transición de forma que la Pala mantenga las cuatro ruedas en contacto con el suelo y no se incline lateralmente, como sucedería si los dos ejes estuvieran montados rígidamente en sus bastidores. Este montaje mejora la estabilidad de la Pala y reduce el riesgo de vuelco en situaciones extremas.

## 6. Grupo Cónico y Diferencial.

Hasta este punto, los ejes alrededor de los cuales se transmitía el movimiento, están dispuestos longitudinalmente con respecto a la Pala, pero los ejes de las ruedas están situados transversalmente a esta dirección, por lo que, en alguno de los componentes de la Transmisión, hay que hacer que el eje de salida forme un ángulo de  $90^\circ$  con el de entrada; esto se logra en el Grupo Cónico, que está formado por un piñón de ataque situado sobre la llegada de cada uno de los Árboles de la Transmisión, y una corona, que gira en un plano perpendicular al anterior, de mucho mayor tamaño, por lo que la reducción de giro es de las más alta de todas las conseguidas en la Transmisión.



El nombre de Grupo Cónico lo recibe de la forma que tienen los dientes de sus engranajes, que, en vez de ser cilíndricos como los utilizados hasta ahora, sus dientes se tallan según la superficie de un cono, para lograr que el engrane de los dientes se produzca de una forma progresiva, disminuyendo el ruido, el desgaste y el impacto sobre la Transmisión;

No ha de confundirse el Grupo Cónico con el Diferencial como sucede normalmente, este componente lo llevan todas las Máquinas, con la excepción de aquellas que tienen tracción independiente para cada uno de sus lados, es decir, las que utilizan Transmisión Hidrostática, que estudiaremos más adelante; **el Grupo Cónico mantiene la misma velocidad en los dos ejes de las ruedas a las que envía movimiento, sea cual sea la situación de la Máquina** lo que supone un problema en unidades con un radio de giro pequeño cuando se va a tomar una curva; en este caso, se produce la siguiente situación:

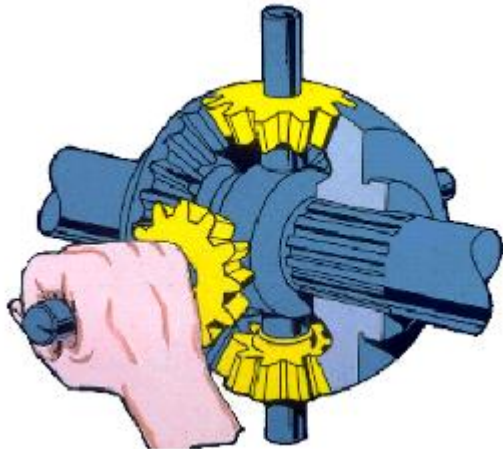
- La rueda que va por el lado exterior de la curva tiene que recorrer un espacio mayor que la circula por el lado interior.
- Las dos parten al mismo tiempo del inicio de la curva y tienen que llegar al final al mismo tiempo.

- La velocidad de ambas ruedas es la misma.
- Como consecuencia, se produciría un deslizamiento de la Máquina, el clásico “derrape”, para compensar la diferencia de espacio que han de recorrer cada una.

Para evitar esta situación, se utiliza el **Diferencial**, que es un mecanismo que permite diferencia de velocidad entre los dos semi-ejes de las ruedas. Para ello, se toman las siguientes medidas:

El Diferencial se incorpora de la siguiente manera:

- ⇒ Se comienza por dividir el eje de salida del Grupo Cónico en dos partes **que no reciben el movimiento de éste**.
- ⇒ Sobre la Corona, se monta la caja del Diferencial, que va atornillada y que gira a las mismas revoluciones que dicha Corona.
- ⇒ Los dos semi-ejes, perpendiculares a la corona del Grupo, tienen en sus extremos unos engranajes llamados Satélites, que:
  - Mientras la Máquina se desplaza en línea recta, no giran, transmitiendo a los semi-ejes las mismas revoluciones a las que gira la Corona.
  - Si la Máquina toma una curva, los satélites empiezan a girar sobre sus propios ejes y permiten que los dos semi-ejes giren a distinta velocidad.



Todo el conjunto de piezas que hemos explicado, se encuentra en el interior del cárter del Grupo, en el que se almacena aceite para lubricar estos elementos; dado que las cargas que tienen que soportar estos engranajes son elevadas, es necesario que el aceite tenga un grado de viscosidad muy alto, como mínimo un SAE50.



El Diferencial es un componente imprescindible en los vehículos de automoción que deben girar de forma frecuente mientras se conducen por una carretera; sin embargo, para una Máquina, presentan un inconveniente notable que es el siguiente: mientras las ruedas de ambos lados de la Pala están pisando un terreno de igual tracción, no hay problema porque las dos ruedas transmiten aproximadamente el mismo par, pero si por cualquier motivo una rueda tiene menos agarre que la otra, la situación varía.

Entonces, el movimiento se va al punto que le ofrece menos resistencia, y la velocidad de esta rueda empieza a elevarse, estando esta circunstancia permitida y favorecida por el Diferencial; la consecuencia inmediata es que la rueda que tiene menos agarre, comienza a patinar y la Pala deja de estar operativa.

Para evitar este inconveniente, los fabricantes incluyen en ocasiones la posibilidad de bloquear el Diferencial ya sea por medios mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos, e incluso de forma automática; con ligeras diferencias según uno u otro tipo de bloqueo, el mecanismo es similar y obedece al mismo principio: hacer solidarios con la caja del Diferencial los ejes de los satélites para evitar que éstos puedan girar y así el par se transmita por igual a ambas ruedas del eje, que se transforma en rígido mientras el bloqueo esté activado; normalmente, este bloqueo se puede conectar mientras la Máquina se mueve, si bien algunos fabricantes aconsejan parar la Pala antes de conectar el bloqueo del diferencial para evitar el golpe que se produce al bloquear el mecanismo. Lo que no se debe hacer es conectarlo al mismo tiempo que se acciona la dirección

Existen como hemos dicho bloqueos automáticos del Diferencial, que se producen cuando la diferencia de velocidad entre las ruedas de un eje



supera la necesaria para tomar una curva con el mínimo radio de giro de la Pala. Este tipo de Diferencial se conoce como Diferencial autoblocante, de deslizamiento limitado o “no-Spin” en el que el control del bloqueo suele ser hidráulico y, en las Máquinas modernas, electrónico.

Pensando en la Seguridad, el Diferencial no representa ningún riesgo, si exceptuamos cuando se utiliza el bloqueo, que, acoplado de manera brusca en terrenos resbaladizos puede dar lugar a la pérdida del control de la Pala y su consiguiente deslizamiento lateral; el riesgo es mayor cuando se transita por pistas estrechas y hay desniveles de importancia, que pueden terminar con la caída a distinto nivel o con el vuelco de la Pala en casos extremos. Por esta razón conviene no bloquear el Diferencial cuando se circula en una marcha larga, si bien este riesgo se ha eliminado en unidades de última

generación en las que electrónicamente, se impide que el Diferencial se bloquee cuando la Pala circula en 3ª o 4ª velocidad.

## 7. Palieres.

Una vez que el movimiento sale del Grupo Cónico y Diferencial, se envía a cada una de las dos ruedas de los ejes de la Pala; el palier, que es como se conoce vulgarmente a cada uno de los dos semi-ejes que salen de los Diferenciales, está encargado de transmitir el movimiento hasta la rueda.

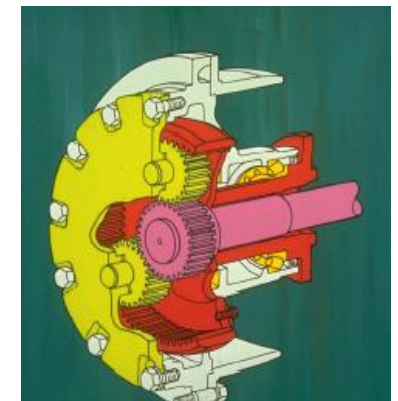
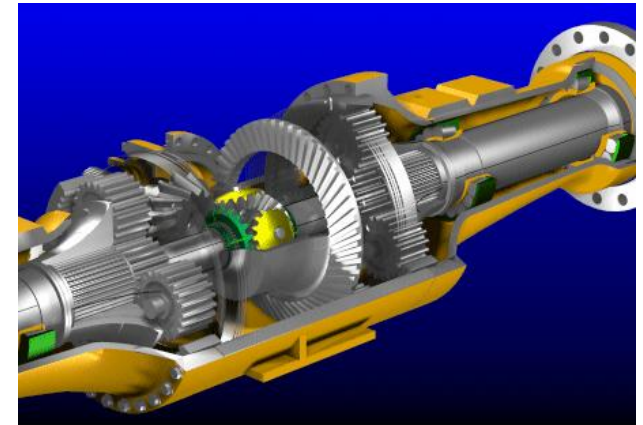
El palier está sometido continuamente a unos esfuerzos de torsión que son consecuencia de la fuerza que sale de la Transmisión y de la resistencia que opone el terreno al desplazamiento de la Pala. Cuanto mayor es su longitud, su “integridad física” se ve más amenazada por dicha torsión; este es el motivo por el que casi todos los fabricantes han optado por incluir tanto los frenos como los mandos finales de la Pala dentro de los propios ejes.

## 8. Mandos Finales.

Es la última reducción, de diseño planetario, que se hace de las revoluciones de los distintos componentes de la Pala antes de llegar a la rueda, siendo con la del Grupo Cónico, las dos más enérgicas de toda la Transmisión.

La Corona está unida rígidamente a la carcasa del eje, y por lo tanto, no gira, mientras que la llanta sobre la que irá el neumático, está unida con el Portasatelites, siendo por lo tanto la salida del movimiento, que entra al Mando Final por el Planeta. Las ventajas que presenta este diseño son las siguientes:

- Un alto aumento del Par que llega a la rueda, ocupando un espacio mínimo.
- El peso de la Pala se transmite al suelo dejando el palier flotante es decir, con la única misión de transmitir par y no la de soportar peso alguno.



- La extracción del palier para una posible reparación se hace sin la necesidad de desmontar toda la rueda.

Según los distintos fabricantes y también según el tamaño de la Pala, los Mandos Finales se alojan en el interior de los ejes de las ruedas o están en la propia rueda en sí; ambas opciones son igualmente seguras para el Operador.

### → TRANSMISIÓN HIDROSTÁTICA

Este tipo de Transmisión se utiliza para Palas Cargadoras de tamaños pequeños en la práctica totalidad de fabricantes, mientras que son más escasas en los tamaños medios de alrededor de 20 toneladas de masa.

Los **componentes de la Transmisión Hidrostática** son:

- Bombas Hidráulicas de Desplazamiento Variable.
- Motores Hidráulicos de Traslación.
- Grupo Cónico y Diferencial.
- Mandos Finales.
- Caja Cambios, sólo en algunas ocasiones.

La filosofía de este tipo de Transmisión es aprovechar la capacidad de los fluidos para transmitir energía, eliminando componentes tales como el Convertidor de Par, y la Caja de Cambios como mínimo, ya que en casos tales como en las Excavadoras Hidráulicas, no quedan nada más que las Bombas y los Motores de Traslación.

En la Pala, por el contrario, sería preciso disponer de cuatro Motores de Traslación, y, como mínimo, dos Bombas Hidráulicas para conseguir la tracción independiente en cada rueda; esta opción presenta el inconveniente de necesitar un control muy sofisticado que sea capaz de modificar las “prestaciones” de la Transmisión en función de las exigencias que impone el movimiento; un pequeño desajuste haría complicado el manejo de la Pala; por esta razón, se mantienen el resto de los componentes enumerados anteriormente.



Como la base de esta Transmisión es la Hidráulica, no es posible que se entienda su funcionamiento sin tener unos mínimos conocimientos de cómo funcionan tanto una bomba hidráulica como un motor.

La *Bomba Hidráulica* tiene como misión **generar un caudal de aceite que circulará contra una presión que se opone a su circulación, pero en ningún caso la Bomba genera presión**. El principio básico de la Bomba es único: su eje gira y hace que el aceite que llega a ella desde el depósito sea enviado a un determinado circuito en una cierta cantidad. La cantidad que envía la Bomba por cada giro de su eje se llama **Desplazamiento**, mientras que el volumen que bombea a las máximas revoluciones a que gira es el **Caudal**, que se mide en litros/minuto.

El aceite enviado por la Bomba puede utilizarse para accionar alguno de los mecanismos de la Máquina, los cilindros hidráulicos o un Motor Hidráulico; en este caso, el aceite llega al Motor, hace girar a sus componentes que, a su vez arrastran el eje convirtiendo el caudal de aceite en un movimiento giratorio.

En la Transmisión Hidrostática, se utiliza un determinado tipo de bombas que se conocen como Bombas de Caudal Variable, aunque lo más correcto es hablar de *Bombas de Desplazamiento Variable*, que se expone de manera breve a continuación.

### 1. *Bombas de Desplazamiento Variable*.

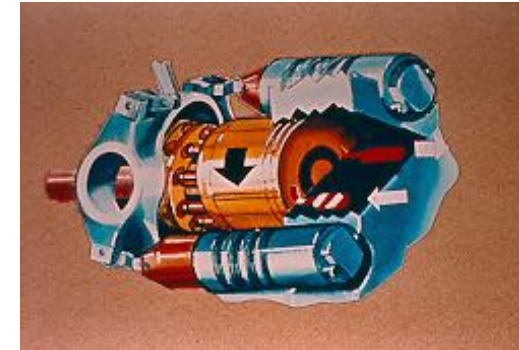
Como se ha dicho, en este tipo de Transmisión, la potencia del motor se utiliza para mover las Bombas Hidráulicas de Desplazamiento Variable que son el principio de la Transmisión Hidrostática.

Recordar que el *Desplazamiento de una Bomba*; **la cantidad de aceite que bombea por cada vuelta de su eje**. Las Bombas, según este Desplazamiento, se dividen en:

- ⇒ *Bombas de Desplazamiento Fijo*, que siempre bombean la misma cantidad de aceite por cada vuelta de su eje; las hay de dos tipos: de paletas y de engranajes, y se utilizan, sobre todo, para mover el aceite de los Sistemas de la Pala tales como Dirección, Frenos y Equipo de Trabajo; el caudal que proporcionan depende únicamente de las revoluciones a que gire su eje.



⇒ Bombas de Desplazamiento Variable, en las que se puede variar la cantidad de aceite que bombean por cada giro de su eje. Todas las que hay actualmente en el mercado son del mismo tipo: bombas de pistones.



- Los pistones, normalmente nueve, se mueven dentro del cuerpo de la bomba en unos cilindros a los que llega el aceite desde su depósito; son huecos y giran a las vueltas del eje de la bomba.
- El extremo opuesto a aquel por el que reciben el aceite termina en un patín que desliza apoyándose en un Plato que se inclina un cierto ángulo en las dos orientaciones, derecha e izquierda, y que se llama Plato Oscilante.
- Por el lado de la admisión, el opuesto al Plato Oscilante, entra el aceite a través de una de dos lumbreras, siendo la otra utilizada para la salida del aceite bombeado.
- Al cambiar su inclinación, varía la carrera de los émbolos, con lo que se varía también la cantidad de aceite bombeado en un giro.
- Durante su funcionamiento, se presenta varias posibilidades:
  - Si el Plato Oscilante está vertical, **los pistones no se desplazan por los cilindros y la bomba no envía caudal de aceite.**
  - Si el Plato Oscilante se inclina hacia un lado, comienza el bombeo del aceite; el caudal que envía la bomba en una vuelta dependerá de la carrera de los pistones; el aceite entra por una de las dos lumbreras, la de admisión, y sale por la otra, la de escape. Cuanto más se incline el Plato, más caudal entrega la bomba **sin variar el régimen al que gire su eje.**
  - Si el Plato se inclina en sentido contrario al anterior, se invierte el trabajo de las lumbreras y por lo tanto la circulación del aceite.

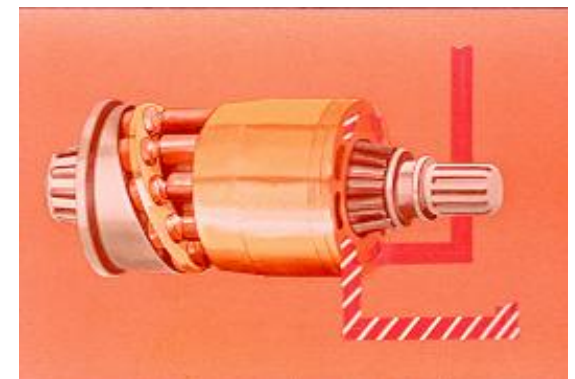
El aceite que manda la bomba, pasará a través de unas tuberías hasta llegar al Motor o Motores de Traslación.

## 2. Motor de Traslación.

El funcionamiento del Motor de Pistones es inverso al de la Bomba, si bien se basa en el mismo principio.

El **MOTOR DE PISTONES** tiene las siguientes **CARACTERÍSTICAS**:

- ⇒ Por lo general, en el Motor de Pistones **no se puede variar la cantidad de aceite que recibe de la bomba.**
- ⇒ Su **FUNCIONAMIENTO** es como sigue:
  - Al igual que la Bomba, existen nueve pistones huecos que reciben el aceite que ha bombeado la bomba.
  - Excepto en motores que permiten dos velocidades, en el resto **tienen fijo el ángulo de inclinación de su Plato.**
  - No tienen posibilidad de invertir el sentido del aceite, si bien existen muchas variaciones en este punto según los distintos fabricantes.
  - Cuando el Motor recibe el caudal de aceite desde la bomba, el aceite que entra dentro del cilindro empuja al pistón hacia su parte exterior, lo que, unido a la posición de su Plato Inclinado, hace que el eje del Motor comience a girar.
  - El giro del eje del motor depende de dos cosas:
    - Del caudal de aceite que recibe; cuanto más caudal, más velocidad del eje.



- De la Inclinación del Plato; cuanto más inclinado, más aceite almacena en cada vuelta, y necesita menos revoluciones para absorber el caudal recibido desde la bomba
- El aceite, una vez que ha accionado el grupo de pistones, queda sin presión y es enviado al depósito para realizar un nuevo ciclo.

Los **RIESGOS** que presenta la **TRANSMISIÓN HIDROSTÁTICA** en las Palas Cargadoras:

1. Movimiento Inesperado de la Pala.

Igual que sucedía con el Convertidor de Par, el riesgo de Movimiento Inesperado de la Pala persiste en las unidades que montan Transmisión Hidrostática, si bien este disminuye notablemente, porque, al quedar el motor a ralentí, el caudal de aceite que bombean las bombas es mínimo, y menor que el del caso de Convertidor de Par; no obstante, el riesgo no se elimina por completo.

*Medidas Preventivas:* Son las mismas que las que se explicaron en el Convertidor, con una matización importante; si en aquel caso el riesgo desaparecía por completo al poner el mando de la Transmisión en neutro, aquí existe la posibilidad de movimiento aún con esta medida si, por las horas de funcionamiento, el control está desajustado; esta circunstancia es más frecuente en los modelos antiguos que en los más modernos en los que el control de la Transmisión es electrónico y, por lo tanto, de mucha mayor precisión.

2. Pinchazo o Reventón del Neumático.

Este riesgo, derivado del posible patinamiento de la rueda, disminuye en las unidades de Transmisión Hidrostática porque estas Máquinas suelen llevar sensores de carga que disminuyen la Inclinación del Plato, y por lo tanto el caudal de las bombas cuando crece la presión en el circuito, a causa, por ejemplo, de una dificultad creciente en la carga del material.

La **TRANSMISIÓN HIDROSTÁTICA** admite una amplia gama de opciones para adaptarse a las necesidades de cada tipo de Máquina que la utiliza.

La variedad de opciones es muy grande, imposible de estudiar caso a caso, por lo que, una vez más, hay que recomendar la lectura detenida del Manual del Operador, para conocer las limitaciones que pone cada marca y las normas de Manejo que deben seguirse en las Máquinas con Transmisión Hidrostática.

### 1.1.3 ARTICULACIÓN

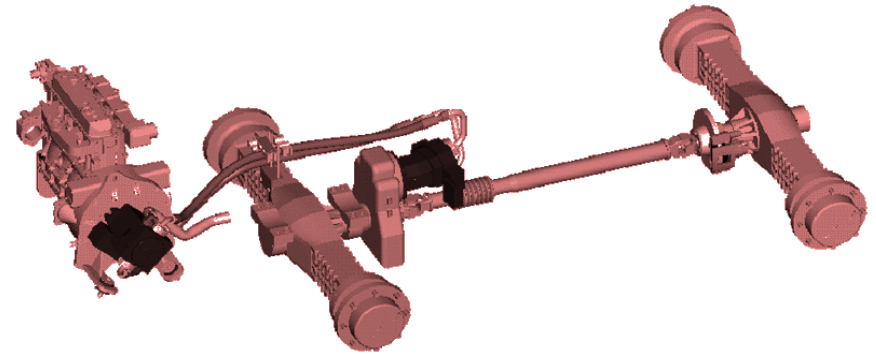
Los Componentes de las Palas Cargadoras de Ruedas se montan sobre bastidores, delantero y trasero, que se unen entre sí por medio de una Articulación.

Los primeros modelos de Palas Cargadoras que se fabricaron hacia 1.960, eran de un solo bastidor, y la Máquina se dirigía por medio del eje trasero, que era a la vez eje motriz y direccional.

A partir de finales de esa década, se comenzaron a fabricar modelos de **BASTIDOR ARTICULADO** que tienen las siguientes **VENTAJAS**:

- Se aúnan dos cosas, en principio contrapuestas para las Palas Cargadoras Rígidas: aumentar la distancia entre ejes, con la que se mejora la estabilidad, y reducir el radio de giro, con lo que la Máquina se hace más maniobrable.
- Se eliminan las juntas homocinéticas necesarias para que un eje sea al mismo tiempo motriz y direccional, con lo que se reduce el riesgo de averías y se aumenta la disponibilidad de la Pala.

Aunque son muy pocas las unidades de Palas Cargadoras de Bastidor Rígido que se conservan operativas, aún es posible encontrarlas en algunas explotaciones o bien en alguna subcontrata; téngase en cuenta que todas ellas, sin excepción, han debido ser adecuadas a los requisitos mínimos de Seguridad establecidos en el Anexo I del RD 1215/1997.



Por lo general, la distribución de los distintos **COMPONENTES DE LA PALA** es casi idéntica en la práctica totalidad de los modelos, siendo como sigue:

- ⇒ El *Bastidor Delantero* se utiliza exclusivamente para soportar el peso y los esfuerzos que transmite el Mecanismo de Carga, es decir, los brazos de elevación, los cilindros hidráulicos de elevación y vuelco y el propio cucharón; su unión al suelo se hace por medio del eje delantero que también se monta sobre él.
- ⇒ El *Bastidor Posterior* es el que soporta la mayor parte del peso de la Pala, con el fin de conseguir la máxima estabilidad posible; en él se monta toda la Transmisión, el eje posterior, los depósitos de gas-oil y aceite de la Transmisión y Sistemas Hidráulicos, y, en la mayoría de los casos, la Cabina del Operador. Algunas marcas, no obstante, prefieren montarla sobre el Bastidor Delantero con el fin de dominar mejor el punto de carga, pero, por el contrario, es más complicado el dominar con exactitud por dónde pisan las ruedas posteriores en las maniobras en retroceso.



El ángulo que pueden articularse ambos bastidores difiere de una a otra marca, si bien se encuentra entre los 35° y los 45°; se necesita menos espacio para las maniobras con ángulos más grandes, pero también se pierde estabilidad, por lo que la carga de trabajo con la que se puede cargar disminuye con los ángulos mayores.

Sea como fuere, cuando la Pala se articula al máximo, la zona del lado hacia el que se ha articulado próxima a la articulación, **no deja espacio libre para ninguna persona, por lo que es un espacio de alto riesgo como se explicó anteriormente.**

En la mayoría de los casos, las marcas sitúan la Articulación en el punto medio entre ambos ejes, con lo que, mientras que durante el desplazamiento no se accione la dirección, las ruedas posteriores pisarán exactamente por donde lo hicieron las delanteras y viceversa, con lo que se facilita el trabajo al Operador. No obstante, hay quien prefiere montar el Punto de Articulación más próximo al eje delantero.

La zona de la Articulación es la que está sometida a mayores y más variados esfuerzos, entre los que destacan los verticales que tienden a que rompa por flexión y los horizontales debidos al empuje durante la carga, que la someten a importantes esfuerzos cortantes. Además, los cojinetes sobre los que se produce el giro están necesitados de lubricación en un grado importante por lo que su engrase, siempre ha sido un problema por las zonas en la que se encontraban los engrasadores, que obligaban al operario a “gatear” por debajo de la Pala, con el consiguiente riesgo de impacto contra diferentes partes de su cuerpo. Los modelos modernos tienen los puntos de engrase situados en zonas mucho más accesibles, incluso el engrase automático, cuando lo llevan, evita que se tenga que estar realizando manualmente esta operación.

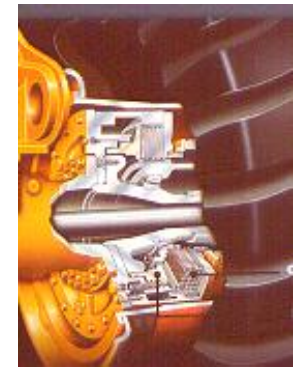
### 1.1.4 FRENOS

Es, desde el punto de vista de la Seguridad, el elemento fundamental para el manejo de cualquier Máquina; su funcionamiento se basa en la conexión entre una pieza que gira y otra que permanece fija, que se verifica a voluntad del Operador. Aunque es prácticamente imposible estudiar todas las variables posibles que ofrecen y han ofrecido los distintos fabricantes, en todos los modelos de Palas Cargadoras que hoy trabajan en las Explotaciones Mineras, veremos las más comunes con las que se puede encontrar una persona que maneje una de ellas. Para ello distinguiremos los siguientes apartados:

- Tipos de Frenos.
- Sistemas de Frenado.
- Forma de accionamiento.

#### → TIPOS DE FRENOS

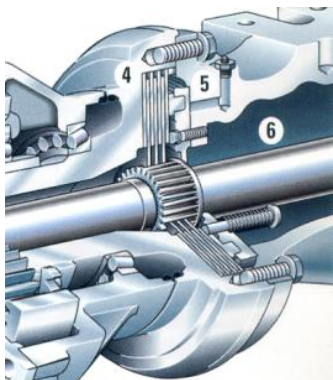
- **De Zapata.** Consiste en una o dos piezas, montadas en un punto fijo de la Máquina, sobre las que se sitúan una o dos zapatas de material para realizar el frenado; los soportes de las zapatas están unidos por ambos extremos mediante cojinetes que permiten su desplazamiento en sentido vertical. En medio de ambos soportes se encuentra el elemento que acciona este mecanismo, y unos muelles de recuperación que restituyen las zapatas a su posición habitual. Cuando el Operador utiliza el mando del freno hace que ambos soportes se muevan y las zapatas sobresalgan del perímetro, rocen con la rueda o el soporte sobre el que esté montada y la frene; al soltar el mando, normalmente por pedal, los muelles devuelven las zapatas a su posición de reposo y el freno deja de actuar.



- **De Disco.** El mecanismo de frenado se compone de un disco de freno montado sobre el eje de la rueda, que gira con ella, y, en uno o varios puntos de su perímetro, hay unas pinzas que contienen las pastillas de freno, y que están montadas en un punto fijo de la Pala. La forma de funcionar es simple; cuando se acciona el mando del freno, las pastillas sobresalen de su posición normal, aprisionan el disco de freno y reducen su velocidad y con ello la de la rueda. Al soltar el mando, un mecanismo retrae las pastillas a su posición original y el mecanismo deja de actuar.
- **De Discos Múltiples.** Es un sistema en el que se intercalan los discos de freno con los platos de presión, que son los conectados de forma permanente con la carcasa que contiene todo el mecanismo de frenado. Los discos tienen un dentado interior que engrana con el eje de la rueda, mientras que los platos se sujetan a la carcasa por medio de unas pestañas que impiden su movimiento de giro.

Ambos componentes se pueden mover lateralmente de forma que se compriman los discos por medio de los platos de presión y frenen el eje de la rueda. A diferencia de otros sistemas, el de Discos Múltiples no admite una forma mecánica de ser accionado. Cuando el Operador acciona el control del freno, se comprimen los discos por medio de los platos de presión y se frena el eje de la rueda; al soltar el control, unos muelles separan los platos de los discos y el mecanismo deja de frenar. Es una forma de conseguir una superficie de frenado muy superior a la de cualquier otro sistema de los descritos hasta ahora, por lo que se utiliza para Máquinas de gran tamaño que alcanzan velocidades considerables y tienen una masa próxima a las 40-50 toneladas. Para disipar el calor que se genera en el frenado, suelen ir en baño de aceite, que refrigera las ranuras de la superficie de los discos.

- **De Tubo Expansor.** Es un sistema utilizado por una marca determinada, hoy en desuso, pero que podemos encontrarla en algunas unidades antiguas que todavía se usan. Está basado en la zapata convencional, pero su accionamiento se hace por medio de una cámara que se hincha por medio de aceite a presión. Cuando se acciona el control del freno, el aceite infla la cámara y ésta empuja las zapatas hacia el exterior haciendo que su superficie roce contra el interior del cubo de la rueda y la frena; al soltar el control del freno, el aceite sin presión retorna al depósito, la cámara se desinfla y las zapatas vuelven a su posición de reposo dejando de frenar.



Estos mecanismos **PUEDEN MONTARSE DE DIFERENTES FORMAS:**

- La zapata, que es el sistema más simple y barato, se monta al aire, dado que está alojado en un receptáculo más o menos hermético. Se utiliza para Máquinas de pequeño tamaño, y está expuesta a que en terrenos

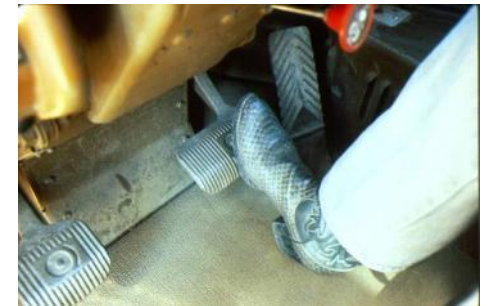
embarrados, o encharcados, se produzcan fallos a la hora de su utilización. Su montaje exterior favorece su refrigeración así como la facilidad en su revisión y reparación.

- El disco simple también suele montarse en el exterior. Es un freno más progresivo que la zapata, y, aunque está sometido a las mismas situaciones de fallo por barro o agua, su recuperación es más rápida por el fácil secado de la superficie del disco. El número de pinzas y pastillas que lleva, depende de la marca y es una consecuencia de la capacidad de frenado que se quiere conseguir. Su gran ventaja es la facilidad de eliminar el calor que se produce durante el frenado.
- Los discos múltiples, sean en seco o en baño de aceite, se pueden montar bien en la rueda o en el interior del eje, siendo este último el más utilizado en Palas Cargadoras de tamaño medio. En su versión en seco, se suelen montar en las cajas de transferencia. Cuando se montan en el interior de los ejes de la Pala, siempre son en baño de aceite para mejorar su refrigeración; su alojamiento completamente hermético es una garantía para su uso que no se ve afectado por la acumulación de barro o la presencia de agua.

#### → SISTEMAS DE FRENADO

En este concepto incluimos las diferentes formas de utilización que se pueden hacer en la Pala de Ruedas; los más normales son:

1. **Freno de Servicio.** Se entiende por tal el Sistema que se utiliza durante el trabajo habitual de la Pala. Con independencia del tipo de que se trate, este Sistema se suele accionar por medio de DOS PEDALES:
  - El *Pedal Derecho* es el que, en la mayoría de las marcas, conecta los frenos únicamente. Es el Sistema que debe usarse en:
    - Los desplazamientos de la Pala, sobre todo cuando se hacen recorridos largos y se han de bajar pendientes de importancia en las que sea necesario impedir que se alcancen velocidades que puedan resultar peligrosas.



- En recorridos, aunque sean cortos, por zonas sinuosas con riesgo de caídas a distinto nivel o vuelco de la Pala.
- El *Pedal Izquierdo* que, normalmente, realiza dos funciones: En la primera parte de su recorrido neutraliza la Transmisión, es decir, es como si la Pala estuviera en Punto Muerto, y en su recorrido final, conecta el Freno.



Es el Sistema que debe usarse cuando:

- ⇒ Los neumáticos patinen en el momento del llenado del cucharón. De esta forma: Las ruedas quedan sin tracción, Cesa el patinamiento del neumático, y toda la potencia del motor se envía al Sistema Hidráulico de la Pala.
- ⇒ Si es necesario frenar en los cambios de sentido de la Pala mientras se hacen las maniobras en carga o en vacío.
- ⇒ Nunca en desplazamientos a alta velocidad.

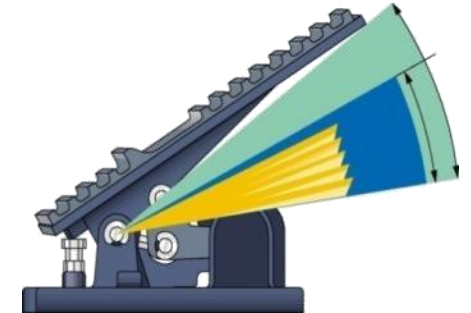
Debido a las diferencias existentes entre fabricantes en lo que se refiere al pedal que Neutraliza la Transmisión y a las decisiones tomadas por algunos usuarios de cambiar las funciones de los pedales de freno, junto con la incorporación de la electrónica, ha llevado a los fabricantes a darle la opción al Operador que escoja si el Pedal neutralizador haga o no esta función. Para ello, en alguna parte de la cabina o del salpicadero existe un interruptor con dos posiciones: en una de ellas el pedal actúa como Neutralizador, mientras que en la otra la Neutralización de la Transmisión queda anulada y los dos pedales actúan de la misma forma. En las Palas Cargadoras dotadas de esta posibilidad, el Operador debe recordar que la Neutralización debe poderse efectuar en el momento de la carga del cucharón, y debe accionar el mando correspondiente para disponer de esta función que le ayuda a evitar que patinen los neumáticos, con los riesgos que hemos indicado anteriormente.



Alguna marca ha montado un dispositivo especial, llamado **FRENO INTELIGENTE**, que se controla por medio del pedal izquierdo de freno y que funciona de la siguiente manera:

- ⇒ En la primera parte, en combinación con los cambios automáticos, reduce una marcha, y, si se mantiene pisado, sigue reduciendo marchas automáticamente hasta llegar a primera.
- ⇒ En la siguiente fase acciona el freno de servicio.
- ⇒ Solamente si se pisa a fondo, y la Pala va a menos de 4 km/h, se neutraliza la transmisión.

**2. Freno de Estacionamiento.** Es el Sistema de Frenado que debe utilizarse para aquellas ocasiones en las que el Operador va a abandonar la cabina, ya sea a motor parado o en funcionamiento.



Durante muchos años, este freno se ha montado sobre algún componente de la Transmisión, y, con frecuencia, el olvido de soltarlo por parte del Operador cuando iba a mover la Pala, ha producido su deterioro, incluso su destrucción total por incendio, que, a veces, se ha extendido a toda la Pala. Como consecuencia, quedaba con el freno averiado, y, en muchas ocasiones, no volvía a funcionar.

En las unidades modernas, que ostentan el marcado CE, cuando se conecta el freno de estacionamiento se dan las siguientes circunstancias:

- Debe dejar bloqueada la Pala mecánicamente, es decir por medio de muelles u otro sistema similar.
- No se debe soltar hasta que el Sistema de Frenos de Servicio funcione con normalidad, es decir que el fluido de accionamiento haya alcanzado la presión suficiente para su uso.
- El motor no debe arrancar si el mando de este freno no está en la posición de conectado.

**3. Freno de Emergencia.** Es un Sistema de Frenado que se utiliza en caso de avería en el Sistema de Frenos de Servicio, y es capaz de detener la Pala en una distancia segura. Este Sistema de Frenado puede actuar bien sobre los Frenos de Servicio o bien sobre el de Estacionamiento, y su actuación se produce ya sea por actuación del Operador o de manera automática si éste no lo hace. Al igual que con el Freno de Aparcamiento, la Pala quedará sujeta por muelles u otro



medio que impida su movimiento hasta que no se haya corregido la anomalía del Freno de Servicio.

### → FORMAS DE ACCIONAMIENTO DEL FRENADO

Para accionar cada uno de los Sistemas de Frenado se han utilizado por los distintos fabricantes y épocas varias Formas de Accionamiento:

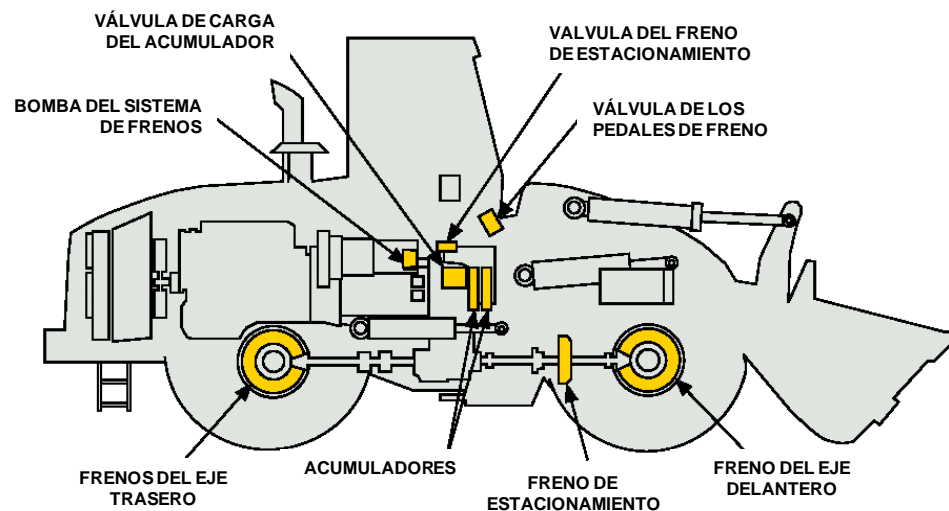
- ⇒ ***Accionamiento Mecánico.*** Este sistema es el más simple y el que se utilizó en las primeras unidades fabricadas, en las que los Frenos ya sean de Servicio o de Estacionamiento, se accionaban por un varillaje mandado desde los controles de la cabina; es un sistema incómodo para el Operador y, sobre todo, con mucha necesidad de ajuste de los varillajes cuando, pasadas unas horas de uso, comenzaban a presentar holguras de cierta importancia.
- ⇒ ***Accionamiento por Líquido de Frenos.*** En esta forma de accionar los frenos se refería siempre al Sistema de Frenos de Servicio; el pedal acciona una pequeña bomba que se alimenta con líquido de frenos que se envía hasta las zapatas o discos de freno para su accionamiento. Es un sistema similar al servofreno que se utiliza en automoción, usado en Palas Cargadoras de pequeño tamaño.
- ⇒ ***Accionamiento por Aire.*** En unidades de alrededor de 15 toneladas de masa, se utilizó, y aún hoy se utiliza por algunas marcas, el Accionamiento por aire; para ello es necesario dotar a la Pala de un compresor que se mueve desde el motor, y que envía aire a los calderines en los que se almacena hasta ser utilizado. El pedal de freno actúa sobre una válvula de aire que deja pasar este fluido desde el calderín hasta el disco o la zapata para su accionamiento; el aire enviado en una frenada se expulsa a la atmósfera cuando se suelta el pedal de freno con lo que se ha consumido el aire necesario para una frenada. Las Palas Cargadoras que usan este sistema para accionar los frenos, utilizan normalmente dos tipos de cámaras de freno: una, de acción positiva que frena por la propia presión de aire y que acciona el Sistema de Frenos de Servicio, y otra que actúa por un muelle y que se utiliza en los Sistemas de Aparcamiento y Emergencia; en el primero de ellos, el aire primero que sale de los calderines se envía a la cámara de freno; cuando la presión es suficiente para mantener el muelle comprimido, una señal en la cabina avisa al Operador y le indica que hay presión suficiente para soltar el Freno de Aparcamiento. Si durante la jornada de trabajo es necesario estacionar la Pala, acciona el control de este freno y el aire sale de la cámara de freno quedando la Máquina sujeta por un medio mecánico como son los muelles. Este mismo circuito se utiliza como Freno de Emergencia, puesto que, si hay un fallo en el Sistema Principal y cae la presión del circuito, una alarma avisará al Operador de esta circunstancia para que trate de frenar la Pala antes de quedarse sin aire en los calderines; si ya no hay aire para detenerla, puede accionar el mando del

Freno de Emergencia, que muchas veces es el mismo que el de Estacionamiento, y pararla; si no, la Pala se para automáticamente al perder la última provisión de aire, y quedará bloqueada hasta que el circuito se cargue de nuevo.

⇒ **Accionamiento Hidráulico.** En este Sistema, es aceite lo que se usa como fluido de Accionamiento. El circuito suele utilizar el mismo aceite que se usa para Dirección y Sistema Hidráulico del Equipo de Trabajo, y su diseño es muy variado por parte de los fabricantes; uno de los más completos es el siguiente:

- La bomba de frenos toma aceite del depósito y lo envía a:
- La Válvula que controla su paso al elemento que acciona el Freno de Aparcamiento y Emergencia donde queda a la espera de ser accionado este control; si hay suficiente presión de aceite, el freno se suelta cuando el Operador acciona el mando correspondiente, y en caso contrario, el control vuelve a su posición y el freno no se suelta.
- Las Válvulas de los dos pedales de freno, donde se queda a la espera de ser utilizado.
- Un acumulador de frenada, que es un depósito con una carga de Nitrógeno y que es capaz de almacenar aceite para varias frenadas.

### COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS



Cada vez que el Operador acciona cualquiera de los dos pedales, el aceite que procede del acumulador es enviado hasta el freno y lo acciona; el aceite queda bloqueado hasta que el Operador deja de accionar el pedal, momento en que es devuelto al depósito.

Este sistema permite almacenar aceite para varias frenadas de forma que, aún a motor parado, se pueden accionar los frenos varias veces antes de agotar el aceite del acumulador; cuando la cantidad almacenada es inferior a un cierto valor de la presión del circuito, una alarma advierte al Operador de esta circunstancia para que, o sea él quien detenga la Máquina o esta se detendrá, de una forma más brusca, automáticamente.

Como medida de Seguridad, los fabricantes suelen montar circuitos de freno independientes para cada uno de los ejes, ya sea su accionamiento Hidráulico o Neumático; de esta forma, en caso de fallar uno de los circuitos, aún se tendrá disponible el otro para frenar la Pala.

El freno de Estacionamiento puede actuar sobre los mismos frenos de servicio o no; en este caso, se suele montar en la transmisión, ya sea en la caja de transferencia o sobre el árbol de la transmisión delantera antes que el movimiento llegue al grupo.

Las Palas Cargadoras con Transmisión Hidrostática tienen menos necesidad de frenado debido al propio Frenado Hidrostático, por lo que algunas de ellas se limitan a unos frenos de disco en las ruedas, que apenas utilizan, pero sí que precisan Freno de Estacionamiento y Emergencia como exige la Directiva de Máquinas para que cumplan con los requisitos esenciales de Seguridad.

### 1.1.5 SISTEMA HIDRÁULICO

Las Palas Cargadoras de Ruedas necesitan como mínimo un Sistema Hidráulico para accionar los movimientos de los Brazos de Elevación y de Equipo de Trabajo; como la Dirección es otro de sus componentes que se acciona por medio de aceite, es bastante frecuente que un mismo Sistema Hidráulico se utilice para estos tres fines.

Acabamos de ver el uso de uno de los Sistemas Hidráulicos para el control y accionamiento de los Frenos en sus diferentes Sistemas de Frenado; veremos ahora de forma somera los otros dos Sistemas Hidráulicos.

#### → SISTEMA HIDRÁULICO DE LA DIRECCIÓN

Para accionar la Articulación de la Pala se utilizan dos cilindros hidráulicos que conectan ambos bastidores y son lo que, con el movimiento de sus émbolos, provocan que se muevan hasta el ángulo prefijado por el fabricante. El aceite sale del depósito y llega hasta la bomba, y de ella va a la válvula de la dirección donde queda esperando a que el Operador accione el volante o el mecanismo que la gobierna. Mientras esto no

sucede, se produce el retorno del aceite al depósito, pasando antes por un filtro que mantiene el aceite limpio. Cuando el Operador acciona la Dirección, mueve la válvula que deja pasar al aceite a los cilindros hidráulicos, que articulan la Máquina.

Cuando el Operador deja de mover el volante, la válvula de la Dirección se centra ya sea por un mecanismo seguidor, en los modelos antiguos, o por medios hidráulicos en las Palas Cargadoras modernas, en las que la propia caña de la Dirección mueve una pequeña bomba de forma manual, que, además de ser la que controla la válvula, permite bombear una pequeña cantidad de aceite en caso que



la bomba principal no funcione; esto permite que, aunque sea con mayor esfuerzo, el Operador pueda conducir la Pala lo suficiente como para estacionarla fuera de la posible trayectoria de otras Máquinas.

Los fabricantes ofrecen la opción de montar una bomba para una Dirección de Emergencia, que, en caso de fallo de la bomba principal, permite dirigir la Pala de forma similar a la que se tiene con la Dirección normal; esta bomba se puede accionar, bien de forma mecánica, normalmente desde algún punto de la Transmisión, o por medio de un motor eléctrico que entra en funcionamiento de forma automática al fallar la presión o el caudal de aceite en el circuito principal.



Debido a que el esfuerzo necesario para el movimiento relativo de los dos bastidores se hace únicamente por medio de los cilindros de Dirección, es conveniente que, siempre que sea posible, no se mueva el mando de ésta si la Pala está parada; el esfuerzo que se pide a los cilindros es mucho menor si el aceite les llega cuando la Máquina se está moviendo.

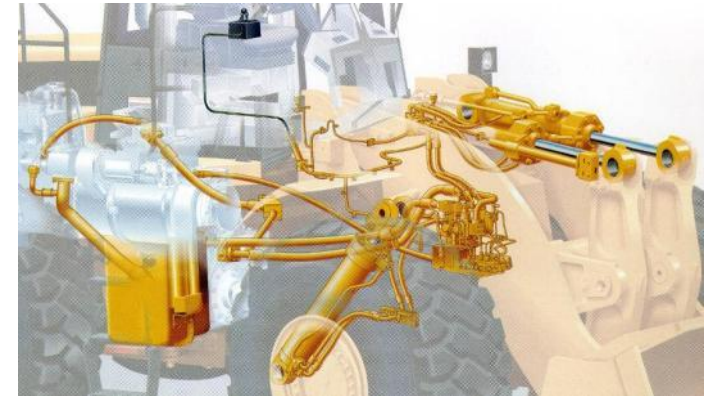
Conviene recordar que el Sistema Hidráulico de la Dirección, en su versión conocida como de “Flujo Amplificado”, tiene una forma de manejarla que difiere de la explicada anteriormente; en efecto, según hemos visto, cuando el Operador deja de accionar el volante, la válvula se centra automáticamente y la Pala deja de articularse, y ambos bastidores quedan en el ángulo en que estaban cuando se dejó de mover el control; pues, bien, *en el caso de Dirección de Flujo Amplificado, para que los bastidores dejen de seguir su movimiento, el volante o el control deben moverse en sentido contrario.* De no ser así, aunque se haya detenido el movimiento del control, la Máquina se sigue articulando hasta el tope final. Es una forma de Dirigirla que se usa sobre todo cuando se necesita una muy rápida respuesta del Sistema, tal como sucede en los Tractores Forestales, algunos Compactadores, etc., e incluso algún fabricante de Palas Cargadoras ha utilizado este sistema en determinados modelos.

Para evitar que ambos bastidores se golpeen al accionar la Dirección, la Pala suele llevar unos topes ajustables, que accionan las válvulas neutralizadoras, encargadas de cortar el suministro de aceite a los cilindros antes que lleguen al final de su recorrido.

### → SISTEMA HIDRÁULICO DEL EQUIPO DE TRABAJO

El circuito de aceite para mover el cucharón tiene unos componentes similares a los de la Dirección. La bomba se suele mover desde el volante del motor o desde el impulsor del Convertidor, para que no se vea afectada por la menor potencia que hay a lo largo de la Transmisión, tanto por la necesidad de mover la Pala como por el aumento de Par en cada uno de sus elementos.

Desde la bomba, el aceite llega al Control Hidráulico, en el que hay tantas válvulas como movimientos tiene el Equipo de Trabajo, normalmente dos, si bien las unidades que disponen de Acoplamiento Rápido para el Equipo de Trabajo, llevan una tercera válvula para el accionamiento del pasador que fija el Implemento al tablero. Si el Operador no utiliza ninguno de los mandos del Sistema Hidráulico, el aceite, como en el caso de la Dirección, después de pasar por el filtro, llega otra vez al depósito.



Ya se ha indicado anteriormente que la bomba del Sistema Hidráulico no produce presión, sino que solamente bombea un caudal de aceite contra la presión que se genera por la oposición al movimiento que quiere realizarse; por esta razón, todo Sistema Hidráulico lleva incorporadas una o varias válvulas que limitan la presión del circuito y protegen a la bomba para que no tenga que trabajar por encima de las condiciones para las que ha sido diseñada, y evitar así su avería.

Si el Operador mueve cualquier control del movimiento del Equipo de Trabajo, que normalmente, son dos palancas o una con movimiento en cruz, el aceite llega a los cilindros para realizar el movimiento deseado; en este aspecto, conviene decir lo siguiente:

- La Válvula que controla la recogida y vuelco del cucharón, tiene tres posiciones: “volcar”, “neutro” o “fijo” y “recoger”, por lo que el mando que gobierna este movimiento tiene las mismas tres posiciones indicadas. La palanca, por regla general, queda enclavada en “recoger” y retorna a “neutro” automáticamente cuando el cucharón está en una determinada posición. Desde la posición de “volcar” el mando no vuelve a “neutro” mientras que no sea llevado a esta posición por el Operador.
- La válvula que gobierna la elevación y descenso del Equipo, y por lo tanto la palanca de elevación, tiene cuatro posiciones: “subir”, “fijo”, “bajar” y “flotante”. Por lo general, en la posición de “subir” la palanca queda trabada y permite que el cucharón suba hasta

alcanzar su máxima altura u otra prefijada, momento en el que vuelve a “neutro” o “fijo” de forma automática. En la posición de “bajar”, el cucharón baja de forma controlada y la palanca no queda trabada, retornando a “fijo” en cuanto el Operador deja de accionarla. Por último en la posición “flotante” la palanca queda trabada y solamente volverá a “fijo” cuando así lo haga el Operador; en esta posición hace dos misiones:

- El cucharón cae por gravedad y llega a golpear contra el suelo si no se le detiene.
  - Una vez que está apoyado en el suelo, si se sitúa la palanca en “flotante”, el cucharón no hace más presión sobre el suelo que la debida a su propio peso; esta posición se utiliza si se quiere limpiar una superficie quitando solamente el material que esté suelto, sin excavar ni arrancar ni siquiera el material apelmazado.
- Los dos circuitos de elevación y vuelco no actúan de manera independiente; están conectados de forma que con el mando en “subir”, la recogida tiene prioridad sobre la elevación, mientras que en la posición de “volcar” la elevación tiene prioridad sobre el vuelco. De esta forma se pueden hacer los dos movimientos de elevación y recogida necesarios para llenar el cucharón con una sola palanca.

El Sistema Hidráulico de las Palas Cargadoras dispone de dos limitadores ajustables, de elevación y de vuelco, que desconectan la elevación a una altura prefijada, y devuelven el cucharón a la posición de carga ajustada para mantener el ángulo de ataque con el material.

Los más habituales se componen de unos interruptores magnéticos que actúan sobre unos electroimanes; éstos envían una señal al control para que la válvula de elevación o de vuelco retorne a fijo y se detenga el movimiento. Este ajuste se realiza manualmente. En los modelos más modernos, este ajuste se hace por medios electrónicos, con lo que el Operador no necesita bajarse de la cabina para realizarlo; es más, el que corresponde al movimiento de elevación limita la altura máxima y la mínima a la que se desea que se detenga este movimiento.



La **FORMA DE ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS** puede ser mecánica, hidráulica, eléctrica o electrónica:

1. **Accionamiento Mecánico.** Es el sistema que se utilizó en las primeras Palas Cargadoras que se fabricaron; en ellas, las palancas movían directamente las válvulas dentro del Control Hidráulico que estaba sometido a la misma presión que el resto del circuito.

Como consecuencia, se necesitaban palancas de una longitud considerable para disminuir el esfuerzo que debía hacer el Operador al mover las válvulas contra una presión como la que indicamos anteriormente. Por otra parte, la suavidad y precisión de estos mandos era más bien escasa, lo que se traducía en movimientos bruscos del cucharón o de los brazos de elevación.

2. **Accionamiento Hidráulico.** Buscando facilitar el uso de estos movimientos, mejorando su precisión y con menor esfuerzo del Operador, los fabricantes introdujeron en los años 80 el Sistema Piloto; se trata de un segundo Sistema Hidráulico que funciona a una presión muy pequeña, apenas 10 kg/cm<sup>2</sup>, que es el que actúa sobre las válvulas del control hidráulico. Tiene su propia bomba, o una sección de la bomba principal, y permitió reducir notablemente la longitud de las palancas y mejorar la precisión de los movimientos porque el Operador no tenía que trabajar contra unas presiones tan elevadas.

En los primeros modelos surgió una pega importante: el cucharón no bajaba a motor parado porque, al no funcionar el Sistema Piloto, aunque se moviera la palanca, no llegaba presión suficiente al Control Hidráulico para mover la válvula de elevación. Por esta razón, pueden haber unidades aún trabajando en las que, para conseguir cualquier movimiento del cucharón, es necesario que el motor esté funcionando. Esta dificultad fue corregida al poco tiempo, con lo que desapareció esta limitación.

3. **Accionamiento Eléctrico y/o Electrónico.** Es la última incorporación de la tecnología más moderna.



La palanca o palancas del cucharón mueven electroválvulas, con lo que desaparecen de la cabina todas las tuberías de aceite y se sustituyen por cables, disminuyendo tanto los ruidos como la temperatura y posibles pérdidas.

Las más perfectas son las de accionamiento electrónico porque permiten:

- Ajustar desde la cabina la altura a que se quiere que se desconecte la elevación y el descenso del cucharón.
- El ángulo de recogida para volver a la posición de excavación deseada.
- La sensibilidad de los controles, para disponer de una reacción más o menos rápida.
- Seleccionar que el cucharón mantenga su ángulo respecto a la vertical de forma automática mientras se eleva o desciende.

Tanto en el caso de accionar las válvulas por Sistema Piloto como por medios eléctricos o electrónicos, se puede disponer de un sistema que bloquea en neutro los controles de elevación y vuelco, impidiendo ambos movimientos aunque se accionen las palancas con el motor en marcha.

### → BRAZOS DE ELEVACIÓN

Están formados por dos planchas de acero de alta resistencia que en ambos extremos se unen al bastidor delantero y al cucharón mediante unos bulones que permiten el giro según un plano horizontal. Entre ambos brazos, existe un tubo de unión que “garantiza” el paralelismo de los brazos, y que está sometido a unos considerables esfuerzos de torsión, que se incrementan de una forma más que notable, con el mal uso de la Pala cuando se carga con las esquinas del cucharón.

La elevación se logra por medio de dos cilindros que por un extremo se unen al chasis y por el otro a un punto de cada uno de los brazos, que suele estar próximo al punto medio.

Para llevar al cucharón el movimiento de vuelco y recogida, se utiliza un sistema mixto formado por piezas de acero, conocidas como “bieletas”, y uno o dos cilindros hidráulicos que proporcionan el movimiento. El cilindro hidráulico está formado por un cuerpo de acero en cuyo interior desliza un émbolo cuya superficie está cromada y en uno de cuyos extremos está el elemento sobre el que actúa el



aceite y por el otro se une a las bieletas que accionan el cucharón. El cilindro está cerrado por uno de los extremos por una tapa atornillada y que contiene unos retenes que evitan la entrada de suciedad desde el exterior y mantienen el émbolo completamente limpio. El otro extremo es ciego y forma parte del cuerpo del cilindro.

Los cilindros utilizados son de doble efecto, con lo que el aceite a presión entra alternativamente por uno u otro extremo, siendo necesario que, al mismo tiempo que entra por uno de los extremos, salga por el otro una cantidad similar que retorna al depósito.

La llegada del aceite desde el Control de Válvulas hasta los cilindros se consigue por medio de mangueras que, además de ser flexibles, deben ser capaces de soportar las presiones a las que van a trabajar en la Máquina.

El conjunto de los componentes que se usan para conseguir el vuelco y la recogida del cucharón se conoce como “cinemática”, y obedecen a dos diseños básicos: cinemática en línea y cinemática en Z.

En los últimos años, una marca ha introducido en sus Palas Cargadoras de Ruedas una innovación, importante: ha sustituido en alguno de sus modelos de mayor tamaño el diseño tradicional de dos brazos de elevación, por el que llama “Brazo Monobloque”, con lo que se disminuye el peso del mecanismo de carga; este menor peso se aprovecha para montar cucharones de mayor capacidad y conseguir un mayor alcance y altura de descarga. Desde el punto de vista de su utilización, la Pala se asemeja a una Excavadora Frontal, por lo que a la hora de realizar la Operación de Carga, se debe utilizar la elevación en combinación con la recogida pero dando prioridad a aquella sobre ésta.



### 1.1.6 CUCHARÓN

Es el Equipo de Trabajo más habitual en las Palas Cargadoras, que en algunas aplicaciones especiales pueden montar otros tales como horquillas para manipular cargas, pinzas para madera o manipulación de tubos, o, en el caso de modelos de pequeño tamaño dotados con acoplamiento rápido, una amplia variedad de equipos que se montan sobre el tablero porta-implementos.

El cucharón se utiliza para cargar el material y es un componente esencial de la Pala. Aunque no es muy habitual que en una Pala se cambie el Cucharón nada más que en el caso en que haya que repararlo o sustituirlo por uno nuevo, los fabricantes suelen ofrecer distintos cucharones para sus modelos en función del tipo de material que se vaya a cargar o de su densidad; de esta forma se suelen ofrecer:

1. **Cucharones de Excavación**, para cuando la Pala vaya a realizar el arranque directo. Suele ser el de menor capacidad y el perfil de su fondo está estudiado para que el material resbale por él de la manera más fácil posible, con el fin de disminuir el esfuerzo necesario para colmar su carga.
2. **Cucharones para Materiales Suelos**, también llamados de Uso General, que son los más habituales, siempre que la Pala no excave o lo haga en pocas ocasiones y en un material que no le suponga un esfuerzo excesivo.
3. **Cucharón para Materiales Ligeros**, específico para la carga de materiales de baja densidad tales como tierra vegetal, carbón, astillas para madera, etc. Es de una capacidad muy superior a los utilizados en la carga de tierra o roca, pero no admite llenados al 100% en el momento en el que la densidad del material que se vaya a cargar sobrepase  $1 \text{ t/m}^3$ .
4. **Cucharón de Roca**, específico para la carga de roca volada, suele tener el borde de ataque en forma de V, para facilitar su penetración en la voladura. Es el de mayor robustez de todos los que se ofrecen para un determinado modelo de Pala.



Para preservar los elementos más valiosos del cucharón, se utiliza lo que se conoce como Material de Penetración o Material de Desgaste, que consiste en dientes, puntas, cuchillas, cantoneras, etc., cuya misión es evitar el desgaste del cucharón desgastándose ellos mismos. Es un aspecto que se debe cuidar tanto en su selección como en el momento de sus sustitución porque si se quiere apurar su uso, las consecuencias pueden ser muy graves, tales como la reparación del cucharón, que, además de su elevado coste, llevan acarreada la paralización de la Pala por un número importante de horas.

Por ello, se debe escoger el tipo de diente, si va a ser largo o corto, el tipo de punta, si va a ser resistente al impacto, de penetración, para material abrasivo, etc., pues de ello va a depender su duración. El uso o no de la cuchilla para material suelto, las cantoneras y las guardas de las esquinas del cucharón, las placas de desgaste de su fondo, etc., son otros tantos puntos que se deben vigilar.

**El cucharón se caracteriza por** dos cosas: su anchura y su capacidad.

- ⇒ La Anchura debe ser ligeramente superior o igual a la de la Pala medida desde el exterior de sus ruedas, con el fin de proteger los flancos de los neumáticos, sobre todo los delanteros, en el momento de la carga, para que pisen por un terreno lo más plano posible y no rocen contra los bordes que quedan una vez que se ha cargado el material. **Se debe cargar siempre con todo el ancho del cucharón**, porque hacerlo solamente con una parte, provoca un mayor desgaste en el Material de Penetración, al tiempo que deforma su estructura si se utiliza esta técnica con cierta frecuencia.
  
- ⇒ La Capacidad se da en dos versiones:
  - Al ras, que es lo que cabe en el Cucharón cuando se sitúa con su boca de llenado paralela al suelo y se retira el sobrante que haya quedado por encima de este plano.
  - Colmada que es la que más se aproxima a la realidad, tomándose el talud 2:1 como el que van a tener los planos que forman el colmo teórico del cucharón. Aunque hay algunos materiales que, por su cohesión o adherencia permiten alcanzar taludes superiores al especificado, son los menos y raramente se alcanzan factores de llenado superiores al 110%. En los últimos años, para evitar posibles errores en los usuarios, los cucharones suelen llevar en su parte posterior una pequeña placa que recoge sus dimensiones, peso y capacidad en metros cúbicos.

## 1.1.7 NEUMÁTICOS

El Neumático es el componente de la Pala que se somete a las mayores solicitaciones; debe mover la Máquina empujando contra el acopio de material que se quiere cargar en unas condiciones de tracción que no siempre son las más adecuadas. El par que llega a la rueda, se convierte en fuerza de tracción disponible en el neumático, que supera siempre a la que puede ser utilizada en el trabajo; dicho de otra forma, si el Operador empuja contra una acopio suficientemente grande en primera velocidad y a pleno acelerador y no utiliza el sistema hidráulico para aliviar la carga

que se opone al movimiento de la Pala, el Neumático acaba patinando, antes o después en función de su agarre con el suelo. Cuanto mayor sea la dificultad que presenta el material para ser cargado, mayor es el riesgo de producir el patinamiento del neumático, lo que, como ya hemos indicado en varias ocasiones, siempre representa un desgaste superior al necesario y presenta el riesgo de corte que pueda producir un pinchazo o un reventón.

### → CONSTRUCCIÓN DEL NEUMÁTICO

El Neumático es, esencialmente flexible, utilizando una serie de componentes en su estructura tales como nylon, acero, etc., para resistir las tensiones que se producirán cuando sea inflado a una presión determinada. Estos componentes se recubren de caucho en todo su exterior y en las capas intermedias para sellar la estructura y forma la banda de rodadura que es la unión con el suelo.

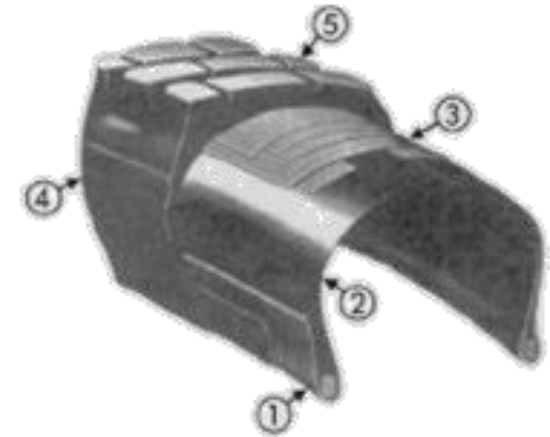
Su fabricación obedece a uno de los dos diseños siguientes: Neumático Diagonal y neumático Radial, que a continuación se describen.

⇒ El **Neumático Diagonal** se compone de las siguientes partes:

- *Talón (1)*. Es la parte en la que el Neumático se une a la llanta y está formado por unos alambres de acero, tres o cuatro en los tamaños más grandes, que serán forzados lateralmente por la presión de inflado para fijarlo contra la llanta.
- *Carcasa (2)*. Formada por capas de nylon que se unen a ambos talones de forma que las fuerzas que debe resistir el Neumático se transmiten desde el talón a las bandas de nylon. Está formada por capas de goma que recubren los hilos de nylon y ayudan a amortiguar los impactos que se transmiten desde los Talones. Se disponen en alternativamente en dos direcciones diferentes según la diagonal de un paralelogramo.



- *Flanco (4)*. Es la parte lateral del Neumático, por medio de la cual se une con el Talón. Está formado por capas de caucho que protegen la carcasa en ambos laterales.
- *Banda de Rodadura (5)*. Es la parte del Neumático en contacto con el suelo, fabricada en caucho, que constituye la zona de desgaste y que proporciona tracción y flotación. A veces entre la banda de rodadura y la carcasa se disponen unas bandas que refuerzan la estructura y protegen la carcasa del Neumático.
- *Cámara Interior (6)*. Es el elemento que debe contener en su interior el aire a presión que se utiliza para el inflado del Neumático, que puede no existir si éste es de tipo “Tubular” en cuyo caso el cierre hermético de la carcasa se encomienda al talón.
- *Protectores de la Carcasa (3)*. En algunos casos, los fabricantes de este tipo de Neumáticos disponen de esta especie de “manto protector”, que puede ser de acero, aumenta la resistencia del Neumático durante su trabajo.



⇒ El **Neumático Radial** obedece a un concepto diferente; se compone de:

- *Aro (1)*. La estructura del Neumático se basa en dos aros, uno a cada lado del mismo, de acero en forma de espiral, que lo comprime contra la llanta.
- *Carcasa Radial (2)*. De forma radial, está constituida por cables de acero, juntos unos contra otros, que se enrollan sobre cada uno de los aros, prolongando su longitud para proteger sus flancos.
- *Capas de Protección (3)*. Formadas por tejido de acero en número variable, recubren la carcasa y se disponen con la orientación de forma alternativa de los cables en direcciones diferentes.
- *Flanco, banda de Rodadura, etc. (4 y 5)*. Similares a las explicadas para el Neumático Diagonal.

## → TIPOS DE NEUMÁTICOS

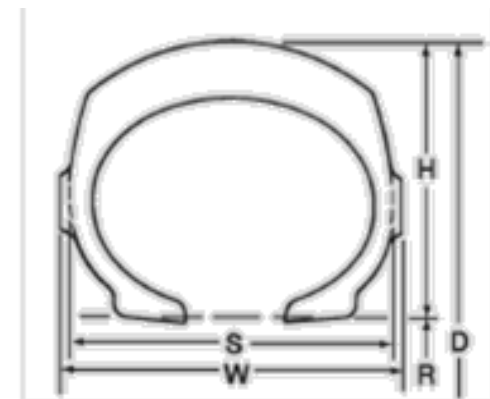
Los Neumáticos para fuera de carretera tienen unas exigencias totalmente distintas, porque, si bien no se alcanzan las velocidades de los que se usan en automoción, las cargas que tienen que soportar son considerablemente mayores. Por esta razón, y aunque las medidas sean las mismas, no se puede seleccionar un Neumático solamente por ellas; hay que determinar primeramente el tipo de trabajo que va a realizar. Los Neumáticos se fabrican en los siguientes tipos diferentes:

- **Neumáticos para Compactación.** Pensados para bajas velocidades y cargas poco importantes. **Se identifican por la letra “C”**
- **Neumáticos para Transporte.** Diseñados únicamente para las unidades de acarreo, que alcanzarán las velocidades más altas, próximas a los 80 km./h, y cargas medias o altas. **Se identifican por la letra “E”.**
- **Neumáticos para Carga y Empuje.** Diseñados para las cargas más importantes y bajas velocidades como son las que se logran con las Palas Cargadoras y Tractores de Ruedas. **Se identifican con la letra “L”.**
- **Neumáticos de Nivelación.** Exclusivos para Motoniveladoras, tienen un diseño para una velocidad media y unas cargas bajas. **Se identifican por la letra “G”.**

#### → TAMAÑO DEL NEUMÁTICO

Los Neumáticos se identifican, además de por su tipo, por las dimensiones de su sección. En el esquema se identifican las medidas de un Neumático que son:

- D. Diámetro Exterior del Neumático
- R. Diámetro de la Llanta sobre la que se monta.
- H. Altura de la Sección del Neumático.
- S. Ancho de la Sección del Neumático
- W. Ancho Exterior del neumático.



- H/S. Coeficiente de forma.

Su **Nomenclatura** es del tipo siguiente: 24.00-35, en el que:

- ⇒ Las dos últimas cifras indican el diámetro de la llanta sobre la que va a montarse el Neumático, en este caso es de una llanta de 35”.
- ⇒ Las primeras cifras corresponden, aproximadamente, al ancho de su sección, en reposo. Existen tres opciones:
  - *Ancho Standard*, cuatro cifras separadas por un punto y siendo las dos últimas “00”. El número indica el ancho en pulgadas. Ejemplo: 24,00 corresponde a una anchura de aproximadamente 24”.
  - *De base ancha*, con tres cifras separadas por un punto entre la segunda y la tercera, siendo ésta distinta del “0”. Igual que en el caso anterior, el número indica su ancho en pulgadas. Por ejemplo 29.5, corresponde a una anchura de la sección de aproximadamente 29,5”.
  - *De Perfil Bajo*, cuatro cifras separadas por una raya de división, entre la segunda y tercera. Por ejemplo, un neumático 40/65-39, indica que el diámetro de la sección es de 40”, que va a ser montado sobre una llanta de 39” y que el coeficiente de forma es 0,65, correspondiendo los decimales a las dos cifras del denominador de la fracción. El coeficiente de forma es la relación entre el ancho de la sección y su altura. Sus valores son de:
    - 0,95 para los neumáticos de ancho “estándar”
    - 0,85 para los de base ancha.
    - 0,65 para los de perfil bajo.

En ocasiones aparece entre las cifras de las dimensiones una letra “R”, que indica que el Neumático es Radial. De todas formas, no hay que olvidar que las nomenclaturas de los Neumáticos pueden cambiar de unos fabricantes a otros.

## → ESPECIFICACIONES DE LOS NEUMÁTICOS

Si nos referimos a su utilización, los Neumáticos tienen dos especificaciones muy importantes, la Presión de Inflado y el Índice tonelada-kilómetro/hora.

⇒ La **Presión de Inflado**, que es la clave para una buena utilización, conseguir la máxima duración y realizar el trabajo con Seguridad. Los fabricantes especifican para cada uno de sus productos la presión con la que deben ser inflados. Esta presión, **es en frío**, por lo que, cuando hablamos de cómo se debe comprobar la presión ya indicamos que puede no ser suficiente el descanso de una a otra jornada para que el aire se haya enfriado. Por otra parte, la presión dada por el fabricante supone que el Neumático va a trabajar con una determinada carga, que en ningún momento se debe exceder salvo contingencias como aumento de la densidad del material, humedad, transferencia de peso por irregularidades del terreno, etc. Cuando se sabe que las condiciones de trabajo van a traer estas variaciones, *se debe aumentar la presión de inflado*.

⇒ El **Índice tonelada-kilómetro/hora** es un método desarrollado por CATERPILLAR, para clasificar los Neumáticos. Se basa en que cuando el Neumático se calienta se puede producir un fenómeno inverso al que tuvo lugar durante su fabricación.



En efecto, para fabricar un Neumático se requiere que el compuesto de caucho se caliente hasta una temperatura de 132°C. Durante el trabajo, el neumático se calienta por la flexión y la carga a la que está sometido, en la primera de las cuales tiene una importancia notable la velocidad a que se mueve la Máquina que lo utiliza.

Como el calentamiento de los cables o del tejido del Neumático hace que sus características resistentes disminuyan, hay que cuidar que no se alcance una temperatura del aire interior que debilite tanto la estructura que acabe destruyéndose. Según CATERPILLAR, estos



valores son de 107°C para Neumáticos de tejido de nylon y 93°C para los de tejido de acero. El Índice tonelada-kilómetro/hora se obtiene por el producto de dos factores: la carga media que soporta el Neumático y la velocidad media a que circula. La Carga Media es la mitad de la suma de los Pesos en Vacío y Cargado que afectan al Neumático, mientras la velocidad media es la distancia que ha recorrido en un relevo o jornada dividida por su duración, expresada en km/h. Con estos valores y las limitaciones de temperatura que hemos indicado, los fabricantes de neumáticos dan un valor del Índice, que no debe sobrepasarse en el trabajo real de la Pala. En trabajos de Carga sobre Camión, los Neumáticos de la Pala no superarán los valores del índice-tonelada-kilómetro/hora que da el fabricante, *pero sí puede hacerlo si se utiliza la Pala de forma continua en trabajos de Carga y Transporte*, en cuyo caso debemos asegurarnos que el límite no se sobrepasa porque las consecuencias pueden ser graves, llegando a la explosión del neumático.

### → PROTECCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS

El Coste de los Neumáticos es uno de los factores que más influencia tienen en el Coste Horario de la Pala, suponiendo que lleguen a alcanzar el final de su vida útil, es decir que no queden inservibles por reventones o cortes profundos en sus flancos, que son sus partes más débiles. Si esto se produce, el Coste Horario de la Máquina se dispara.

Además es el componente que puede provocar los accidentes más graves, con frecuencia mortales, para las personas que se encuentran en la zona de peligro.

El Material es, en cada caso, el elemento determinante en la duración del Neumático, que puede ir desde varios miles de horas hasta unos pocos cientos, incluso en una Pala manejada por un buen Operador. Los materiales poco consolidados, tales como arenas, gravas, incluso zahorras, desgastarán el Neumático por el roce de la banda de rodadura con el suelo, pero, normalmente, no presentan riesgos graves de cortes; sin embargo las rocas, aunque no sea precisa la voladura para su arranque, tales como algunos yesos, pizarras, conglomerados, etc., y sobre todo las rocas que precisan la voladura para su arranque, pueden dar lugar a piedras de mayor o menor tamaño que tengan su fractura con bordes cortantes, con lo que el riesgo de pinchazo, reventón o corte profundo en el flanco del Neumático se incrementa notablemente.



Ante esta realidad, ¿qué puede hacer el Operador?; puede aplicar algunas técnicas que lo protegen al menos en lo que está en su mano, como por ejemplo, evitar que el Neumático patine durante la carga:

- ⇒ Ayudando con los hidráulicos en mayor medida que cuando carga tierra.
- ⇒ Manteniendo el punto en el que se carga con suficiente amplitud para que el cucharón no se encaje.
- ⇒ No llenando el cucharón más de lo aconsejable; cuando se ha llenado un 80-85% de su capacidad, es preferible depositarlo en el camión en vez de seguir llenando; el esfuerzo y el coste necesario para ello no compensa el pequeño aumento de producción que pueda conseguirse.
- ⇒ Evitando la caída de piedras en las proximidades del Volquete o en la trayectoria de la Pala; hay materiales en los que un simple roce del flanco del Neumático con una piedra, aunque esté suelta, ya produce un corte.
- ⇒ Manteniendo limpia la zona de carga, es decir, retirando las rocas que se hayan podido caer a pesar de los cuidados durante la carga.



Si, a pesar de todo ello, la vida del Neumático no alcanza las 1.000-1.200 horas, puede ser necesario proteger el Neumático por medio de cadenas metálicas, que reducen drásticamente los cortes en los laterales, tanto en número como en gravedad. Es una decisión que se escapa a la responsabilidad del Operador, pero él sí debe saber que una Pala cuando lleva cadenas protectoras, se comporta de una forma diferente a cuando trabaja sin ellas.

Si se protegen las cuatro ruedas, la tracción es igual en todas ellas, superior a la que tenían las ruedas sin las cadenas en la mayoría de los casos, pero esto no es una norma general; hay materiales, como por ejemplo la roca pura, en los que la cadena agarra peor que la goma, es decir, su coeficiente de tracción es menor, y también se puede llegar al patinamiento con el consiguiente desgaste de los anillos de las cadenas. Esta circunstancia es particularmente importante si el material es una roca silíceo, con sílice libre en su composición química.

Por otra parte, las cadenas añaden a la Pala un peso muerto de varios cientos de kilos, según el tamaño del Neumático, por lo que, en terrenos embarrados, la rueda tiende a hundirse y es vital que la zona de carga esté lo más llana posible; hay que tener en cuenta que, en estas circunstancias, si una rueda delantera se clava en el suelo más que las otras, la Pala se desnivela y, en un caso extremo, podría llegar a volcar.

Si la Pala solamente tiene protegidos los dos Neumáticos, suelen ser los delanteros que son los más expuestos a pisar por las rocas sueltas y a sufrir cortes, mientras que los posteriores presentan un riesgo menor. Sin embargo esta circunstancia hace que el manejo de la Pala sea diferente por lo que vamos a explicar a continuación:

- ⇒ Se empieza porque el agarre de las ruedas de ambos ejes ya no son iguales.
- ⇒ El eje delantero, en la mayoría de los casos, va a tener mejor agarre por dos motivos:
  - La cadena tiene mejor coeficiente de tracción.
  - En el momento de la carga, parte del peso de la parte posterior de la Pala se transfiere al eje delantero.
- ⇒ Como consecuencia el eje posterior tenderá a patinar y lo hará con mayor facilidad.

Esta circunstancia, además, se verá favorecida si el Operador abusa de la recogida del cucharón, con lo que la Pala tiende a levantar las ruedas posteriores y el peso que soporta disminuye notablemente.

### 1.1.8 CABINA

Es, sin duda, el punto clave de la Pala de Ruedas, y aquél en el que los fabricantes han volcado sus cuidados de forma general y creciente con el paso del tiempo. En la década de 1.970, este apartado se llamaría “Compartimento del Operador”, porque la mayoría de los fabricantes no hacían cabinas para sus modelos, siendo normal que el Operador tuviera que ingeniárselas para hacer algo que le protegiera del sol en el verano, y, relativamente, de la lluvia. Como algo excepcional, este Compartimento se cerraba por medio de una estructura de hierro y unos cristales o placas de plástico, en cualquier caso, nada que ver son las modernas cabinas.



Es materialmente imposible estudiar todas y cada una de las Cabinas de los modelos de Palas Cargadoras que se fabrican en el mercado, pero lo haremos de forma general, sin entrar en los detalles que todo Operador encontrará en el Manual que edita el fabricante.

Ya hemos visto cómo el acceso a la Cabina se hace por una o dos escaleras según que la Cabina disponga de una o dos puertas, y que estas escaleras deben permitir el acceso fácil, cómodo y seguro a cualquier tipo de Operador independientemente de sus características físicas de altura, peso, etc.



La Cabina suele estar montada sobre tacos de goma o poliuretano, que, a modo de “silent blocks” la aíslan de posibles vibraciones para estar acorde con las limitaciones que exige la normativa vigente. El asiento es ergonómico y con múltiples ajustes que permiten que el Operador alcance con facilidad todos y cada uno de los controles, mandos, interruptores, etc., que disponga la Pala para accionar y controlar algunas de sus funciones. Lo primero que debe hacer un Operador al acceder a la Cabina es ajustarse el asiento de forma que se encuentre cómodo para utilizar todos los mandos.

Por lo general, en el suelo de la Cabina suelen encontrarse tres pedales, uno el acelerador y dos pedales del freno de servicio, uno de los cuales es el Neutralizador de la Transmisión. Ya hemos indicado en páginas anteriores cómo deben usarse cada uno de ellos y en qué condiciones.

Frente al asiento se encuentra el volante de la Dirección, y debajo de él suele haber una o dos palancas que controlan las diferentes velocidades de la Caja de Cambios.

Si hay solamente una palanca, girando sobre su eje se seleccionan las diferentes velocidades de la Pala, mientras que el sentido se controla con el movimiento hacia adelante o hacia atrás de la palanca.



Cuando hay dos palancas, una solamente se utiliza para cambiar el sentido de la marcha, mientras que la otra, con tantas posiciones como velocidades tiene la Caja de Cambios, permite al Operador escoger la marcha a que quiere trabajar o desplazarse. En ambos casos, el punto muerto se conecta situando la palanca en el centro entre sus posiciones de avance o retroceso.

En modelos más recientes, en los que existen cambios automáticos seleccionados eléctricamente, se suele utilizar un sistema de dos pulsadores; uno de ellos regula los cambios ascendentes, es decir a velocidades más largas, mientras que el otro regula

las reducciones.

A veces, para mayor comodidad del Operador, van situados sobre el volante de la Pala, que suele incorporar un interruptor eléctrico que es el que se encarga de bloquear la velocidad en Punto Muerto.

En los modelos más modernos, se ofrece la posibilidad de combinar este sistema de cambios con el mando de la dirección, sustituyéndose los dos pulsadores por dos gatillos, uno vertical, que selecciona el sentido de marcha y otro horizontal con el que se selecciona la velocidad.



Una de las opciones indicadas anteriormente, sustituye el volante tradicional por un “stick” que, moviéndolo hacia la derecha o hacia la izquierda acciona la dirección en el sentido correspondiente.

La otra posibilidad es combinar el control de la Caja de Cambios con un volante de cuarto de vuelta, con el que el operador maneja la dirección y los cambios con la mano izquierda,

no necesitando más que un giro inferior a 90 grados para que la Pala se articule por completo; un balancín incorpora los dos controles para velocidad y sentido de marcha.

Finalmente en el lado derecho se encuentran los mandos del Cucharón que puede ser un mando único con movimiento en cruz o dos mandos que controlan la elevación y vuelco de forma independiente. Su tamaño indica el tipo de accionamiento de los controles, mecánico, por sistema piloto o electrónico. A ambos lados del volante suele estar el salpicadero que contiene todas las alarmas e instrumentos de control que se estudiarán en el próximo Capítulo.



## 1.2 Funcionamiento Básico de los componentes de una Excavadora Hidráulica de Cadenas

Con el nombre genérico de Excavadora Hidráulica se engloban todas aquellas Máquinas que son capaces de arrancar el material desde su estado natural, o cagarlo si, por su dureza, es necesaria la voladura.

Por su configuración nos encontramos con dos Sistemas de Trabajo diferentes:

- **Retroexcavadora**, cuando la Máquina excava el material por debajo del plano en el que se encuentra apoyada.
- **Excavadora de Carga Frontal** que, de forma similar a la de las Palas Cargadoras de Ruedas, arranca y/o carga el material por encima de la superficie en la que se encuentra.

A su vez, según el Sistema que utilice para su desplazamiento, existen dos posibilidades:



- **Desplazamiento sobre ruedas**, en las que el bastidor principal se apoya en el suelo con el intermedio de cuatro neumáticos, gemelos normalmente.
- **Desplazamiento sobre cadenas** en las que el bastidor principal termina en unos puntos que permiten el anclaje de los dos trenes de rodaje, similares a los de los tractores de cadenas convencionales.

En cualquiera de las opciones indicadas, hay una característica común: **todos los movimientos de la Máquina se logran por medio de circuitos hidráulicos.**



A continuación se expone el funcionamiento elemental de los distintos componentes de una Retroexcavadora de Cadenas.

## 1.2.1 BASTIDOR PRINCIPAL

Es el que soporta el peso de todos los componentes, a excepción de los trenes de rodaje mediante los que la Retroexcavadora se apoya en el suelo. Está formado por placas de acero de alta resistencia, o bien se hacen distintas piezas de sección en caja para lograr resistencias mecánicas suficientes para las tensiones que tiene que soportar.

Su aspecto es el de un cuadrado o rectángulo con cuatro “patas” que se prolongan lateralmente para unirse rígidamente, por medio de dos miembros a cada uno de los trenes de rodaje. Estas uniones han sido siempre los puntos débiles de los bastidores de las Excavadoras Hidráulicas, por lo que los fabricantes han ido incorporando las soluciones tecnológicas más avanzadas, desde la unión por tornillos, el roblonado, o la más perfecta y resistente, por soldadura; incluso las marcas de mayor calidad hacen esta soldadura por medio de robots que garantizan una perfección en los cordones superior a la que se logra por medios manuales. Algunas marcas realizan las uniones entre estas partes del bastidor por medio de superficies curvas que ayudan a transmitir de forma progresiva, las tensiones que deben llegar hasta los rodajes.

La rigidez de la unión entre el bastidor principal y los trenes de rodaje hace que, en lo que se refiere a los desplazamientos, la Retroexcavadora sea toda ella como una sola pieza, es decir que cualquier irregularidad del terreno por la que se muevan las cadenas se transmite al resto de la Máquina, que variará su posición de horizontalidad con respecto al suelo. Es un aspecto que se debe tener en cuenta al manejarla porque afecta a su estabilidad y puede ser motivo de vuelco en situaciones extremas.

Por lo que respecta a la forma del bastidor, en un principio se buscó que, sin perder excesivamente la estabilidad transversal de la Máquina, la anchura total fuese lo más pequeña posible para facilitar el transporte de la Máquina por carretera; este diseño, conocido como bastidor en “H”, se utiliza aún



hoy en Máquinas de pequeño tamaño, sobre todo en las unidades que van a trabajar en la Construcción haciendo trabajos de manipulación de cargas, en el que la estabilidad longitudinal es un factor primordial.

En el momento que la Retroexcavadora supera las 45 toneladas de masa, que son las que se utilizan normalmente como equipo cargador, se va al bastidor en “X”, en el que se reduce su longitud y se aumenta su anchura para conseguir una mayor estabilidad transversal.

### 1.2.2 CORONA DE GIRO

La característica general de todas las Excavadoras Hidráulicas, sean de ruedas o de cadenas y con el Equipo de Trabajo que monten es que su Superestructura gira 360° con respecto al bastidor principal. El mecanismo de giro consiste en una corona dentada que se une rígidamente al bastidor principal, en la que engranará un piñón de gran tamaño cuyo eje recibe el movimiento de giro desde un motor hidráulico.

Todo este conjunto es solidario con la propia Superestructura, por lo que el giro del piñón lleva consigo que éste haga un movimiento de rotación sobre el dentado de la corona de giro, con lo que la Superestructura a su vez, gira con relación al bastidor principal.

De lo explicado se deduce que la Corona de Giro tiene un dentado que puede ser exterior o interior. El dentado interior es más perfecto porque tiene una mayor protección de la entrada de polvo que con la grasa que necesita para girar, hace una pasta que produce su rápido desgaste.

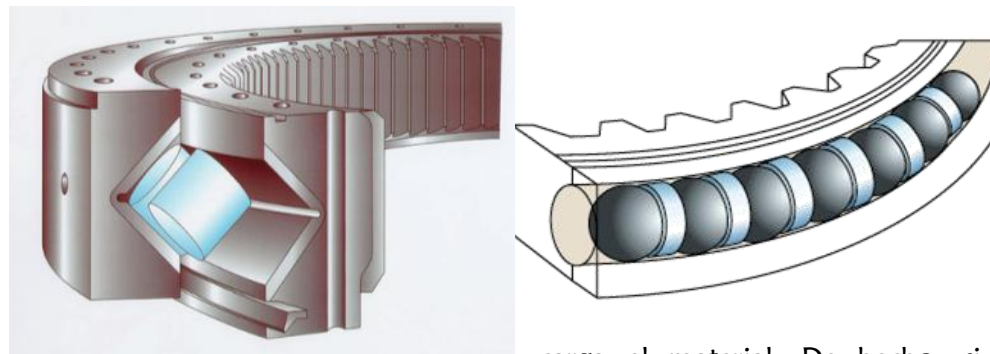
Las distintas marcas fabrican la corona de giro de diferentes formas. La más cara, pero también la de mayor calidad, parte de un anillo de acero de alta resistencia en el que se tallan los dientes resultando un dentado interior que es parte de la propia corona de giro. Otros fabricantes optan por la solución de hacer la corona independiente del dentado y después, unir ambas piezas por tornillos. Es una forma de abaratar costes, sobre todo en las reparaciones generales, pero el desgaste y el riesgo de la rotura de un diente es mucho mayor que si la corona es una pieza con el dentado.



En Excavadoras Hidráulicas antiguas, es fácil encontrarse con coronas de giro con el dentado exterior, ya sea de una sola pieza o en secciones; es la forma más barata de fabricación, pero también la de menor calidad como hemos dicho anteriormente.

La corona de giro, ya sea con dentado interior o exterior, necesita un engrase continuo entre los dientes del piñón de ataque y los de la propia corona; los modelos antiguos solían disponer de un recipiente en la Superestructura que se llenaba de grasa para que ésta se fuera consumiendo conforme era necesario, siendo una de las misiones del operador el mantener el nivel de este recipiente, ya que si piñón y corona trabajan con falta de grasa, su desgaste es muy rápido.

Por otra parte, en el Mecanismo de Giro de la Superestructura hay superficies metálicas en contacto que no puede rozar entre sí de forma directa, por lo que se interpone un rodamiento que suele ser de rodillos o esférico, y que necesita ser lubricado, cosa que se suele hacer desde unos engrasadores situados bien en el interior de la cabina o en las proximidades de la base del Equipo de Trabajo. El engrasado de este rodamiento suele hacerse bombeando grasa, durante dos giros completos de la Superestructura, parando cuatro veces por giro, es decir, cada 90°. Todas estas necesidades de mantenimiento vienen recogidas en su Guía en la que se encuentran las instrucciones que deben seguirse en todo caso.



Como se puede deducir de lo expuesto sobre la Corona de Giro, es una de las partes que más sufren en el trabajo de una Excavadora Hidráulica, por las flexiones que se transmiten a ella desde la Superestructura, cuando el Equipo de Trabajo excava o Excavadora da una o más vueltas de campana, es posible que ambos componentes, Bastidor Principal y Superestructura, se separen por el deslizamiento de los dientes del piñón de ataque sobre los de la corona dentada.

carga el material. De hecho, si la

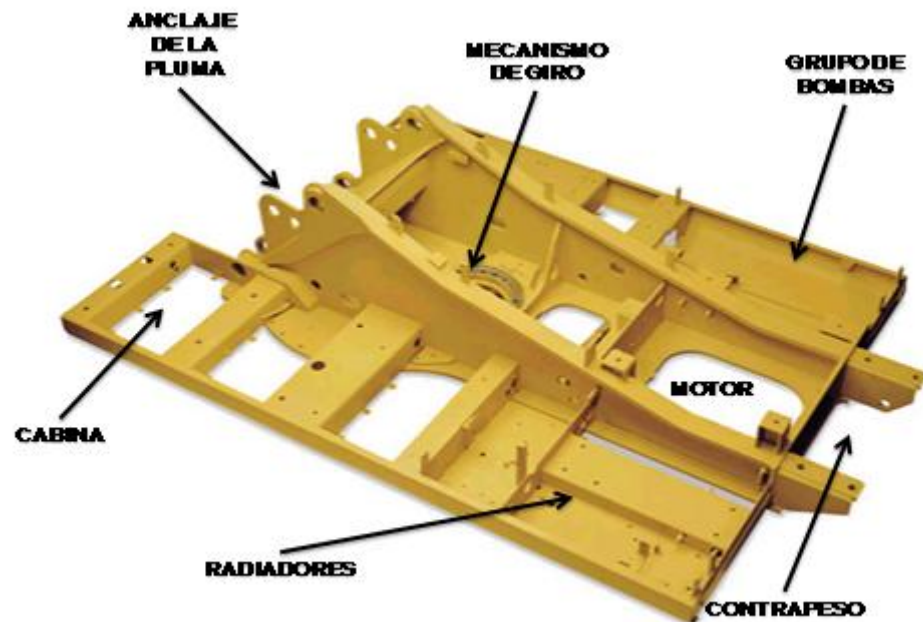
Cualquier reparación de este componente es muy costosa porque se deben separar las dos partes de la Máquina, lo que trae consigo la utilización de mucho tiempo, en el que la Retroexcavadora estaría paralizada y no disponible para el trabajo.

### I.2.3 BASTIDOR DE LA SUPERESTRUCTURA

Constituye la parte móvil de la Máquina en su habitual ciclo de trabajo; se trata de una estructura de vigas metálicas de sección en caja, cuyo movimiento es un giro relativo con respecto al Bastidor Principal, y en la que se reparten los siguientes componentes:

- Motor.
- Grupo de Bombas.
- Depósitos de Aceite y Combustible.
- Anclaje del Equipo de Trabajo.
- Contrapeso.
- Cabina del Operador.

La adecuada distribución de cada uno de ellos permite disminuir el tamaño del contrapeso, que siempre es una masa muerta que no tiene otra función que “tapar” los fallos de estabilidad debidos a una mala situación del resto de los componentes de la Superestructura.



### → MOTOR DIESEL

Con respecto a su funcionamiento básico, vale para la Retroexcavadora lo que se explicó en la Pala de Ruedas. La diferencia fundamental es que la utilización del Motor es completamente diferente de lo explicado en ella.



En efecto, la única misión del motor en una Excavadora Hidráulica es mover el grupo de bombas hidráulicas que son las encargadas de generar el caudal de aceite necesario para accionar los distintos elementos de la Máquina. En las Máquinas modernas desde finales de la década de 1.980, la práctica totalidad de las marcas se decantaron por utilizar Bombas de Pistones de Desplazamiento Variable, si bien hasta entonces hubo marcas que seguían utilizando Bombas de Engranajes, o de Paletas.



### → GRUPO DE BOMBAS

En la inmensa mayoría de los casos, a la salida del motor suele haber un grupo de engranajes cuya misión es reducir el régimen de giro de los ejes de las bombas; estos engranajes se encuentran en un cárter cerrado que, cuando existe, tiene su nivel de aceite para su lubricación, su respiradero y su varilla para comprobar el nivel del aceite.

Sobre todo en Máquinas antiguas, se han producido graves averías si el depósito se quedaba sin aceite; no obstante, es más peligroso cuando este nivel se sobrepasaba, porque al calentarse los vapores e incluso algunas gotas de aceite salían por el respiradero; si, por algún motivo, la Excavadora estaba en una pendiente, el aceite podía llegar al colector de escape y ponerse a arder, provocando en más de una ocasión un incendio que llegaba a destruir por completo la Máquina.



### → DEPÓSITOS DE ACEITE Y COMBUSTIBLE

Los dos Depósitos, de aceite para el Sistema Hidráulico y el de gas-oil, se encuentran en alguna parte de la Superestructura. El del combustible, es un Depósito normal, comunicado con el exterior de forma que no se genere en él ninguna presión. Le son aplicables todos los puntos que se analizaron en el de las Palas Cargadoras de Ruedas.

El Depósito de aceite para el Sistema Hidráulico varía de unos a otros fabricantes; en algunos casos, se sitúa en una posición elevada en relación con la de las Bombas para asegurarse por gravedad el suministro de aceite, evitando así que las bombas puedan llegar a girar en vacío, produciéndose la cavitación, lo que le produciría unas graves averías. En otros casos en los que no es posible esa diferencia de nivel, se opta por dos soluciones:

- Presurizar el Depósito cerrándolo Herméticamente, con lo que cuando el aceite se calienta, se genera una presión al aumentar su volumen, que le fuerza a que vaya a las bombas.
- Utilizar un acumulador de aceite, de forma que, cuando el motor arranca, el primer aceite va a este acumulador que, al parar el motor quedará cargado para asegurar el suministro en una nueva puesta en marcha.

### → ANCLAJE DEL EQUIPO DE TRABAJO

Una de las zonas en la que se van a producir mayores tensiones es en el punto en el que se ancla el Equipo de Trabajo, que es en la parte frontal de la Superestructura. Se trata de una pieza que está rígidamente unida al Bastidor de la Superestructura, en la que podemos distinguir dos zonas:

- Su parte inferior en la que hay dos taladros horizontales en los que se alojan los dos bulones que son la unión con los dos cilindros de la Pluma; ésta se mueve hacia arriba y hacia abajo cuando el cilindro saca su vástago o lo recoge. El único movimiento que permite es el giro según un eje horizontal.



- Su parte superior en la que hay otros dos taladros que son los puntos en los que se monta la Pluma, por medio de otros dos bulones horizontales.

Cuanto mayor es la distancia entre ambas parejas de pasadores, mejor se distribuyen las tensiones en el anclaje, si bien esto hace que se pierda algo de profundidad de excavación. Los fabricantes “juegan” con ambas cosas buscando conseguir el mejor resultado posible.

### → CONTRAPESO

Toda la parte delantera de la Retroexcavadora tiende a hacer que la Máquina, sea durante el trabajo o en su movimiento, esté en una situación de equilibrio que si se rompe, se producirá su “vuelco” frontal, entendiéndose por tal el que se levante su parte posterior.

Todos sus elementos pesados se sitúan de forma que su peso ayude a conseguir la mejor estabilidad posible, pero está claro que es necesaria la adopción de un Contrapeso que, situado en la parte opuesta al anclaje de la Pluma, permita aumentar la estabilidad frontal de la Retroexcavadora.

El tamaño del Contrapeso es un inconveniente por dos motivos fundamentales:

- Es un peso muerto que hay que mover al girar la Superestructura y al desplazar la Máquina.
- Aumenta el espacio necesario para el giro.

Suele ser desmontable y su peso indica hasta qué punto la distribución de los componentes en la Superestructura está o no bien diseñada.



### → CABINA DEL OPERADOR

Está situada en la esquina delantera izquierda de la Torreta y su posición es fundamental para conocer el sentido de marcha de la Retroexcavadora; al girar 360° la Superestructura, se puede situar del lado de las ruedas motrices o del contrario.

Se establece como posición de avance cuando la cabina está situada en oposición a las ruedas motrices (rueda “cabilla” de los trenes de rodaje. La cabina, sobre todo en las Máquinas con marcado CE, está aislada de la Superestructura por medio de unos tacos de goma que absorben buena parte de las vibraciones que se producen durante el trabajo).

Todo lo que se dijo para la Pala de Ruedas referente al acceso, asiento para el Operador, etc., es aplicable a la Excavadora Hidráulica; es imposible describir todas y cada una de las cabinas de las Máquinas que trabajan hoy en las Explotaciones Mineras, porque a la diversidad de marcas y modelos habría que añadir la antigüedad de cada una de ellas. Por lo tanto, haremos una breve reseña de los puntos que son más comunes a la mayoría de las Máquinas actuales, e, incluso son válidos para muchas de las unidades antiguas.



Por lo general, los movimientos que se realizan en la totalidad de los ciclos de excavación o carga, se controlan por dos “stick “ situados a derecha e izquierda del asiento del Operador; hay varios patrones en lo que a combinación de movimientos se refiere, pero lo que es común a todos es que con ambos mandos se controlan los cuatro movimientos básicos: apertura y cierre del Balancín, apertura y cierre del Cucharón, giro a derecha e izquierda y elevación y bajada de la Pluma.

Cada uno de estos controles tiene movimiento en cruz en el que se combinan los movimientos de cada uno de forma simultánea dando prioridad a uno sobre otro en mayor o menor grado en función de la sensibilidad de los mandos.

Frente al Operador se encuentran los mandos para el desplazamiento, que son dos palancas, dos pedales o un sistema que incluye los dos tipos de mando. Cuando se quiere que la Máquina se desplace en línea recta hacia adelante o hacia atrás, se tira o se empuja de los dos mandos simultáneamente; cuanto mayor sea el desplazamiento de los mandos, mayor



será la velocidad que alcance. Si uno de ellos no se acciona en avance, la Máquina realizará un giro cerrado hacia el lado de la cadena parada, y si uno se sitúa en avance y otro en retroceso se produce la contra-rotación de ambas cadenas y al Máquina gira sobre su eje.

A veces las Excavadoras Hidráulicas pueden llevar, además de los vistos hasta ahora, un pedal de desplazamiento en línea recta que al accionarlo irá en avance o en retroceso según se accione en uno u otro sentido.

La Máquina lleva un mando que anula todos los movimientos del Equipo de Trabajo, y en la mayoría de los casos también los de la traslación, aún con el motor en funcionamiento.

En las primeras unidades, el acelerador solía ser una palanca que se fijaba en una determinada posición y de ahí no se movía mientras el Operador no lo hacía por sí mismo. Algunas marcas lo combinaban con un decelerador que disminuía el régimen del motor cuando el Operador lo accionaba. En las Máquinas modernas, el Control Electrónico empieza en el propio acelerador, que ahora es un dial con un número variable de puntos según las diferentes marcas; una vez situado en un punto, se mantiene en él y proporciona un régimen de vueltas proporcional a la posición en la que se haya situado.

La pantalla del Control Electrónico se suele situar en el frontal derecho de la cabina y su variedad es amplísima, porque cada marca lo ha ido cambiando al variar los modelos de las Excavadoras Hidráulicas, e incluso ha cambiado el control completo, incluyendo funciones diferentes respecto del anterior; por esta razón, es imprescindible consultar el manual del Operador de la Máquina para conocer las limitaciones y prestaciones de su Control Electrónico.



## 1.2.4 SISTEMA HIDRÁULICO

El corazón de la Excavadora, preparado para absorber toda la potencia del Motor Diesel y transformarlo en caudal de aceite que circulará contra la presión que se genera en los diferentes circuitos de la Máquina ya sea para su deslizamiento o para mover el Equipo de Trabajo; para calcular esta Potencia Hidráulica Instalada, basta aplicar la fórmula

$$\text{Potencia} = \text{Presión} \times \text{Caudal} / 450$$

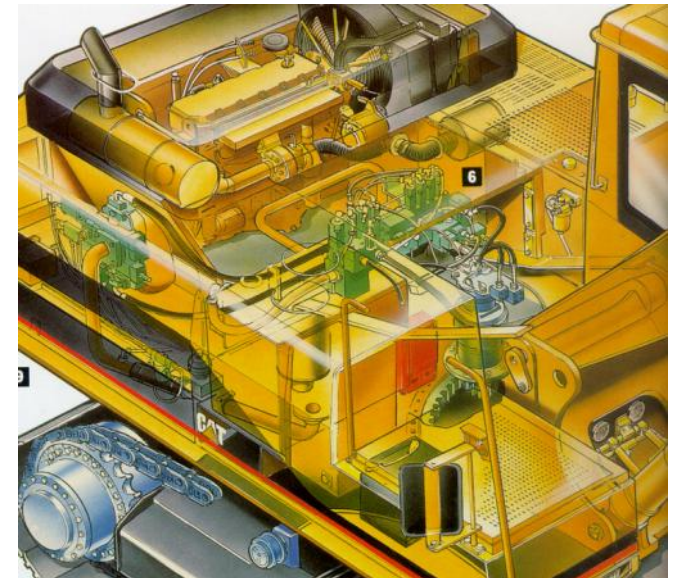
Si la Presión se expresa en kg/cm<sup>2</sup> y el Caudal contra esa presión se da en l/min, el resultado es la Potencia en hp.

El Sistema Hidráulico consta de diferentes **circuitos**, cada uno con sus necesidades de presión y caudal. Son los siguientes:

- Circuito de Traslación.
- Circuito de Giro de la Superestructura.
- Circuito del Equipo de Trabajo.
- Circuito Piloto.

Para cada uno de ellos, la Excavadora dispone de:

- Bombas Hidráulicas.
- Motores Hidráulicos.
- Grupo de Válvulas.
- Mangueras.
- Cilindros Hidráulicos.



### → CIRCUITO DE TRASLACIÓN

Es el utilizado para desplazar la Máquina de un lugar a otro; como es fácilmente deducible, con alguna excepción de unidades muy antiguas, se utiliza la Transmisión Hidrostática, que permite el movimiento independiente de cada una de sus cadenas.

- Bombas. Utiliza para ello dos Bombas de Desplazamiento Variable que envían el aceite a cada uno de los dos Motores de Traslación, también de Pistones.
- Motores de traslación. Reciben el caudal de las Bombas y lo transforman en giro de sus ejes, a cuya salida se encuentran:
  - Los Mandos Finales que suelen ser de simple reducción seguidos de un sistema planetario que deja flotante el eje de salida del movimiento que va a llegar a la rueda motriz (rueda cabilla).
  - Los Frenos de las Cadenas, que son de discos, aplicados por muelles y que se sueltan por aceite, que, habitualmente, proviene del Circuito Piloto.



Como la Retroexcavadora realiza su ciclo de trabajo sin moverse del punto en el que excava, los frenos de las cadenas están conectados mientras que el Operador no accione ninguno de los mandos de la Traslación, momento en el que el primer aceite que llega a ambos motores es para soltar el freno, dejando el eje en libertad para girar en cuanto le llegue el aceite a sus pistones. Este aceite llegará en cantidad que depende del movimiento que se ha dado a sus controles; cuanto más se desplace el mando, mayor es el caudal de aceite que llega a los motores y mayor la velocidad de desplazamiento, todo ello sin variar el régimen del motor que se haya seleccionado.

Al soltar los mandos, éstos vuelven a su posición de Neutro, y, pasados unos segundos, se conectan los frenos de manera automática, hasta un nuevo movimiento de la Máquina. La tracción es independiente de una a otra cadena, por lo que los controles se pueden situar en diferente posición uno de otro, y, por lo tanto, una cadena girará a más velocidad que la otra, y la Retroexcavadora girará gradualmente hacia el lado de la cadena más lenta. El caso extremo es que una cadena pueda girar en sentido inverso a la otra, con lo que el giro es sobre su propio centro y el espacio necesario para el giro es mínimo.

La presión de los circuitos de Traslación son las más altas de todo el Sistema Hidráulico, alcanzado los 40-45.000 kilopascales, lo que equivale a 400 kg/cm<sup>2</sup>. Esta presión es necesaria para mover toda la masa de la Retroexcavadora, a una velocidad que raramente sobrepasa los 3-4 km/h.

En ocasiones, hay dos velocidades de desplazamiento, corta y larga, que permiten llegar a los 6 km/h en condiciones favorables lo que se traduce en la necesidad de aumentar la presión del circuito. La consecuencia de estas elevadas presiones es el calentamiento del aceite que, si la distancia a que se desplaza la Máquina es larga, puede llegar a la zona de peligro, y será necesario dejar que se enfríe antes de empezar a trabajar con ella una vez llegados al punto de trabajo.

### → CIRCUITO DE GIRO DE LA SUPERESTRUCTURA

Su misión es producir y controlar el movimiento de rotación de la Superestructura, que puede ser de tantas vueltas como desee el Operador, si bien lo que se persigue con él es situar el Equipo de Trabajo en el punto deseado para excavar, cargar, depositar un material, etc.

A diferencia de lo visto en el de Traslación, es el que demanda una menor presión de trabajo ya que únicamente tiene que mover una parte de la Máquina. Se compone de:

- *Bomba Hidráulica.* Puede ser de Pistones, de Engranajes o simplemente, una sección de otra de las Bombas utilizadas en el Sistema Hidráulico General. Si se utiliza una Bomba sólo para este movimiento, éste resulta independiente del resto, y la Retroexcavadora puede girar la Superestructura al mismo tiempo que realiza otros movimientos; si se usa una sección de una bomba o una parte del caudal de alguna de las del Equipo de Trabajo o de la Traslación, el giro podrá hacerse o no en función de la presión que suponga el movimiento en ese instante.
- *Motor de Giro.* Se trata de un Motor Hidráulico que suele ser de Pistones, que recibe el aceite que procede de la Bomba cuando el Operador acciona el mando del giro. En función del caudal de aceite que recibe, el motor girará a más o menos velocidad. En modelos de gran tamaño, puede haber dos motores para el giro, que funcionan coordinados; su posición suele ser en dos puntos diametralmente opuestos, con el fin de equilibrar la rotación en todo momento.



- *Reducción Final.* Para que el giro del piñón sea más fácil de controlar, a la salida del eje del Motor de Giro se incorpora una reducción por engranajes que disminuye la velocidad al tiempo que aumenta el par de salida, fundamental para la realización de todos los trabajos.
- *Mecanismo de Frenado.* En este particular, hay un amplia variedad de opciones en función de lo diseñado por cada fabricante. Nos podemos encontrar con:
  - Un freno de tambor que es necesario accionar en cada movimiento de giro; las Excavadoras Hidráulicas de Cadenas modernas no lo usan habitualmente.
  - Un freno de discos múltiples que se acciona de forma automática al soltar el mando del giro, de forma similar a como lo hacen los frenos de las cadenas. Este freno puede o no dejar bloqueada la Superestructura; en este último caso, la Máquina suele llevar un bloqueo mecánico por medio de un bulón que se aloja en uno de los dos cáncamos incluidos en el bastidor principal.
  - Un freno mecánico de aparcamiento que se acciona manualmente para dejar frenada la Superestructura, y que ha que soltar antes de conectar el movimiento de giro.



El giro de la Superestructura tiene dos parámetros que aparecen, al menos uno de ellos, en las hojas de especificaciones:

- La Velocidad de Rotación, especificada en revoluciones por minuto, que en muchos casos se estima como muy importante pero que no lo es porque cuando se mide, no es partiendo de la posición de reposo como sucede en el trabajo sino que se toma después de varios giros de la Superestructura.
- El Par de Giro, que no siempre se da por los fabricantes y que es el parámetro que realmente interesa porque mide la capacidad del motor de giro para realizar el giro en cualquier situación de la Máquina; un buen Par de Giro permitirá la rotación de la Superestructura cuando se trabaje a media ladera, incluso en contra de la fuerza de la gravedad si se intenta girar la Torreta hacia la parte superior del talud.

En cualquier trabajo que requiera el giro, disponer de un Par alto hace que el movimiento alcance pronto la velocidad tope; en términos de automoción, el giro de la Superestructura tiene mejor “salida” cuanto mayor sea el Par de Giro.

En algunas marcas se ofrece la posibilidad de dotar al Giro de un movimiento de máxima lentitud para aquellos casos en que sea necesario disponer de la máxima precisión; consiste en un sistema que disminuye el caudal que llega al motor, mediante un estrechamiento en el conducto del aceite; esto supone que el aceite se calentará con más facilidad, por lo que hay que utilizar esta posibilidad por cortos espacios de tiempo.



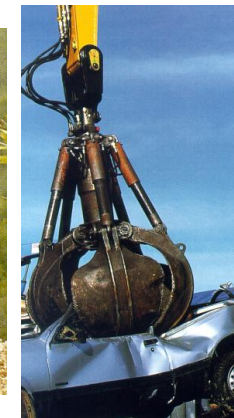
### → CIRCUITO HIDRÁULICO DEL EQUIPO DE TRABAJO

Es el más importante de los cuatro de que se dispone en todas las Retroexcavadoras; como mínimo, proporciona tres movimientos para los tres componentes básicos del Equipo de Trabajo, que son Pluma, Balancín y Cucharón.

A veces, se añaden uno o más movimientos adicionales para accionar algunos Equipos que necesitan un mayor número de funciones hidráulicas, tales como Cucharas Bivalvas, Martillos Hidráulicos, Pinzas para Madera, Equipos para Demolición, etc.

En todo caso, estas Válvulas Hidráulicas, suelen tener solamente tres posiciones, de las cuales una corresponde a Neutro, en el que el movimiento no es posible, y las otras dos para las dos posibilidades que ofrecen dichos movimientos, tales como abrir/cerrar, subir/bajar, giro derecha/izquierda, etc.

Para accionar todos estos movimientos, se utiliza aceite que proviene de, al menos, dos Bombas de Pistones de Desplazamiento Variable, que, salvo en modelos muy antiguos, son las que utilizan actualmente todas las marcas de Retroexcavadoras. Normalmente, los movimientos van



combinados de forma que una bomba alimenta el circuito de Pluma y Balancín y uno de los dos de Traslación, mientras la otra lo hace con Cucharón, Giro y el segundo de la Traslación; esto es simplemente un ejemplo porque las marcas combinan los movimientos asistidos por cada bomba de múltiples formas en función de los parámetros hidráulicos que se quieran alcanzar.

Las presiones que se alcanzan en estos circuitos son similares a las del de Traslación, quizás algo menores excepto en algunas marcas que ofrecen la posibilidad de lo que se conoce como “Power Booster” que no es más que utilizar para alguno de los circuitos del Equipo de Trabajo la presión del de Traslación; esta posibilidad puede utilizarse unos pocos segundos, para evitar daños a las Bombas, de forma que muchas de las marcas que los utilizan, tienen, en sus modelos modernos, un temporizador que la desconecta de forma automática pasados unos pocos segundos.



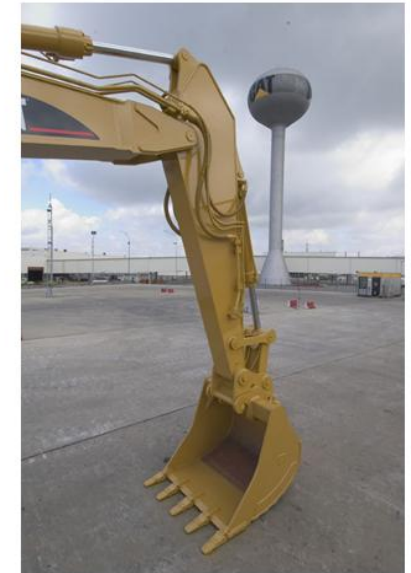
Es lógico pensar que una Máquina en la que todos sus movimientos los hace por medio de aceite, éste alcance unas elevadas temperaturas de forma que llegaría a averiarse cuando pasase de un cierto límite. Por esta razón, todas las Excavadoras Hidráulicas de Cadenas llevan un enfriador de aceite que, bien sea a través del aire o por intermedio del agua, enfríe el aceite antes de retornar al depósito con lo que la temperatura se mantiene dentro de los límites permisibles.

### → SISTEMA PILOTO

Igual que con las Palas Cargadoras, los Sistemas Hidráulicos de las Excavadoras Hidráulicas primeras que se fabricaron obligaban a que el Operador moviera directamente las válvulas contra la elevada presión del aceite, por lo que los controles eran de gran longitud y poca precisión, lo que no impedía que un Operador que trabajaba muchas horas con la Máquina tuviera un importante nivel de cansancio que era, en muchas ocasiones, el motivo oculto de algunos accidentes. Las Excavadoras Hidráulicas modernas incorporan un Sistema Piloto que trabaja apenas a unos 4-5.000 kilopascales; esto hace que los movimientos se hagan con total precisión y el esfuerzo que tiene que hacer el Operador para utilizar los mandos sea mínimo.

En la mayoría de los casos, y dado que cuando la Máquina se desplaza o es necesario realizar los restantes movimientos, el aceite del Sistema Piloto se utiliza para soltar los frenos de las cadenas y permitir el movimiento de la Retroexcavadora.

A motor parado, el Sistema Piloto no funciona por lo que, aunque se actúe sobre los mandos, no se produce el movimiento del Equipo. Con el fin de asegurar la llegada de aceite a las Bombas, los fabricantes suelen montar un pequeño acumulador de aceite que, en ocasiones, permite la bajada, al menos parcial de la pluma con el motor parado. De todas formas, si el motor se ha parado con la pluma elevada a una altura considerable, bajará un poco con el aceite del acumulador pero será necesario utilizar la el método que indique el fabricante para esta circunstancia, que suele ser la apertura manual de una válvula situada en la base de la Pluma.



Para todos estos circuitos hidráulicos, se necesitan mangueras que conduzcan al aceite desde el grupo de válvulas a los cilindros que producen el movimiento. Como la Retroexcavadora puede girar de forma indefinida su Superestructura, es necesario un recipiente especial en el que se almacene aceite y que luego pueda ir a las tuberías correspondientes; dicho de otra forma, con un sistema similar al de las Palas Cargadoras, las mangueras de la Excavadora se retorcerían durante los giros. Esta junta recibe el aceite desde el depósito enviado por las bombas y se envía a los cilindros hidráulicos cuando se acciona cualquiera de los mandos.

Las Mangueras son uno de los puntos clave del Sistema Hidráulico y, en general, de toda la Retroexcavadora; tiene que ser flexible, y capaz de soportar las elevadas presiones que se van a producir durante el trabajo en cada uno de sus circuitos. Los fabricantes combinan zonas en las que las conducciones son metálicas y, por lo tanto rígidas, con otras de goma, que, si bien son flexibles, presentan una mayor riesgo de rotura; los fabricantes suelen cuidar su colocación sobre todo en la Superestructura. Cuanto menor es su longitud, más difícil es que haya una rotura por enganchón o impacto. Las que conducen el aceite hasta los cilindros de la Pluma, Balancín y Cucharón suelen estar situadas sobre la parte superior de la pluma, si bien llega un momento en el que en muchas marcas forman una especie de arco hasta llegar a la salida de las bombas.

Este es un punto de riesgo de incendio en la Excavadora, porque si una de estas mangueras revienta el aceite se despedida violentamente hacia la parte posterior de la Máquina y si cae sobre el colector de escape del motor u otro punto suficientemente caliente de ella, puede inflamarse y producir un incendio que, con frecuencia, termina con la vida de la Excavadora; por esta razón este es uno de los puntos que deben revisarse buscando la presencia de hilachas o empaquetaduras en mal estado para proceder a su sustitución inmediata.

### **I.2.5 CONTROL ELECTRÓNICO**

El Sistema Hidráulico de las Excavadoras Hidráulicas tiene una característica especial que es el objetivo de todo fabricante: dar la posibilidad al motor de trabajar, prácticamente, en régimen de potencia continua, es decir, a un régimen de revoluciones prácticamente constante. Esto es una consecuencia del tipo de Bombas Hidráulicas; como puede variarse el caudal sin modificar el régimen del motor, basta “inventar” un sistema que lo disminuya si aumenta la presión.



Los primeros modelos que incorporaron este sistema se fabricaron a principios de la década de 1.970 y consistía en que en los circuitos del Balancín y del Cucharón, que son los que deben trabajar con mayores presiones, se colocaron unos sensores hidráulicos que, automáticamente, disminuían el ángulo de los platos oscilantes de las Bombas en cuanto subía la presión en el circuito, llevándolos nuevamente a su posición de máximo ángulo cuando la presión bajaba. Como la potencia absorbida por las Bombas era proporcional al producto de la presión por el caudal, el resultado era que el motor siempre daba, dentro de unas mínimas variaciones, la misma potencia.

Más adelante, se fue incorporando la electrónica de forma gradual, utilizando un sistema que situaba el motor a ralentí cuando el Operador dejaba de actuar sobre uno cualquiera de los mandos del Equipo de Trabajo, volviendo al régimen que tenía en cuanto se accionaba uno de ellos; era un sistema que tenía como objetivo disminuir el ruido y reducir el consumo de combustible, sobre todo en trabajos de carga de camiones, en los tiempos de espera entre uno y otro camión. Otra solución similar era dotar a uno de los mandos de un pulsador que hacía la misma función que la explicada cada vez que se pulsaba.

La siguiente fase incorporó a las Excavadoras Hidráulicas un sistema electrónico de avisos y alarmas que sustituyó los Instrumentos de Control convencionales por una sistema que liberaba al Operador de la vigilancia continua confiando el aviso de una anomalía cuando ésta alcanzaba un valor fuera de lo normal.

Las últimas incorporaciones de Sistemas totalmente electrónicos se produjeron a partir de los años 90 con la incorporación de pantallas y una serie más o menos diversificada de pulsadores que permitía al Operador seleccionar el modo de trabajo, la potencia a que deseaba hacerlo, los modos de potencia, priorizar determinados movimientos sobre otros, etc.

En las fotografías podemos ver tres pantallas que corresponden a otros tantos Controles Electrónicos de una misma marca incorporados a sus Excavadoras Hidráulicas en modelos sucesivos. En función de lo perfeccionado del Sistema, el Control permitía ajustar determinados parámetros de presiones y caudales de las Bombas, identificar posibles averías e, incluso, reparar algunas de ellas. Además el Control Electrónico permite programar el Mantenimiento, y guardar en su memoria aquellas anomalías que se hayan producido en el funcionamiento normal de la Máquina.



En caso de avería del Control Electrónico, la Retroexcavadora deja de funcionar, a menos que, como hacen muchos fabricantes, dicho Control se pueda desconectar; esto se hace por medio de interruptores que, en un número variable, permiten a la Máquina seguir funcionando aunque sus prestaciones sean menores. La Máquina puede seguir trabajando, pero se queda sin la información que le suministra el Panel de Instrumentos, por lo que, si se produce una situación anormal en su funcionamiento, el Operador no recibe el mensaje correspondiente y se puede provocar una avería aún más importante. Por esta razón se debe evitar en lo posible que la Máquina trabaje sin el Control Electrónico; de hecho, hay un fabricante que, en caso de fallo en el Control Electrónico, reduce al 40% las prestaciones de motor y sistema hidráulico para evitar trabajos excesivos que puedan hacerla llegar a condiciones fuera de lo normal en lo que respecta a temperatura de motor o del aceite del sistema hidráulico.

## 1.2.6 EQUIPO DE TRABAJO

Centrándonos en las Retroexcavadoras, el Equipo de Trabajo está formado por tres **COMPONENTES**: Pluma, Balancín y Cucharón, que estudiaremos a continuación:

⇒ **Pluma.** Es el elemento que se une al Bastidor de la Torreta de Giro y su misión es elevar y bajar el resto del equipo y con él los posibles implementos que pueda llevar. Su característica fundamental es el alcance, si bien tiene influencia en la profundidad de excavación. Existen varias opciones de las que vamos a describir las más usadas en Minería.

- *Pluma Monobloque*, de una sola pieza, que es la más ligera y resistente; los extremos por los que se une al chasis de la Superestructura y al Balancín, suelen reforzarse con placas de fundición para disminuir las tensiones y soportar las que se producen durante el trabajo.
- *Pluma de dos piezas*, que buscan conseguir un mayor alcance pero a costa de perder estabilidad y verse muy afectadas tanto ella como el resto del equipo en función del material con el que se vaya a trabajar. Dentro de ellas existen opciones tales como:
  - Descentrada, que permite zanjar paralelamente a la Máquina pero exteriormente a sus cadenas.
  - De Geometría Variable, en la que el ángulo de las dos piezas de la Pluma puede variarse por medio de un cilindro hidráulico adicional, lo que le permite trabajar en lugares muy estrechos y excavar por debajo de la propia Excavadora.
  - De Largo Alcance, utilizada para limpieza de los cauces de los ríos, etc.

⇒ **Balancín**, también llamado brazo es el elemento que, junto al cucharón se encarga de llenarlo en los trabajos de excavación, zanqueo o carga.

Está formado por palastros de acero de alta resistencia, y soldados por cordones de soldadura a todo lo largo de su longitud. Cuanto más corto es el Balancín, mayor es la fuerza que se ejerce con él. Normalmente, las marcas ofrecen varios balancines para cada tipo de Pluma, siendo lo normal que, para



una Pluma Monobloque se pueda escoger entre tres Balancines diferentes. Su longitud, además de su influencia sobre la fuerza ejercida, tiene una importancia capital sobre la profundidad de excavación.

- ⇒ **Cucharón.** Es el elemento básico del Equipo de Trabajo, pues de él depende la fuerza de cierre que se consiga, así como el volumen de material que se lleve en cada ciclo de trabajo. Hay una amplia variedad de Cucharones en función del material, y de los tipos de Pluma y Balancín que se han instalado. Igual que en la Pala, va protegido por diferentes materiales de desgaste tales como dientes, cuchillas, cantoneras, etc.

Dentro del concepto de Equipo de Trabajo, existen combinaciones que se definen por sí mismas y que no admiten variación tales como:

- ⇒ **Equipo Cargador,** introducido por CATERPILLAR en la década de 1.980, con el nombre de “MASS EXCAVATION”, está concebido para conseguir elevados rendimientos como Equipo de Carga.

Se compone de una Pluma Monobloque muy robusta y más corta de lo normal, y un Balancín muy corto, igualmente robusto; ambos componentes permiten que la Retroexcavadora monte un Cucharón, ya sea de tierra o de roca, mucho mayor que los utilizados en zanjeo. Se trata de optar por una Máquina eminentemente cargadora sacrificando la profundidad de excavación.

- ⇒ **Martillo Hidráulico,** que se sitúa en lugar del cucharón y permite que la Excavadora realice el taqueo de las rocas, pueda romper bloques que no se cargarían dentro del cucharón, etc.

Además del peso adicional que supone para la Máquina, los impactos del martillo provocan unas tensiones que influyen en la vida útil de sus componentes.

- ⇒ **Diente de Escarificador,** que es indispensable en una técnica muy reciente que consiste en dedicar una parte del tiempo de al Retroexcavadora a la escarificación del material que luego



se carga con la misma Máquina por medio de su Cucharón. Es una forma de evitar la voladura, y que la Retro no excave más allá de sus posibilidades. Produce un material menos contaminado que el que resulta de la voladura y necesita que la Excavadora monte un Acople Rápido similar al de la Pala de Ruedas.

⇒ **Acople Rápido.** Consiste en un mecanismo que permite el cambio de Equipo de Trabajo de una forma fácil, cómoda y rápida; su uso, muy extendido hasta hoy en las Palas Cargadoras de Ruedas, se está incorporando a las Retroexcavadoras de una forma rápida. La fijación al tablero en el que se incorpora el Cucharón, se realiza por medio de una pieza metálica que lo bloquea por medio de unos muelles; cuando se quiere soltar el elemento de trabajo, se acciona un circuito de aceite que tensa los muelles y suelta el pasador. De esta forma, sin que el Operador tenga que abandonar su asiento, se puede cambiar de Cucharón o incorporar otro accesorio, como el citado diente de escarificador, en unos pocos segundos. Incluso puede montarse sobre este tablero el Martillo Hidráulico, si bien para su acople es necesario conectar las mangueras de entrada y salida del martillo, lo que hace necesario que el Operador abandone su asiento para realizar el cambio de Equipo.

## I.2.7 TREN DE RODAJE

Está constituido por una serie de componentes que se encargan de transmitir al suelo el peso de toda la Máquina. Aunque la Retroexcavadora no se desplaza con la frecuencia que lo hacen los Tractores de Cadenas, para que su duración sea acorde con su vida útil se suelen utilizar, sobre todo en las unidades de fabricación más reciente, trenes de rodaje tipo Tractor, que están diseñados para resistir desgastes más exigentes.



La Retroexcavadora dispone de dos rodajes, uno a cada lado de ella, que, como ya se ha dicho, se unen rígidamente a los anclajes del Bastidor Principal, por lo que no existe la posibilidad de oscilación de uno de ellos con respecto al otro. Cada uno de los trenes, está compuesto por los siguientes elementos:

- ⇒ Bastidor de rodillos.
- ⇒ Rodillos.

- ⇒ Rueda Guía.
- ⇒ Rueda cabilla.
- ⇒ Cadenas.
- ⇒ Tejas.
- ⇒ Mecanismo tensor.

#### → BASTIDOR DE RODILLOS

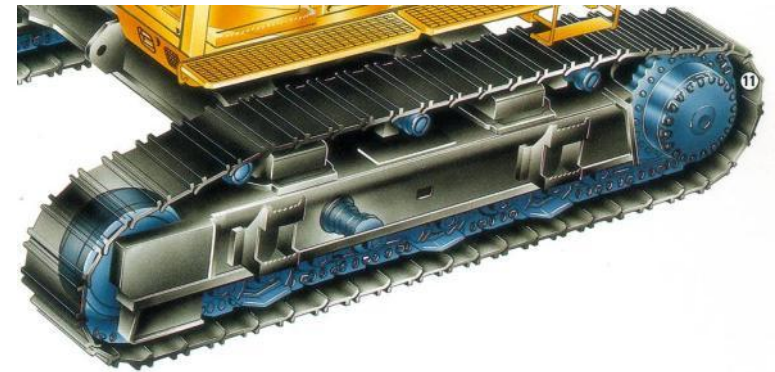
Es una viga, normalmente de sección en caja sobre la que se montan los ejes de los rodillos, tanto los superiores como los inferiores. Su unión con el Bastidor Principal en Máquinas cuya masa supere las 45-50 toneladas, suele ser por soldadura excepto si la Máquina dispone de trenes de rodaje con ancho de vía variable, en los que los bastidores de rodillos deslizan por unas guías y se fijan por presión mediante tornillos en las unidades antiguas, siendo las más modernas capaces de ajustar el ancho exterior de las cadenas por medio de un sistema hidráulico.

#### → RODILLOS

La justificación de la cadena como elemento de base sobre el que se desplaza una Máquina obedece a la idea del vehículo que va situando su camino al mismo tiempo que se mueve; pues bien, los rodillos son los encargados de ir desplegando el camino por el que se va a mover la Máquina.

Están formados por un eje alrededor del cual giran dos pistas, una interior y otra exterior. La unión entre la pista exterior y la interior deja un hueco que es una vía de entrada de polvo, barro, etc., que produce el desgaste. Como el eje es la pieza clave del rodillo, para evitar que entre suciedad y que se pierda lubricante, llevan, en los rodajes de tipo tractor, unos sellos que garantizan el engrase permanente del eje del rodillo.

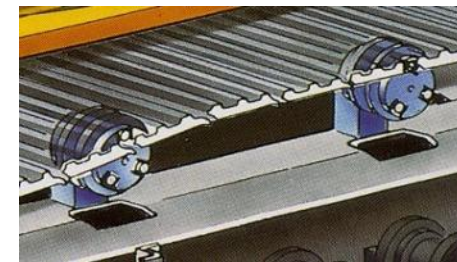
El riesgo mayor que presentan los rodillos es que, por cualquier motivo, deje de girar la pista exterior sobre la interior; en este caso, se produce un desgaste rápido del rodillo y de las cadenas porque, al no girar, el rodillo “resbala” y su superficie de contacto con las cadenas es siempre la misma.



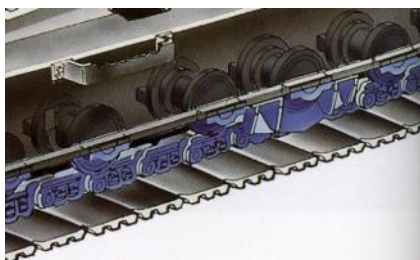
Hay dos tipos de rodillos:

- ⇒ **Rodillos superiores**, que solamente soportan el peso de la parte superior de la cadena; su eje se prolonga por fuera del Bastidor de Rodillos al que se fija por medio de tornillos.

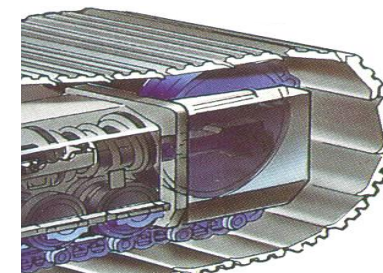
En las Retroexcavadoras el número de rodillos superiores es función de la longitud total del rodaje pudiendo tener hasta tres en los modelos más grandes de los actualmente en uso. Su alineación con las ruedas guía y motriz debe ser perfecta para evitar que el rodaje “serpenteo”.



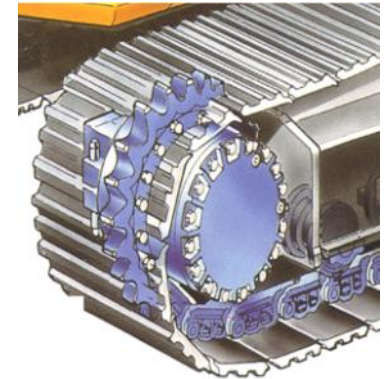
- ⇒ **Rodillos Inferiores**, que soportan todo el peso de la Máquina y cuyos ejes están colocados en el Bastidor. Su movimiento relativo con la cadena hace que rocen continuamente con ella, por lo que, para disminuir las resistencias que tienen que vencer, las pistas exteriores no son planas sino que presentan unos resaltes que se llaman pestañas. Según la misión específica de cada rodillo, son de simple o de doble pestaña. Los de simple pestaña suelen estar en los extremos más próximos a la rueda guía y cabilla, para evitar la posible interferencia que supondría con cualquiera de ellas una doble pestaña, mientras que los de doble pestaña, son los encargados de mantener la alineación de todos los componentes del rodaje, con ambas ruedas.



- ⇒ **Rueda Guía**. Tiene dos misiones fundamentales: guiar las cadenas para evitar desalineaciones y tensarlas bajo las condiciones que indica el fabricante. Está fabricada por dos palastros de acero verticales a los que se suelda la zona de rodadura, que tiene un resalte en su centro a lo largo de toda su circunferencia; este resalte es el que se introduce en el espacio dejado entre las dos cadenas del mismo rodaje para guiarlo. Su eje va montado sobre una pieza que desliza hacia adelante o hacia atrás y que es la que, modificando su distancia con la rueda cabilla, controla la tensión de la cadena. Igual que sucede con los rodillos, el engrase de su eje es permanente, estando el aceite, como ya dijimos en el pasado capítulo, coloreado con un color rojo o amarillo que pueda resaltar con el marrón del suelo y que permita detectar posibles pérdidas de aceite lo antes posible.



⇒ **Rueda Cabilla.** Es la que transmite a las cadenas el movimiento que llega a través del mando final, del eje del motor de tracción. Es por lo tanto una rueda dentada cuyos dientes engranan en los pasadores que unen entre sí las dos cadenas del mismo rodaje. El cuerpo de la Rueda Cabilla es una placa metálica de acero, y su eje lleva lubricación permanente; por su parte, los dientes de la rueda Cabilla se fabrican con aceros de alta resistencia y aleaciones que aumenten su resistencia a la abrasión y al impacto. Los rodajes tipo Tractor tiene la corona de la Rueda Cabilla atornillada a su placa central, para favorecer su sustitución en caso necesario; más aún, las más modernas tienen la corona segmentada para poder sustituir solamente los segmentos que tengan algún diente desgastado o roto. Las Retroexcavadoras cuyo rodaje no es de tipo tractor, suelen tener la corona de la Rueda Cabilla enteriza, más barata y fácil de fabricar pero mucho más costosa a la hora de reconstruirla.



⇒ **Cadenas.** Son los elementos que transmiten el movimiento que reciben de la rueda Cabilla al resto del tren de rodaje; en ocasiones, al hablar de las cadenas muchas personas se refieren a los trenes de rodaje; hablan de la cadena derecha o de la cadena izquierda y esto puede llevar a confusión, porque cada rodaje tiene dos cadenas, cuyos componentes son:

- ***Eslabones***, que son las piezas aisladas que se unirán una a otra longitudinalmente para formar una cadena; cada eslabón debe estar fabricado para soportar él sólo todo el peso de la Retroexcavadora dado que una irregularidad en el terreno puede hacer que todo el peso de la Máquina se concentre en un espacio muy pequeño; además, para cambiarla de posición, es muy frecuente ver como el Operador la levanta sobre una parte de los rodajes y acciona el giro de las cadenas con lo que el peso que se transfiere a los eslabones crece notablemente. Cada eslabón tiene dos taladros, para unirse con los dos eslabones contiguos; uno de ellos aloja el bulón, mientras el otro se utiliza para unirlo con el siguiente mediante el casquillo.

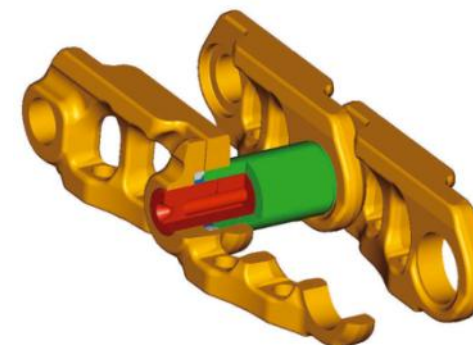


La Cadena no se identifica solamente por el tamaño de los eslabones, sino que es fundamental conocer la distancia que hay entre los puntos donde tira la rueda motriz en dos dientes consecutivos que es lo que se conoce como “paso” de la cadena.

Todos los eslabones de una cadena son iguales si exceptuamos el que se utiliza para abrirla y cerrarla, que se llama eslabón maestro, y su superficie de cierre no es plana sino que tiene una especie de dentado para asegurar el perfecto contacto entre sus dos partes.

- Bulones y Casquillos. Son las piezas que unen las dos cadenas entre sí transversalmente. El bulón gira en el interior del casquillo, y ambos tienen una longitud que permite unir los eslabones correspondientes de las dos cadenas. Los dientes de la rueda Cabilla, se apoya en la superficie exterior del casquillo, y el giro relativo entre éste y el bulón es lo que permite que los eslabones cambien su posición relativa.

En modelos antiguos los bulones giraban en seco dentro de los casquillos; poco después aparecieron las cadenas selladas en las que unas arandelas cónicas situadas en su posición a presión, cerraban el paso de la suciedad al interior de los bulones; las Máquinas modernas tienen lubricada esta superficie de contacto con lo que se aumenta la vida útil de ambos componentes.



- Tejas. Son las piezas que hacen contacto con el suelo; su misión proporcionar dos características, tracción y flotación, que son antagónicas, es decir si se desea que la teja mejore la tracción con el suelo, es a costa de disminuir sus nervios o “garras” con lo que se apoya en una superficie menor y la presión sobre el suelo es más alta.

Hay una amplia variedad de tejas que ofrecen los fabricantes, pero las más normales en las Excavadoras Hidráulicas son las de triple garra, y, como mucho, las de doble garra en modelos de gran tamaño, sobre todo si la Máquina es de Carga Frontal.

- Mecanismo Tensor. Los desgastes de los trenes de rodaje se deben a varios factores, de los cuales los más importantes, además de las horas de



funcionamiento, son:

- Abrasión por el roce del material con los diversos componentes, que se ve considerablemente afectada por la presencia de sílice libre.
- Impacto producido por el choque de los componentes entre sí y que puede llegar a hacer que salten esquirlas de los que estén más debilitados, incluso trozos de un tamaño notable, sobre todo en las tejas y eslabones.
- Velocidad de Desplazamiento. El desgaste del rodaje es más suave si la velocidad no supera los 4 km/hora, razón por la cual el circular a más velocidad de este límite, cosa que puede suceder si la Retroexcavadora dispone de la Opción corta/larga, tiene su justificación solamente en momentos muy concretos.
- Sentido de Marcha.- Por el movimiento relativo de los bulones y casquillos, el desgaste entre estos componentes puede llegar a ser, si se circula marcha atrás el doble que si se desplaza marcha adelante.
- Giros cerrados.- Cuanto mayor sea la frecuencia de los giros cerrados, el desgaste aumenta pudiendo llegar a ser **cuatro veces** el desgaste que se produce en avance si el giro se hace en este sentido de marcha, y **ocho veces** si el giro es en retroceso.

Todos estos factores multiplican su influencia si la tensión de los trenes de rodaje no es la correcta; además, la tensión de la cadena es extremadamente baja, puede llegar a salirse de las pistas de los rodillos, provocando situaciones de peligro además de averías importantes.

La tensión de la cadena se comprueba, en la mayoría de los casos, midiendo la flecha en el punto medio de la comba que se forma entre el primer rodillo superior y la rueda guía; debe estar dentro de los límites que indica el fabricante.

Pero hay un detalle importante; esta comba se ve afectada por la suciedad, presencia de barro, etc., así como por la forma en que se detuvo la Máquina y cómo ha hecho el último recorrido; cada fabricante indica en qué condiciones debe hacerse esta comprobación, y estas instrucciones deben seguirse al pie de la letra porque, de lo contrario, se falsea la medición de la flecha y por lo tanto la tensión medida no es la real.



## 2. LIMITACIONES TÉCNICAS EN EL USO PREVISTO DE LA MÁQUINA SEGÚN ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Las limitaciones que los fabricantes de Maquinaria Móvil indican para sus distintos modelos obedecen a varios criterios de los que los dos de mayor importancia son las limitaciones por la Aplicación de la Máquina y las que se derivan de su Utilización. Ambas son aplicables tanto a la Pala Cargadora de Ruedas como a la Retroexcavadora y se van a analizar a continuación.

### → LIMITACIONES TÉCNICAS DE LA PALA CARGADORA DE RUEDAS

Una primera limitación es la que se refiere a los trabajos que pueden realizarse con la Pala; conviene no olvidar que la Pala Cargadora de Ruedas está diseñada como Cargadora, por lo que, en principio, no debería utilizarse en trabajos de Arranque, para lo cual la Máquina específica sería el Tractor de Cadenas. Así sucedía cuando se empezaron a fabricar estas Palas Cargadoras que, en materiales de muy fácil excavación, arrancaban al mismo tiempo que realizaban la Carga. Con el tiempo, los modelos fueron creciendo en tamaño y prestaciones, aumentando de manera notable su fuerza de arrancamiento, lo que unido a ciertas técnicas de Carga no muy ortodoxas que descubrieron los Operadores, hicieron que las Palas Cargadoras arrancaran materiales ya de cierta dureza.

Esta Técnica de arrancar y cargar simultáneamente es muy atractiva y sin duda disminuye el número de Máquinas necesarias en una Explotación, pero tiene consecuencias tanto en los rendimientos como en los costes, y, en ciertos casos, en la Seguridad.

Buscando dar unas Limitaciones de tipo Práctico, se intentará dar una respuesta a las siguientes preguntas:

⇒ *¿Hasta qué límite puede arrancar una Pala de Ruedas?*

Si para cargar el Cucharón es necesario usar tanta fuerza de arrancamiento que la Pala levante las ruedas posteriores del suelo, éste sería el límite de utilización de la Pala en arranque, desde un punto de vista **que no considera los costes**.

⇒ *¿Se puede usar la Pala para sacar los “repiés” que se producen en los patios de cantera?*

Los “repiés” son restos de material que debería haberse volado, pero que por los motivos que sean, no ha sido así. Por lo tanto, si para el resto del material ha sido necesaria la voladura, aunque los “repiés” estén compuestos de materiales con un cierto agrietamiento, no se deben sacar con la pala si para ello se ha de forzar excesivamente. El límite es el mismo que el anterior, **y en los dos casos, se exige que no se cargue con la esquina del Cucharón.**

⇒ *¿Se puede utilizar la Pala para descalzar los bloques verticales?*

Este trabajo, típico de las Explotaciones de Piedras Ornamentales, utiliza la tracción de la Pala, y sobrecarga los brazos de elevación; puede existir un problema de tipo legal **si el accesorio no está homologado junto con la Pala**, y no debe realizarse si:

- No hay suficiente espacio frente a la pala para que el bloque caiga sin que las ruedas se aproximen al borde a una distancia suficientemente segura.
- Al descalzar el bloque se utiliza la marcha atrás y existe riesgo de su caída sobre la cabina de la Pala.

Hay otra limitación impuesta por el Cucharón que monta la Pala y el material con el que se va a cargar. Las Palas Cargadoras tienen un límite de estabilidad que se determina a Máquina parada, situándola en un suelo horizontal y con los brazos en la posición de máximo alcance; se trata de buscar con qué carga colocada en el cucharón, la Pala deja de ser estable. Esta prueba se hace en las condiciones que acabamos de decir, con la Máquina en orden de trabajo; se va añadiendo carga al cucharón hasta que la Pala levante del suelo sus ruedas posteriores. El peso que hay en el Cucharón, es lo que se conoce como **Carga Límite de Equilibrio Estático o Carga de Basculamiento o Estabilidad Estática bajo Carga.**

Esta determinación se hace primero con los bastidores alineados y luego totalmente articulados. Las Normas SAE especifican la Carga de Trabajo **como la máxima carga que puede**



llevar el cucharón cuando la Pala se está moviendo con los brazos en la posición de máximo alcance y no debe superar el 50% de la Carga de Basculamiento con la Pala articulada. Esto supone que el cucharón se podrá llenar a tope en función de la densidad del material con el que se trabaje.

Otra Limitación Técnica la imponen los fabricantes de los Neumáticos, que, deben utilizarse de forma que los esfuerzos a que se le someten durante el trabajo no superen el Índice *tonelada.kilómetro/hora* que cada fabricante da para cada uno de sus modelos. En las Palas Cargadoras este Índice rara vez supone una limitación real, salvo si la Pala hace Carga y Transporte o tiene continuos desplazamientos de un punto a otro de la Explotación a alta velocidad.

#### → LIMITACIONES TÉCNICAS DE LAS EXCAVADORAS HIDRÁULICAS

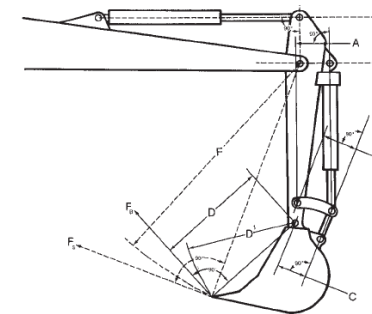
La Retroexcavadora hay que recordar que se "inventó" para excavar por debajo del nivel en el que tiene su base de apoyo, en trabajos de zanjeo. Su uso posterior y la incorporación de Nuevos Equipos han hecho que hoy día su utilización más corriente sea la de Equipo de Carga que arranca directamente o que trabaja sobre voladuras, siempre cargando por debajo de su superficie de apoyo. Así aparece el riesgo de vuelco que, aunque escaso, no existía si se la utilizaba en trabajos de zanjeo. Pero hay una Limitación que rara vez se tiene en cuenta: se trata de hacer que la Retroexcavadora **arranque por encima de su nivel**, con lo que se asume un riesgo importante de caída del material sobre la cabina del Operador, o de proyección de piedras si este trabajo se realiza con Martillo Hidráulico.

De entre los **Índices Operativos de las Excavadoras Hidráulicas**, los dos más importantes, por su influencia en la Seguridad, son:

⇒ **Fuerza de Arrancamiento**, que es la suma vectorial de las fuerzas que proporcionan el Balancín y el Cucharón.

En efecto, para arrancar material con una Excavadora, hay que combinar la fuerza de cierre del Balancín con la del Cucharón, que dependen de:

- La presión máxima que se alcanza en el circuito.
- La Longitud del Balancín y del Radio del Cucharón.



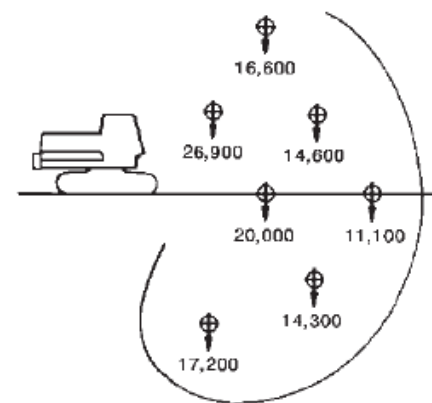
- El diámetro de los pistones de ambos cilindros.
- La Estabilidad de la Máquina, puesto que ambas fuerzas son utilizables solamente cuando la Retroexcavadora tiene apoyados en el suelo en toda su longitud ambos trenes de rodaje.

En ocasiones, el extender el balancín excesivamente, ya sea para arrancar material o para recoger una roca alejada de la Máquina, puede dar lugar a que se sobrepase su estabilidad; por esta razón es muy importante la situación de la Retroexcavadora en cualquiera de sus trabajos.

⇒ **Capacidad de Elevación**, que es el máximo peso que puede elevar la Excavadora y que varía con:

- La posición de la Superestructura
- La Elevación de la Pluma
- La extensión del Balancín
- Las limitaciones propias del Sistema Hidráulico en lo que se refiere a presiones de trabajo

La Máxima Capacidad de Elevación en cada punto viene recogida en los Manuales de Operación de la Máquina y no debe superarse por motivos de estabilidad para evitar el riesgo de vuelco.



### 3. ELEMENTOS Y SISTEMAS DE SEGURIDAD ASOCIADOS A LA MÁQUINA

A lo largo del estudio del funcionamiento de los diferentes componentes de los Equipos de Carga, ya sea con arranque simultáneo o por otros métodos, hemos visto que los fabricantes, a lo largo de los años, han ido incorporando Dispositivos de Seguridad que han hecho de las Máquinas actuales unas herramientas suficientemente seguras. Por otra parte, la evolución de la idea de Seguridad, que antes se reducía al uso de los Equipos de Protección Individual, y en el funcionamiento de la Máquina a poco más que los frenos, ha incorporado como Dispositivos de Seguridad elementos que, aún hoy en día, no se consideran como imprescindibles porque su ausencia o funcionamiento defectuoso no hacen necesaria la paralización de la Máquina, que puede trabajar aunque para ello haya que asumir riesgos de mayor o menor importancia.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y sobre todo, el RD 1215/1997, han puesto unas condiciones que exigen a los propietarios y usuarios de las Máquinas un cambio radical de actitud, al recoger en su articulado que los Equipos deben mantener operativos **todos sus Dispositivos de Seguridad hasta el final de su vida útil**. A continuación se analizan los de mayor importancia.

#### 3.1 Bloqueos de Seguridad

Uno de los riesgos mayores que produce la Maquinaria Móvil es su movimiento inesperado o el de alguno de sus componentes, a causa del comportamiento de los fluidos cuando hay pérdidas de presión o descenso de la temperatura. Por este motivo, los bloqueos en los diferentes sistemas de las Palas Cargadoras y de las Excavadoras Hidráulicas han sido elementos de Seguridad, que podrían haber evitado muchos accidentes si la prisa, el olvido de su uso o su escasa valoración tanto por Operadores como por mecánicos nos los hubieran hecho inútiles. De entre ellos, los más importantes son:

##### → BLOQUEOS DE SEGURIDAD EN LAS PALAS CARGADORAS DE RUEDAS

- ⇒ **Bloqueo Mecánico del Equipo de Trabajo.** Los brazos de la Pala se elevan por presión de aceite, con lo que, mientras el funcionamiento es correcto, no hay riesgo de caída del Cucharón. El problema surge cuando hay que realizar alguna operación de Mantenimiento que exija hacerlo con los brazos elevados y el motor parado. En esta situación, basta una leve



pérdida de aceite para que el peso del cucharón le haga descender, forzando al aceite a irse al drenaje.

En previsión de esta circunstancia, y para eliminar el riesgo de atrapamiento de la persona o personas que estén en la zona de peligro, las Palas Cargadoras disponen de un perfil metálico, por lo general en forma de ángulo, que se aloja entre el cuerpo del cilindro y su extremo de vástago, con lo que, mecánicamente, queda bloqueado el descenso de los brazos de la Pala Cargadora.

⇒ **Bloqueo Mecánico del Bastidor Articulado.** En las reparaciones o inspecciones rutinarias, hay ocasiones en que se deben hacer pruebas con el motor en marcha, y con personas en la zona de articulación del bastidor, zona altamente peligrosa. Para evitar un accidente la forma más segura es impedir que se puedan articular ambos bastidores, aunque sea de forma accidental. Para ello, las Palas Cargadoras incorporan una barra de Seguridad que se fija por dos pasadores a los dos bastidores y hace imposible que la Pala pase a la posición de articulada. La barra se pliega sobre uno de los bastidores, normalmente el posterior, mientras la Pala Cargadora trabaja con normalidad. Este dispositivo también se debe utilizar en operaciones de transporte en góndola.



⇒ **Bloqueo de los Mandos del Equipo de Trabajo.** Otra opción posible que genera riesgos para quienes trabajan en las proximidades del Cucharón, cuando se comprueba alguna circunstancia, o se hace alguna operación de Mantenimiento con el motor en marcha pero sin tener que elevarlo por encima de la altura de las personas, es el movimiento inesperado de alguna parte del mismo.

Los modelos antiguos no disponían de ningún sistema de bloqueo, pero a partir de la década de 1.980, algunos fabricantes utilizaron un sistema mecánico para bloquear los controles de forma que no se pudieran mover de su posición de “fijo” mientras que ese bloqueo no se desconecte; se trata de un fiador que atraviesa la base de los mandos por unos taladros y que los fija a la consola en que se encuentran. Posteriormente, con la incorporación de la electrónica, el mecanismo se sustituye por un interruptor que impide la llegada de la corriente hasta las electroválvulas que controlan los movimientos del equipo. Una forma de evitar que se mueva el Cucharón al arrancar el motor es



bloquear estos controles, por el método que se disponga, cada vez que se vaya a abandonar la Cabina.

- ⇒ **Bloqueos de la Transmisión.** El riesgo que se genera a causa de la Transmisión Hidráulica, es la puesta en movimiento del vehículo de forma inesperada, ya sea por dejar la Pala con una velocidad seleccionada y el motor en marcha, o por arrancar la Máquina sin estar la Transmisión en Punto Muerto.

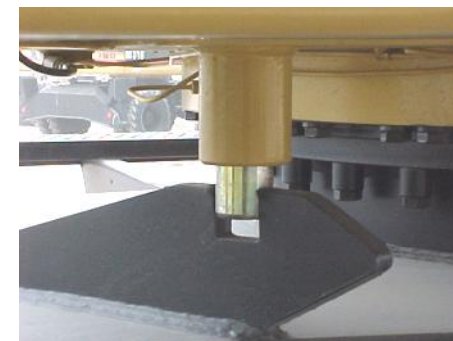
Ya desde los primeros modelos de Palas Cargadoras, se disponía de una palanca que bloqueaba la de cambios si solamente había una palanca de control, o la selectora de sentido si había dos, que las fijaba en la posición de Neutro; de esta forma, al arrancar el motor, no se tenía conectada ninguna velocidad, y la Pala no se movía; es más, algunas marcas llevaban un dispositivo que, si se paraba el motor con una velocidad de la Caja de Cambios conectada, se producía un bloqueo interno en ella y el motor podía arrancar pero la Máquina no andaba, aunque se moviera la palanca a otra velocidad; era necesario pasar la palanca de cambios a Neutro, esperar unos segundos, todo ello con el motor en marcha, y seleccionar nuevamente una velocidad que solo entonces era efectiva. Con la incorporación de los cambios eléctricos o electrónicos, este bloqueo se acciona simplemente por un pulsador que interrumpe el paso de la corriente, si bien, además, el marcado CE exige que la Transmisión esté en Punto Muerto para que el motor arranque.



#### → BLOQUEOS DE SEGURIDAD EN LAS EXCAVADORAS HIDRÁULICAS DE CADENAS

- ⇒ **Bloqueo Mecánico de la Superestructura.** Cuando una Excavadora Hidráulica se va a quedar parada largo tiempo o se va a cargar en una góndola para su traslado, hay que evitar un giro inesperado de la Superestructura al arrancar de nuevo la Máquina.

Las Retroexcavadoras llevan en su Bastidor Principal dos alojamientos en los dos puntos diametralmente opuestos en forma de cilindros huecos en los que se aloja un pasador que es un bulón accionado mecánicamente por un mecanismo de metal, para alojarlo en uno de los



huecos antes descritos. De esta forma, aún en el caso de un accionamiento por error del movimiento de giro, la Superestructura no se movería.

⇒ **Bloqueo del Sistema Hidráulico.** Según se ha visto anteriormente, los movimientos de las Excavadoras Hidráulicas se accionan todos por aceite a presión.

Para evitar los movimientos no deseados por el accionamiento de un control equivocadamente, así como para realizar determinadas comprobaciones con el motor en marcha, las Excavadoras Hidráulicas disponen de una palanca u otro mecanismo, como elevar la consola izquierda o levantarse del asiento, que anulan todos los movimientos del Equipo de Trabajo y, en la mayoría de los casos, también la traslación.



En las Máquinas con marcado CE y en aquellas correctamente adaptadas a los requisitos de Seguridad establecidos en el RD 1215/1997, es precisa su activación para que el motor arranque. Es importante que, siempre que el Operador vaya a abandonar su cabina, ya sea con el motor parado o en marcha, anule los movimientos accionando esta palanca o mecanismo.

### 3.2 Zonas muertas en las Palas Cargadoras

Hay partes de los alrededores de todas las Máquinas que no son visibles desde la Cabina, a pesar de la existencia de los Espejos Retrovisores y de Seguridad; tal es el caso de su parte trasera, que, sobre todo en los modelos más grandes, son motivo de accidentes cuando la Máquina va en retroceso.

La existencia de una pantalla en la cabina, conectada con un visor electrónico situado junto al radiador de la Pala, permite disponer de una visión panorámica que permite al Operador dominar



toda esta zona, evitando así un posible atropello. Este es un Dispositivo de Seguridad que aún no es obligatorio en las Máquinas.

### 3.3 Controles de Presión y Temperatura

Hay determinados circuitos en los que estos dos parámetros tienen una influencia muy importante en la Seguridad, porque accionan elementos tales como dirección o frenos que, si no tienen sus valores dentro de lo normal, pueden dar lugar a situaciones peligrosas. De ellos, los más importantes son:

#### → EN LAS PALAS CARGADORAS DE RUEDAS

- ⇒ **Presión de aceite del motor.** Ya indicamos al estudiar este componente que las averías debidas a una insuficiente presión de aceite son casi instantáneas, y, además de la propia rotura del motor, dejan fuera de funcionamiento al resto de los componentes tales como Dirección, Frenos y Sistema Hidráulico del Equipo de Trabajo.
- ⇒ **Presión de aceite o aire en los Frenos de Servicio.** Una insuficiente presión de cualquiera de estos dos fluidos, deja a la Pala sin frenos, lo cual es muy peligroso en cualquier unidad, pero de una forma especial si la Pala no tiene marcado CE y no ha sido correctamente adaptada a los requisitos mínimos establecidos en el Anexo I del RD 1215/1997, no disponiendo de frenos de emergencia.
- ⇒ **Temperatura de aceite de la Transmisión.** Si bien este parámetro es el que menos influye en la Seguridad para el Operador, es importantísimo para el Mecánico, que no debe drenar el depósito que lo contiene hasta que no indique una temperatura inferior a los 10-15°C. Es difícil que la temperatura suba tanto que llegue a disminuir tanto la viscosidad del aceite como para que no haya arrastre de la Pala.
- ⇒ **Temperatura de aceite del Sistema Hidráulico.** Es válido lo dicho para la Transmisión, si bien aquí el riesgo de pérdida de viscosidad es superior porque, por lo general, se usan aceites menos viscosos en el accionamiento del Equipo de Trabajo.



### → EN LAS EXCAVADORAS HIDRÁULICAS

- ⇒ **Presión de aceite de motor.** Es válido lo dicho para las Palas Cargadoras de Ruedas, si bien aquí el riesgo de falta de control solamente se produciría si, en el momento de falta de aceite, la Excavadora se estuviera desplazando. Aun en este supuesto, el riesgo es mucho menor que para la Pala porque la velocidad es mucho menor y porque los frenos se conectarían automáticamente en cuanto que la presión del aceite del Sistema Hidráulico cayera por debajo del valor del circuito piloto.
- ⇒ **Temperatura del aceite del Sistema Hidráulico.** Vale lo dicho para la Pala de Ruedas.

## 3.4 Resguardos de Correas y Ventiladores

Han sido muchos y muy graves los accidentes producidos por el atrapamiento de manos o dedos con frecuentes amputaciones de las personas que han intentado realizar algún ajuste, sobre todo en el interior del motor de todo tipo de Máquina. Las piezas que mayor riesgo de accidente presentan son las correas de arrastre en el motor, el ventilador y, en otro orden de frecuencia los bulones que unen el Cucharón al resto del Equipo de Trabajo.

La prudencia indica que no se deben intentar ajustes con el motor en funcionamiento, pero dado que los consejos de Seguridad no se siguen en muchas ocasiones, los fabricantes han ido incorporando Sistemas de Protección, como es el caso de las carcasas, ya sean metálicas o de plástico, que cierran el paso a las correas y al ventilador; incluso en muchos modelos de Máquinas, el arrastre del ventilador se hace por medio de un motor hidráulico que elimina la necesidad de correa. Para acceder a estos puntos, es necesario desmontar estas protecciones, **que deben volverse a colocar una vez terminada la reparación, antes de dar por terminada esta operación.** Suele ser frecuente que, una vez desmontadas las protecciones, no vuelvan a su sitio y terminen perdidas por el taller, cuando no, aplastadas por el paso de otra Máquina. Queremos insistir que **no volver a montar las protecciones es poner fuera de funcionamiento un dispositivo de Seguridad y es una acción que va en contra de lo establecido en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.**

⇒ **Indicadores de Advertencia y Peligro.** Otros dispositivos de Seguridad son los Indicadores de Advertencia y Peligro, que, en ocasiones los reducimos a los intermitentes y poco más, pero que en realidad, son más numerosos. Pueden ser Ópticos y Acústicos, y los resumimos a continuación:

▪ **Indicadores Ópticos.** Los más normales son:

- Intermitentes. Indicadores de dirección para advertir que la Pala de Ruedas va a realizar un cambio de dirección. No son habituales en las Excavadoras Hidráulicas de Cadenas, y sí lo son en las de ruedas, aunque se pueden ver algunos en los modelos más modernos.
- Alarma por parada inmediata. Al igual que en un vehículo de automoción, acciona los cuatro intermitentes simultáneamente para advertir de una situación de peligro inmediata.



- Luz de Marcha atrás, de color blanco, se enciende cada vez que el Operador conecta una velocidad en retroceso.
- Luz de pare, se enciende cada vez que el Operador acciona cualquiera de los pedales de freno.
- Luces de Trabajo. Situadas en puntos estratégicos de las Palas Cargadoras y de las Excavadoras Hidráulicas, iluminan la zona en la que se va a trabajar con el Equipo, sea el Cucharón, Martillo, etc.

- Indicadores Acústicos. Todas las Palas Cargadoras excepto las más antiguas, incorporan un avisador acústico de marcha atrás que suena de forma intermitente cuando el Operador sitúa la Palanca de Cambios en retroceso y deja de sonar al volver la a marcha adelante o en punto muerto.

Suele tener diferentes intensidades de sonido y es una advertencia para todo aquél que se encuentre alrededor de la Pala. Las Excavadoras Hidráulicas raramente montan este dispositivo; es más, en aquéllas que lo llevan, entra en funcionamiento en cuanto se inicia la marcha con independencia del sentido del movimiento.

- Otros Indicadores.

Se refieren a las placas de aviso que están adheridas en diferentes puntos de las Máquinas, para advertir de determinados peligros de descarga eléctrica, elemento con presión interna, etc. Deben venir en castellano y se deben conservar legibles durante toda su vida útil, reponiéndolas si fuera necesario por haberse rayado, o deteriorado de tal forma que no se puedan leer con facilidad.



### 3.5 Frenos

Este tema ya ha sido desarrollado anteriormente; solamente se recordará la presencia del Freno de Emergencia, obligatorio para las Palas Cargadoras, que debe acoplarse de forma manual y automática en caso de fallo del Sistema de Frenos de Servicio.

Una vez conectado, la Pala debe quedar inmovilizada hasta su reparación o su desconexión manual para ser remolcada en cuyo caso no hay que olvidar el realizar la operación inversa una vez efectuada la reparación para que la Pala no quede sin este dispositivo. Por lo que se refiere a las Excavadoras Hidráulicas, al estar los frenos conectados mientras no haya desplazamiento, y volverse a conectar cuando se pare de nuevo, no cabe ninguna consideración sobre el tema. Sí que conviene en todo caso, comprobar



el freno de emergencia en las Palas Cargadoras de acuerdo con las Instrucciones que dé el Manual del Operador.

### 3.6 Dirección

También se ha tratado ya este punto. La dirección de emergencia no es obligatoria todavía de forma explícita en las Palas Cargadoras, si bien la normativa actual exige que lleven dirección de emergencia todas aquellas Máquinas que puedan superar los 20 km/h. Las Palas Cargadoras pueden hacerlo, si bien las limitaciones de velocidad en muchas Explotaciones cubren esta ausencia; esto tiene el riesgo de dejar al cumplimiento de una norma algo tan importante como es disponer de una Dirección de Emergencia.



Solamente aquellas marcas que tienen una preocupación fuera de lo normal en lo que se refiere a Seguridad la incluyen como Equipo de Serie, o, al menos, opcional. Si la hay, debe entrar en funcionamiento de forma automática en caso de fallo de la principal; además, debe disponer de un sistema que permita comprobarla antes de poner la Pala en funcionamiento.

### 3.7 Estructuras de protección

Todo lo que se ha visto hasta ahora compone lo que se llaman Dispositivos Activos de Seguridad, que tienen por misión específica evitar que se produzcan accidentes; por desgracia, es imposible prever que las actitudes de quienes manejan las Máquinas sean siempre acordes con la Seguridad, es decir, es el Operador quien en muchas ocasiones toma riesgos que terminan en accidente. Para estos casos, hay que protegerlo ya sea con los Equipos de Protección Individual, o con ciertas estructuras que disminuyan los efectos del accidente. Las más importantes son dos:

#### → ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN ANTI-VUELCO

Estas estructuras son conocidas por las siglas ROPS, que corresponden a las iniciales de las



palabras inglesas, y que **garantizan que, en caso de vuelco de hasta tres vueltas de campana, la estructura ni se rompe ni se deforma**; constituye una protección excepcional para el Operador, cuya única defensa en caso de vuelco en las Máquinas que no disponen de esta protección, era saltar intentando no quedar atrapado debajo de ella. Hoy, con las Cabinas ROPS, el sitio más seguro en caso de vuelco es dentro de la cabina, con una condición de la que hablaremos más adelante.

Estas protecciones pueden ser estructuras visibles desde el exterior, o estar integradas dentro de la propia Cabina, pero el resultado es el mismo.



Son obligatorias en aquellas máquinas que sean utilizadas en trabajos que puedan implicar riesgo de vuelco, independientemente de que la máquina tenga o no, marcado CE. **No existen en las Excavadoras Hidráulicas** porque, para los trabajos que fueron diseñadas, no presentaban riesgo de vuelco; por otra parte, aún poniendo una estructura tan robusta, no estaría garantizada su sujeción a la Superestructura debido a la menor resistencia de su bastidor, es decir, la estructura podría ser suficientemente resistente, pero en un vuelco es probable que se arrancara de sus anclajes. Por esta razón, en trabajos de carga con las Retroexcavadoras, **se debe cuidar que la altura del acopio sobre el que se apoya no sea superior a la longitud del Balancín**, con lo que prácticamente, se elimina el riesgo de vuelco.

Hay un detalle importante que conviene conocer y es que, **en una estructura ROPS no se puede taladrar ni soldar sin permiso expreso del fabricante, porque se pierde la certificación de anti-vuelco**. En ocasiones se aprovechan los brazos de la estructura para atornillar el extintor de incendios o su techo para colocar el aire acondicionado. Ambas cosas dejan a la cabina fuera de norma. Conviene revisar tanto la existencia de puntos de óxido como el apriete de los tornillos de sujeción para estar seguros de la rigidez de los anclajes.



### → ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN ANTI-IMPACTO (*ANTI-CAÍDA DE OBJETOS*)

También conocidas por las siglas FOPS, iniciales de sus palabras inglesas, que aseguran que la estructura no se deforma por el impacto de un objeto, según unas condiciones especificadas por la normativa europea, que protegen al Operador en caso de caída de un árbol sobre la cabina o una roca de una masa considerable. Esta protección es eficaz siempre que el objeto impacte sobre la estructura, y no sobre los cristales.

Son obligatorias en las Máquinas con estructura ROPS, y existe protección FOPS para aquellas Excavadoras Hidráulicas que presenten riesgo de impacto en su trabajo, como es el caso de las que se usan con Martillo Hidráulico. Esta protección se compone de una rejilla de palastros de acero de alta resistencia que se montan en el techo y por fuera del cristal frontal de la cabina.



### → CINTURÓN DE SEGURIDAD

Es imprescindible su uso siempre que se disponga de estructura ROPS, ya que es el complemento perfecto para proteger al Operador en caso de vuelco.

Si éste no va sujeto por el Cinturón de Seguridad, en el caso de un hipotético vuelco, al caer sobre el interior de la cabina puede sufrir impactos que pueden ser mortales, dándose el caso de tener que lamentar la muerte de un Operador, mientras la cabina que lo albergaba queda intacta, por no usar el Cinturón de Seguridad. Normalmente, se utilizan Cinturones de sujeción ventral, y enrollables, que se recogen cuando se sueltan para que no queden extendidos por el suelo de la cabina y sean la causa de una caída.



## 3.8 Espejos

La visión de los laterales y de la parte posterior, tanto de las Palas Cargadoras como de las Excavadoras Hidráulicas, es fundamental para localizar la situación de posibles personas dentro o en las proximidades de su radio de acción, y que no pueden ser vistas de forma directa por el

Operador debido a los ángulos ciegos que tienen, y que, cuanto mayor es el tamaño de la Máquina, más fácil es “escondarse” de la visión directa del Operador.

Por esta razón, los espejos retrovisores y los de seguridad, deben estar, además de limpios, perfectamente orientados para que se pueda localizar a cualquier persona que se aproxime a la Máquina.

### 3.9 Superficies Anti-deslizantes.

Para acceder a las zonas desde la que se va a realizar el Mantenimiento las Excavadoras Hidráulicas y las Palas Cargadoras disponen de unas superficies cuya misión es evitar el riesgo de Resbalón que puede dar lugar a caídas desde distinto nivel o impactos en diferentes partes del cuerpo del Operario encargado de llevarlo a cabo.

Los fabricantes optan por fabricarlas con chapa perforada o con adhesivos de lija; es evidente que su duración será mayor en las primeras, pero, en todo caso, es necesario mantenerlas en perfecto estado.



### 3.10 Manual de Instrucciones

Una de las condiciones que exige la legislación vigente es que el Operador reciba formación específica sobre la Máquina que está manejando; cuando llega una Máquina nueva a la Explotación, aunque sea de la misma marca, e incluso del mismo modelo, lo más normal es que haya diferencias más o menos importantes, con relación a la unidad con la que se estaba trabajando hasta ese momento.

Si no es posible la asistencia a un cursillo o a un adiestramiento por parte de la persona que entrega la nueva unidad, sí que, al menos, el Operador debe disponer de suficiente tiempo para leer el Manual de Instrucciones, en especial los apartados que se refieren a Seguridad. Con independencia de ello, este Manual debe estar disposición de los Operadores, por lo que un ejemplar de él siempre debe estar en la cabina, para ser consultado por el Operador habitual en caso de presentarse alguna duda, o por un nuevo Operador que necesita conocer las Instrucciones que especifica el fabricante y que pueden diferir de las conocidas y aplicadas hasta ese momento.



## CAPÍTULO 4

### CONTROL Y VIGILANCIA SOBRE EL LUGAR DE TRABAJO

En este Capítulo se estudiarán todos aquellos Dispositivos de Seguridad que cada Máquina pone a disposición del Operador para controlar su correcto funcionamiento y detectar situaciones potencialmente peligrosas y que pueden incidir de forma negativa en la Seguridad.

Para ello se partirá de la definición de Lugar de Trabajo establecida en el Real Decreto 486/1997.

Partiendo de la definición de Lugar de Trabajo establecida en el RD486/1997 como “*las Áreas del Centro de Trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo*”, el **Lugar de Trabajo de un Operador de Maquinaria de Excavación en Actividades Extractivas de Exterior** forman parte los siguientes:

- ⇒ La Cabina de su Máquina.
- ⇒ Las Áreas de Carga y Descarga.
- ⇒ Los Viales, Accesos y Pistas.
- ⇒ Los Frentes de Explotación.
- ⇒ Incluso lugares tales como el Comedor, los Servicios, las Zonas de Primeros Auxilios, etc.



El Operador debe conocer **los Riesgos** a que se encuentra expuesto en cualquiera de ellos, y que, en el caso más amplio, **proceden de:**

- ⇒ **La Máquina.** Es un Equipo de Trabajo que se puede mover a una cierta velocidad, a veces de un tamaño más que considerable, y que es capaz de mover grandes cantidades de material, lo que se traduce en pesos que alcanzan cientos de toneladas.

Aún sin llegar a estos extremos, los Riesgos que de ella se derivan son importantes; sus zonas muertas pueden esconder personas que pueden sufrir daños en caso de impacto o atrapamiento por ella. Con las exigencias que trae consigo el mercado CE, se puede decir sin temor a equivocarse que la Seguridad que ofrece su diseño, fabricación y funcionamiento las hace suficientemente seguras, siempre que se mantengan en las condiciones adecuadas.



⇒ **El Trabajo a Realizar.** El Arranque y Carga de Materiales tiene lugar en condiciones muy variables de Tracción, Estabilidad, Visibilidad, Temperatura, etc., que influyen de forma muy notable en su realización.

Igualmente, las características de los distintos materiales que hay que mover traen consigo utilizar Técnicas Operativas que difieren de un material a otro, y que el Operador de un Equipo de Arranque y carga debe conocer; no es la misma Técnica la que debe usarse si se arranca material fácil de excavar que si se carga uno previamente arrancado por una voladura.

En su trabajo, la Maquinaria de Arranque y Carga se desplaza con más o menos frecuencia por las Pistas, Accesos o Viales de la Explotación, operación que genera riesgos específicos que dependen de las condiciones de estos itinerarios.



⇒ **El Factor Humano.** Las Máquinas las manejan personas, cada una con su carácter, costumbres, criterios, etc., cuya influencia en la Seguridad es muy superior a la que se deriva de cualquiera de los otros dos factores.

Es un derecho de todo Trabajador que vaya a manejar una Máquina, al tiempo que una Obligación del Propietario de la misma, el darle la Formación suficiente para que pueda realizar su trabajo con Seguridad. Por esta razón **la Formación de todo Operador de Equipos de Arranque y Carga es algo indispensable si se quiere conseguir que los trabajos con Maquinaria Móvil sean suficientemente seguros y disminuir la elevada tasa de siniestralidad del sector.**

En la Formación de toda persona, hay tres grandes áreas sobre las que actuar:

- **Conocimientos.** Refiriéndose al Operador de Maquinaria de Arranque y Carga, debe abarcar, como mínimo, los siguientes contenidos:



- *Funcionamiento Básico de la Máquina que utiliza.*
  - *Técnicas Operativas Seguras para realizar su trabajo.*
  - *Panel de Alarmas e Instrumentos de Control.*
  - *Características de su Explotación.*
  - *Riesgos a que se encuentra sometido.*
  - *Legislación actual, principalmente en lo que le afecte en su trabajo.*
- **Aptitudes.** Es fundamental para el Operador de cualquier tipo de Máquina desarrollar la habilidad suficiente para su manejo de forma que pueda realizar su trabajo sin riesgos derivados por falta de ella. Las Aptitudes se van desarrollando con la Experiencia que se adquiere con horas de trabajo; será tanto más amplia cuanto mayor sea la variedad de modelos con los que se trabaje, así como la diversidad de trabajos, condiciones y materiales en los que se lleve a cabo.
  - **Actitudes.** La Actitud se puede definir como la forma en que una persona reacciona ante los acontecimientos de cada día; está muy influenciada por factores tales como el Carácter, las Costumbres y Hábitos, las Circunstancias de todo tipo (Social, Familiar, Personal, Laboral, etc.), incluso por el Estado Físico o la Situación Psicológica. Todo ello hace que una persona, en determinadas circunstancias, se comporte de forma distinta a como lo haría habitualmente. Las Actitudes ya sean habituales o circunstanciales, tienen una influencia extraordinaria en la Seguridad porque pueden llevar a que un Operador tome riesgos que, normalmente, no asumiría. Modificar las Actitudes que entrañan riesgo es quizás lo más difícil en la Formación de las personas.

## I. CONOCIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA MÁQUINA

En el Capítulo 2, se indicó cómo el Operador, antes de iniciar el Trabajo, debe realizar una inspección previa del estado en que se encuentra la Máquina, y cómo esta inspección debe ser más cuidadosa después de haberse realizado su Mantenimiento por una simple razón: al haber vaciado los depósitos o sustituido algún elemento consumible, ha habido que quitar tornillos, soltar tapas para luego volver a montarlas. Esto supone un riesgo de error humano que puede terminar en una avería importante, si, por ejemplo, el tapón del cárter de aceite del motor no se ha colocado correctamente. En cualquier caso, descubrir ahora una deficiencia es evitar, como poco, una avería, y, quizás, un accidente.

Una vez que la revisión se ha completado, estamos en condiciones de decir que la Máquina está lista para ser usada y que en sus alrededores no hay ninguna persona que no pueda ser vista desde la cabina; a partir del momento del arranque, el Operador ya no tiene otra forma de controlar si el funcionamiento es correcto más que a través del Panel de Instrumentos de Control que hay en su cabina.



### I.1 Panel Electrónico de Alarmas Acústicas y Luminosas

Los modelos modernos de Palas Cargadoras de Ruedas incorporan en sus cabinas un Panel Electrónico que controla el funcionamiento de sus diferentes circuitos y avisan al Operador por medio de alarmas ópticas y acústicas en el momento que los valores de los parámetros que vigilan se salen de su valor normal. Estos Sistemas Electrónicos se incorporaron a las Máquinas a principios de los 80, pero su mayor desarrollo tuvo lugar a partir de la incorporación de los Controles Electrónicos en las Excavadoras Hidráulicas, y se generalizó al resto de los tipos de Maquinaria Móvil con la creciente incorporación de la Electrónica.

Los diferentes fabricantes, utilizan distintos criterios a la hora de elegir los Paneles Electrónicos, pero, en todo caso, siempre hay un objetivo común: liberar al Operador de la tarea de estar vigilando continuamente los distintos Instrumentos de Control que se incluían en el Tablero de Instrumentos de su Máquina.

En la figura se puede ver uno de ellos, compuesto por dos consolas laterales y una central; en la Consola de la Derecha es donde está el Panel de Alarmas, mientras que la Consola Izquierda incorpora Instrumentos de Control de tipo analógico y en el Centro puede ir el Tacómetro o el Velocímetro; además, los Paneles suelen incorporar una o varios “displays” en el que proporciona información precisa de otros puntos, según se pida al Control Electrónico.



Los Paneles de Alarmas, están compuestos por un conjunto de circuitos, uno para cada sistema que se quiere controlar, que, de forma electrónica, controlan presiones, temperaturas, niveles, estado de filtros, etc. Disponen de un sistema de Comprobación previa al arranque, que puede ser manual o automática, que garantiza el funcionamiento de todos los circuitos.

En caso de anomalía, una luz roja se enciende en el Panel de Alarmas, advirtiendo al Operador de esta circunstancia; en función de la posible gravedad del circuito de que se trate, la alarma óptica puede ir acompañada de otra acústica que avisa al Operador del riesgo que está corriendo, él o la Máquina.



Los Paneles más perfeccionados, analizan ellos mismos la importancia de la alarma activada, clasificándola en varios niveles; la importancia de las alarmas no obedece los mismos criterios en todos los fabricantes, ni las precauciones a tomar son las mismas en todos los casos; lo más completo es establecer tres **Niveles de Alarma**:

- ⇒ En el Primer Nivel se engloban aquellas situaciones que no representan un peligro grave ni para la Máquina ni para la Seguridad; suelen ser simples avisos que se refieren a un bajo nivel de combustible, a la circunstancia de tener conectado el freno de estacionamiento y, en algunos casos, a fallos en el sistema de carga. Se identifican porque solamente se enciende la luz del circuito afectado.

- ⇒ En un Segundo Nivel se engloban aquellas anomalías que pueden corregirse cambiando la forma de trabajar o es posible esperar al final del turno de trabajo para corregirlas. Se trata de las alarmas que son consecuencia de altas temperaturas o que avisan de filtros obstruidos, y además de la luz del circuito correspondiente, se enciende también una luz intermitente situada en un lugar visible para el Operador de forma que, si en ese momento no estaba mirando al Salpicadero, tenga algo que le advierta de la situación anormal. Por lo general, este nivel aconseja parar la Máquina, esperar hasta que las advertencias se apaguen, y volver a trabajar, cambiando las técnicas para no exigir tanto a la Máquina.
- ⇒ En el Tercer Nivel se reúnen aquellas alarmas que exigen la parada inmediata de la Máquina por riesgo grave de avería o que afecte a la Seguridad. En estos casos, además de las dos señales ópticas que hemos indicado para el Segundo Nivel, suena una alarma que advierte al Operador de la urgencia en tomar las medidas oportunas.

Los Paneles más modernos, incluyen informaciones sobre parámetros tales como velocímetro, tacómetro, conexión de los frenos o de la Dirección de Emergencia, velocidad en la que se está circulando, etc. Si se producen anomalías durante su funcionamiento, éstas quedan registradas en la memoria del ordenador, pudiendo ser impresas en un informe a requerimiento de la Dirección de la Empresa o del personal de Servicio, mediante el uso del Software adecuado. Incluso aparecen determinados códigos que les ayudan para identificar una posible avería o realizar determinados ajustes de una forma rápida. Son los de las marcas que incorporan a su sistema electrónico el mayor número de módulos, que difieren de un tipo a otro de Máquina. Aún así, no se han retirado totalmente los Instrumentos de Control Analógicos, si bien ahora la forma en que realizan el Control es electrónica.

Los tradicionales Instrumentos de Control o los modernos Paneles Electrónicos, **son algo que todo Operador tiene que conocer sin la más mínima vacilación**. Sin este conocimiento, no debería manejar ninguna Máquina, por mucha que sea la habilidad adquirida en los trabajos que vaya a realizar. Como hemos dicho en repetidas ocasiones, en las situaciones anormales **se deben seguir exactamente las instrucciones del fabricante**. No es prudente aplicar lo que se conoce en un determinado modelo a otras Máquinas de otras marcas y otros tiempos. Por ejemplo:

- El indicador de un filtro de aceite de la transmisión obstruido en una Pala de hace 30 años, permitía seguir trabajando hasta finalizar el turno o la jornada; en una Máquina moderna es posible que sea una Alarma de Tercer Nivel, por motivos de Seguridad.

- Un problema eléctrico ha sido siempre considerado como una anomalía de Primer Nivel, y sin embargo en una Máquina con alto contenido en electrónica, es de tercer nivel porque si falla la corriente, todo el sistema electrónico deja de funcionar y dará lugar o a una avería muy grave o a un accidente.

Son dos pinceladas de las muchas diferencias que se pueden encontrar en los Paneles de Alarmas entre dos marcas diferentes o incluso entre dos modelos distintos de la misma marca separados por algunos años de diferencia en su fabricación.

Como hemos dicho anteriormente, además de los Paneles Electrónicos algunos fabricantes siguen manteniendo Instrumentos de Control Analógicos, normalmente Termómetros, que permiten que el Operador vea la evolución de las Temperaturas de agua, aceite del convertidor y aceite del sistema hidráulico que, si bien ahora son electrónicos, su misión es la misma que la que tenían los de modelos antiguos. Se incluye también un Instrumento que controla el Nivel del Combustible.



## 1.2 Instrumentos de Control

Los Instrumentos de Control son, junto con los Indicadores, algo que todo Operador debe conocer a la perfección, entendiendo sus mensajes y tomando las acciones que el fabricante indique en su Manual. Todos los componentes de Palas Cargadoras y Excavadoras Hidráulicas utilizan para su accionamiento aceite o aire, con la excepción del Motor que necesita, además combustible y agua. Mientras el funcionamiento de estos componentes no presenta ningún problema, estos fluidos tendrán unos valores de sus parámetros que están dentro de lo normal; nos referimos a los dos que se controlan en los componentes de todas las Máquinas: presión y temperatura. Los Instrumentos que los controlan se llaman Manómetros y Termómetros respectivamente.

Los Instrumentos de Control solamente avisan al Operador que los valores de la Presión, Temperatura, o el elemento que controlen, está en valores fuera de lo normal, **pero en ningún caso detectan una avería**; de hecho, su misión es advertir al Operador cuando los valores no son normales, para que investigue la causa que provoca esa anomalía, que, en algún caso, es consecuencia de una avería. Explicaremos a continuación las normas generales para interpretar los mensajes que emiten los Instrumentos de Control.

Sean de uno u otro tipo, los Instrumentos que se utilizan en estas Máquinas son de dos tipos:

- ⇒ Termómetros, que controlan la Temperatura.
- ⇒ Manómetros, que controlan la Presión.

Además, pueden incorporar uno que verifica el estado de carga de la batería, y que puede ser un amperímetro o un voltímetro según sea la antigüedad de la Pala.



### 1.2.1 TERMÓMETROS

Controlan la Temperatura de diferentes fluidos. Una temperatura excesiva puede ser causada por un defectuoso funcionamiento de la Máquina, pero también por un mal manejo, en aquellos casos en que se la fuerza más allá de los límites para los que ha sido fabricada. Cuando hablamos de Termómetros analógicos, están graduados en zonas de colores o en escalas en las que aparecen datos numéricos en grados.

Como siempre, los valores numéricos que se consideran como peligrosos para el correcto funcionamiento del circuito que se controla, estarán dados por el fabricante en su Manual de Instrucciones; para facilitar el control por parte del Operador y que no tenga que memorizar demasiadas cifras, se tiene un código de colores cuyo significado es el siguiente:

- Zona Blanca, que indica que la temperatura es demasiado baja.
- Zona Verde, de funcionamiento normal.
- Zona Roja de peligro porque la temperatura es excesivamente elevada.

**Este es el único mensaje de los Termómetros.** Es muy frecuente que, ante la pregunta de ¿qué pasa si el Termómetro de Agua entra en la zona Roja?, se reciban contestaciones como esta: “Se ha roto la correa del ventilador”, o “No hay agua en el radiador”, o cosas parecidas. Los Instrumentos de Control no identifican averías, solamente informan de un nivel fuera de lo normal de los valores de presión, temperatura, etc. Estudiaremos los más importantes:

### → TERMÓMETRO DE AGUA

Controla la temperatura del Sistema de Refrigeración del Motor; su nivel normal es a lo largo de la zona Verde, y donde se debe tener cuidado e cuando se aproxima o entra en la zona de peligro, porque se encuentra próxima a entrar en ebullición. Este punto suele estar próximo a los 100°C, **pero todavía no hierve porque el circuito está con presión.**



Si entra en este punto, se debe parar la Máquina, dejar el motor a ralentí o ligeramente acelerado hasta que vuelva a la zona Verde, momento en que podemos volver a trabajar **cambiando las exigencias que le estábamos pidiendo.** Lo que no se debe hacer es abrir el tapón del radiador con el agua en Rojo, por dos motivos:

- Primero por Seguridad; el agua puede expulsar con violencia el tapón hacia arriba poco antes de salir ella misma despedida a presión, con los riesgos de impacto y quemadura para el Operador.
- Segundo por Conservación del Motor; si, con mucha habilidad, se consigue abrir el tapón sin quemarse, en ese momento entra en ebullición al desaparecer la presión en el circuito y estar la temperatura por encima de 100°, pudiéndose producir una importante avería.

La zona Blanca es un indicativo de precaución, si bien, en este caso, no es por exceso de temperatura sino porque el agua está fría, lo que indica que el motor no está caliente, y, por lo tanto, no está en disposición de trabajar a pleno régimen. La precaución es por un motivo claro: un motor que trabaja frío se desgasta mucho más que si lo hace a su temperatura, a causa de un fenómeno llamado “Corrosión Sulfúrica”, y que tiene su origen en las impurezas de Azufre del combustible.



Cuando este elemento químico entra en contacto con el Oxígeno y el Vapor de Agua que hay en el aire de admisión, se forman dos ácidos, Sulfuroso y Sulfúrico que, además de atacar las piezas metálicas del interior del motor, atacan la película de aceite, con lo que el engrase es deficiente. Cuando el motor está frío las partículas de ácido son estables, mientras que con el motor ya caliente no llegan a formarse o se descomponen inmediatamente con lo que se elimina la corrosión. Además, el aceite frío tiene mayor viscosidad que cuando está caliente, lo que se traduce en que es más difícil de conseguir una película uniforme que garantice el engrase.

### → TERMÓMETRO DE ACEITE DEL CONVERTIDOR

Controla la temperatura del aceite en la Transmisión, entendiendo como tal el conjunto Convertidor-Caja de Cambios, que suelen llevar un cárter único para el almacenamiento del aceite. Tiene dos zonas: una Verde que indica una temperatura de funcionamiento normal, y otra Roja, de exceso de calor, en la que el aceite ha alcanzado una temperatura próxima a los 120°C.



Aunque el aceite del Convertidor y el de la Caja de Cambios tenga el mismo recipiente, donde se genera la mayor parte del calor es en el Convertidor de Par, sobre todo cuando trabaja aumentando el par, que es cuando hay diferencia de velocidad entre el eje de entrada (Impulsor) y el de salida (Turbina); a mayor pérdida de velocidad, mayor aumento de par y mayor calentamiento del aceite. Como ya se comentó al estudiar el funcionamiento de este componente de la Pala, el momento de máxima necesidad de par es mientras se está cargando el Cucharón, porque se necesita una fuerza de empuje importante para que éste se clave en el material, tanto mayor cuanto más dificultad haya para la carga.

Si se ataca en primera velocidad, la Caja de Cambios se encarga de aumentar el par y darnos la máxima tracción en la rueda, por lo que el Convertidor trabaja como tal un tiempo reducido y el aceite no se calienta en exceso, pero si se carga en una velocidad inadecuada, por ejemplo en segunda, el aumento de par que no se consigue en la Caja de Cambios lo tiene que dar el Convertidor; además, con una velocidad más larga que en primera, para que la rueda se mueva en las condiciones que exige la carga, la Turbina del Convertidor debe girar más lenta, lo que confirma el aumento de par durante un periodo más largo, que puede llegar a que el aceite alcance un temperatura excesiva.



Si la temperatura alcanza la zona Roja, lo que se debe de hacer es parar la Pala y dejar el motor a ralentí o ligeramente acelerado, para que vuelva a un valor normal; una vez que la aguja esté en Verde, se puede volver a trabajar, cambiando las exigencias que se le estaban pidiendo a la Máquina, es decir, usando más los hidráulicos que la tracción para llenar el Cucharón, no llenándolo tanto, etc.

Las averías que pueden producirse en este componente por calentamiento excesivo del aceite son importantes; pueden ir desde que los retenes de goma con grafito que lo cierran herméticamente se quemen, hasta que los álabes de la Turbina se deformen y rocen con la carcasa exterior; ambas averías son de costosa reparación y exigen la paralización de la Pala por un periodo de varios días.

### → TERMÓMETRO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Su aspecto es similar al del Convertidor, con las mismas zonas y colores; la temperatura excesiva, como en el caso del Convertidor, es consecuencia de un trabajo excesivo en este Sistema. Suele presentarse en aquellos casos en los que una baja tracción, ya sea por estar en un terreno embarrado o por un desgaste excesivo de la zona de agarre de los neumáticos, obliga al Operador de la Pala a suplir la falta de tracción con los movimientos del Cucharón, suponiendo que su funcionamiento sea normal. En las Excavadoras Hidráulicas, estamos en el mismo caso, si bien aquí no tiene nada que ver si hay o no poca tracción, porque la Máquina no se desplaza durante su ciclo de trabajo. Más bien, puede alcanzar la zona Roja después de un desplazamiento a alta velocidad y a una distancia considerable. En cualquier caso, un aceite próximo a los 120°C puede dañar los sellos de los cilindros hidráulicos así como los elementos que constituyen la bomba, sean las paletas o los pistones de las de desplazamiento variable, por la baja viscosidad a que se reduce la original, cuando el aceite alcanza estas temperaturas.



La decisión del Operador, igual que la anterior: para la Máquina y dejar el motor a ralentí hasta que la temperatura vuelva a sus valores normales, para volver a trabajar moderando sus exigencias a Sistema.

En cualquiera de los casos de temperatura excesiva del aceite, si, después de un “calentón” y de haberse enfriado, se cambia la forma de trabajar y, a pesar de todo, vuelve a una temperatura excesiva, hay que para definitivamente la Máquina porque hay alguna avería o anomalía importante que se sale de las atribuciones del Operador y que puede dañar gravemente la unidad.

## 1.2.2 MANÓMETROS

Los Manómetros controlan la presión del fluido de un circuito de la Máquina; por lo general, vienen marcados en colores de tal forma que, en orden creciente hay tres zonas: roja, amarilla o blanca y verde, porque en los circuitos cuya presión se está controlando, una situación anormal es

cuando la presión cae por debajo de un cierto valor; en otros casos, vienen grabados los valores en forma numérica, en cuyo caso, el fabricante indica en su Manual cuales son los valores que deben considerarse como normales. Los Manómetros que nos podemos encontrar en una Pala o en una Retroexcavadora son los siguientes:

⇒ **Aceite del Motor.** Controla la presión que alcanza el motor en los puntos más altos de sus componentes, concretamente en las culatas; la interpretación de los diferentes colores es:

- Color Rojo.- Insuficiente presión de aceite, por lo que la acción a tomar es parar inmediatamente la Máquina y el Motor, e investigar la causa de esta anomalía.
- Color Amarillo o Blanco.- Indica que la presión no es la normal; es una advertencia para comprobar si el motor está o no a pleno régimen. Si la aguja alcanza la zona Verde cuando se acelera el motor, la situación es normal ya que el valor de la presión correspondiente a la zona verde es con el motor funcionando a altas revoluciones, pero, si al acelerar continúa en la zona blanca, **se debe parar la Máquina y el Motor e investigar la causa por la que la presión de engrase no es la adecuada.**
- La zona Verde es la que indica que la presión es correcta; la aguja debe alcanzar esta zona con el motor acelerado. Si en estas condiciones la aguja se queda en zona Blanca o Amarilla, o si a relenti se queda en la zona Roja, está indicando el principio de una situación anormal, que debe ser investigado lo antes posible, porque, como ya dijimos, las averías por falta de engrase se producen en unos pocos segundos.



Cuando el Instrumento viene graduado en cifras, éstas se corresponden con el principio de cada zona: 2 kg/cm<sup>2</sup> entre la Roja y la Amarilla, 4 kg/cm<sup>2</sup> entre Amarilla y Verde y 6 kg/cm<sup>2</sup> para el final de esta zona. Estos valores son los más corrientes, pero pueden ser diferentes de uno a otro fabricante.

⇒ **Aceite (o aire) de Frenos.** Marca la presión existente en cada momento en el circuito de frenos de la Pala, ya que este Instrumento no existe en la Retroexcavadora de Cadenas; puede tener un aspecto con una zona Roja, de insuficiente presión en el sistema y otra Verde que indica que la presión es correcta. En la zona Roja, la presión es tan baja que no es posible soltar el freno de estacionamiento y el

Operador debe esperar a que alcance sus valores normales para quitar dicho freno. Si la Pala lleva acumulador de aceite, la zona Roja indica que la presión en el acumulador es insuficiente. Si, en el funcionamiento normal de la Pala desciende la presión del circuito de frenos, está avisando al Operador de una circunstancia: o para la Máquina, o se conectará el freno de Emergencia. Si la presión cae se debe parar la Pala, acelerar para ver si ha sido una situación circunstancial, con lo que la presión debe recuperarse de forma inmediata; en caso contrario, conviene apartarla de la zona de paso de otras Máquinas y pararla hasta su traslado al taller para su reparación. En ocasiones, en Máquinas que llevan acumulador de aceite, el Manómetro tiene una zona Verde entre dos Zonas Rojas; la primera obedece al criterio que acabamos de explicar, pero si la aguja alcanza la segunda zona Roja, quiere decir que la válvula de corte del acumulador no cierra, con lo que existe riesgo de avería, esta vez por exceso de presión. En estos casos, se debe seguir un método que permita vaciar el acumulador para ver si la válvula se suelta; para ello, se para el motor y se acciona repetidamente el pedal de freno hasta que salte el freno de estacionamiento; en este momento, se vuelve a arrancar el motor y se espera a que la aguja alcance la zona Verde sin llegar a la segunda zona Roja, en cuyo caso podemos seguir trabajando; si no es así, hay que parar la Pala y revisar, reparando en su caso, el circuito de frenos.

⇒ **Combustible.** Este Manómetro marca la presión del gas-oil en el circuito de baja presión, siendo su valor máximo de alrededor de 2 kg/cm<sup>2</sup>, a la salida del filtro primario; el Instrumento tiene dos zonas una Roja de presión insuficiente, y otra verde de presión normal. Muchos Operadores confunden este Manómetro con un Nivel porque cuando se quedan sin gas-oil, y se para el motor, la aguja marca la zona Roja. Esto no es así. Un manómetro, **mientras el filtro esté limpio seguirá en zona Verde mientras haya una gota de gas-oil en el depósito.** Por eso es un error pensar que el Instrumento les va a avisar cuando queda poco combustible. En la mayoría de las Máquinas modernas, este Manómetro ha desaparecido del salpicadero.

Para controlar el funcionamiento correcto del Sistema Eléctrico del Motor podemos encontrarnos con uno de los dos Instrumentos de Control siguientes:

### 1.2.3 AMPERÍMETRO

Mide la intensidad de la corriente eléctrica que entra o sale de la batería, indicando por lo tanto si el sistema de carga proporciona suficiente energía para reponer la que se consume mientras la Máquina trabaja. Por lo general, consta de dos zonas, una Roja y otra Verde.

- ⇒ Si la aguja marca *zona Roja*, quiere decir que de la batería está saliendo una intensidad de energía mayor que la que se repone por el equipo de carga.
- ⇒ Si la aguja señala la *zona Verde*, quiere decir que el equipo de carga está incorporando a la batería una cantidad de energía superior a la que consumimos.



Cuando **la aguja marca en Rojo**, hay que distinguir entre las **dos posibilidades** siguientes, según esté el motor parado o en marcha:

- A motor parado:
  - Sin accionar ningún mando: la batería se está descargando, normalmente por un mal contacto, la comunicación de alguno de sus vasos, etc.
  - Si se conectan los calentadores o se activa el motor de arranque, es normal. En estas circunstancias, el Amperímetro nos advierte que se está sacando carga de la batería. Una vez que el motor arranca y el alternador empieza a cargar, la aguja debe llegar al verde, indicando que el sistema de carga funciona.
- A motor en marcha: indica fallo en el sistema de carga; en máquinas antiguas, con poca o nada de electrónica, esta anomalía no significaba que haya que parar inmediatamente; el motor diesel no consume electricidad y, a menos que se estén utilizando las luces o el aire acondicionado, se puede seguir trabajando y terminar la jornada; este es el momento para corregir esta anomalía. Sin embargo en las Máquinas modernas en las que hay un Sistema Electrónico que requiere energía eléctrica para su buen funcionamiento, en caso de anomalía en el funcionamiento del Sistema de Carga hay que parar la Máquina y proceder a su reparación.

Cuando **la aguja marca en Verde**, también hay dos posibilidades, según esté el motor parado o en marcha:

- A motor parado, debe marcar “0” porque no hay carga ni descarga; si marca claramente en Verde, puede ser que el Amperímetro esté averiado.

- A motor en marcha:
  - Nada más arrancar debe llegar casi hasta el tope del Verde, para de forma paulatina, ir acercándose al cero.
  - Si pasados unos minutos la aguja está en Verde, a bastante distancia del Cero, quiere decir que el sistema carga en exceso. Muchos piensan que esto no es importante, pero no es así, porque la batería puede alcanzar tal cantidad de energía acumulada que el electrólito llegue a hervir, desprendiendo vapores que son:
    - Tóxicos y pueden ser causa de un desvanecimiento o mareo del Operador.
    - Inflamables, que pueden producir un incendio si salta alguna chispa accidentalmente.

## 1.2.4 VOLTÍMETRO

El Voltímetro, a diferencia del Amperímetro, mide de una forma continua el voltaje de la batería; los mensajes son parecidos a los que hemos visto en el Amperímetro. Como las baterías en las Máquinas son de 24 voltios, este es el punto que debe marcar a motor parado; los tipos de Voltímetro que existen en el mercado son numerosos y cada uno tiene un aspecto diferente. En el que incluimos en la figura, marca tres puntos con 21, 26 y 30 voltios, que deben ser los voltajes a motor parado en el momento del arranque, funcionando con normalidad y cargando inmediatamente después del arranque.



## 1.2.5 INDICADORES DE NIVEL

Hay fabricantes que desde sus primeros modelos de Máquinas, han incluido en los Salpicaderos Indicadores del Nivel de determinados fluidos, normalmente Aceite de Motor, Transmisión y Sistema Hidráulico, Agua del Sistema de Refrigeración y Combustible, sin que tengan que estar todos ellos en la misma Máquina; su razón de ser, sobre todo en lo que se refiere al Combustible, es que el Operador pueda observar mientras trabaja, la cantidad aproximada de gasoil que tiene en el depósito; con la excepción de éste, todos los restantes funcionan únicamente a motor parado. La razón era simple: liberar al Operador de la tarea de Comprobar los Niveles.



Al no ser un Sistema Electrónico, que tiene mayor fiabilidad, no se debe uno fiar de ellos, sobre todo porque un fallo en un Indicador puede dar lugar a una avería importante; además, de no estar muy pendiente en el momento del arranque, es imposible determinar desde cuando uno de ellos ha dejado de funcionar, si es que se produce esta circunstancia.

Por esta razón, es conveniente que se comprueben los niveles de aceite y agua, aún teniendo un Indicador en el Salpicadero; quizás el de combustible sea menos vital, porque, si no hay gas-oil la Máquina no arranca, y si se dispone de poco combustible, el Operador no debe arrancar el motor hasta que reposte; no interesa arrancar si en una o dos horas va a haber que parar para cargar de gas-oil.



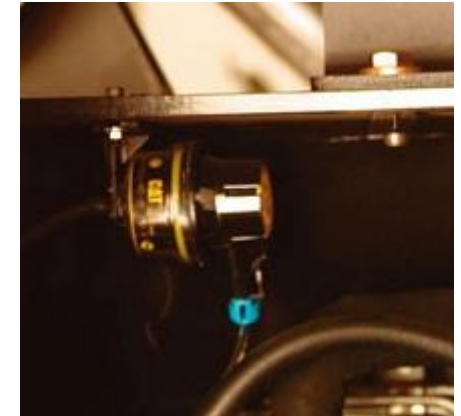
#### → INDICADORES

Los filtros son elementos cuyo estado, incluso con ellos en la mano, es difícil de comprobar; una vez que la Máquina está en funcionamiento se tiene la posibilidad de hacerlo utilizando un control de presión a la salida del filtro. Se basa en que un filtro obturado impide el paso normal del aceite por lo que, a su salida, la presión es menor de la debida; de esta forma, se tiene una idea de cuándo el filtro se está colmatando por la suciedad. Cuando la presión a la salida del filtro no alcanza un determinado valor, el indicador se activa y avisa al Operador que debe sustituir el elemento filtrante que se controla con dicho indicador.

Estos indicadores están en el salpicadero de la Máquina y son de muy diversa apariencia; los más antiguos son una bola que muestra el color verde mientras el filtro está operativo y gira a rojo cuando se va a obturar en breve tiempo. En los modelos más modernos, son circuitos eléctricos o electrónicos los que controlan la presión a la salida de los filtros, por lo que, cuando se activa el indicador, el Operador sabe que este filtro debe ser sustituido. El sistema tiene una limitación, para los filtros de aceite, que es su funcionamiento con aceite frío; es efecto, si el aceite está frío, su viscosidad es superior a la que tiene cuando alcanza la temperatura de funcionamiento, por lo que su paso por el filtro presenta una dificultad mayor, lo que hace que la presión a la salida sea inferior a la que tendrá cuando esté caliente; esto hace que el efecto sea el mismo que si el filtro estuviera sucio, por lo que el indicador se activa y puede inducir a error; por ello el Operador debe saber que estos avisos son válidos **únicamente con el aceite caliente**. Si, nada más arrancar el indicador se activa, hay que esperar unos minutos hasta que el aceite alcance su temperatura para que el mensaje del Indicador sea válido.

Por lo que se refiere al *filtro de aire*, el Indicador tradicional ha sido durante muchos años, un pistón que se mueve dentro de la carcasa de plástico transparente en el que está fabricado; en el caso de una buena aspiración, es decir, con el filtro en buenas condiciones, la succión es capaz de mantener el pistón en una posición en la que muestra una banda verde.

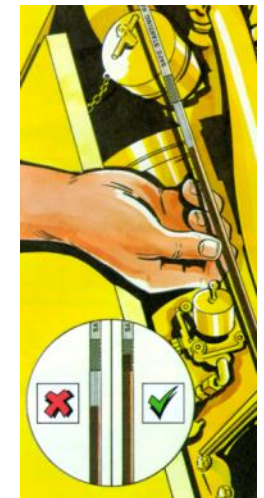
Si el filtro se ensucia, esta aspiración disminuye y un muelle dentro del Indicador empuja al pistón que comienza a enseñar una banda amarilla o roja, que queda trabada en rojo cuando ya es imprescindible dar servicio al filtro de aire. De hecho, como dijimos en el Capítulo 2, esta es la forma de controlar un mantenimiento rutinario del filtro de aire: esperar a que el Indicador quede trabado en rojo para limpiarlo. El problema de este Indicador es que, por el calor, la humedad, etc., la carcasa de plástico llegué a rajarse o salte alguna zona más o menos grande, dejando un agujero que es una vía libre para que el polvo llegue al interior del motor, puesto que este Indicador se monta a la salida de los filtros; por esta razón, si, a la hora de revisarlo, se observa que está roto, se debe sustituir inmediatamente, porque bastan unas pocas horas de funcionamiento del motor sin el filtro de aire para que se produzca una erosión en las cabezas de los pistones que consiga su destrucción.



### → VARILLAS

El último y más simple de los Instrumentos que tiene el Operador para verificar el estado de la Máquina son las Varillas medidoras de nivel, que le permiten cerciorarse de disponer de suficiente cantidad de aceite, agua o combustible para que su Máquina funcione correctamente. Para llevar a cabo la comprobación de nivel, basta con introducir la Varilla en su alojamiento, después de haberla limpiado con un trapo que no se deshilache, para ver en qué punto moja el fluido. Como es lógico, la Máquina debe estar en un terreno horizontal para que no se falsee el nivel que se comprueba.

Aunque la Comprobación de Niveles fue explicada en el Capítulo 2, puntualizaremos alguna cosa en las próximas líneas.



Por lo general, las Varillas suelen llevar dos marcas de mínimo y máximo que corresponden a las cantidades del depósito lleno y del punto en que es necesario añadir el fluido correspondiente. Por este sistema se comprueban en muchas Máquinas que aún trabajan hoy día, los niveles de:

- ⇒ **Aceite de Motor.** La comprobación puede hacerse de diversas formas: en frío o en caliente y a motor parado o en marcha, si bien la que se acerca más a las condiciones de trabajo es ésta última. No obstante, siempre se comprueba en frío y con el motor parado, al menos para estar seguros que hay aceite en el cárter del motor antes de proceder a su arranque. Las Varillas llevan dos marcas de mínimo y máximo como ya dijimos y, salvo instrucción expresa del fabricante, **el motor puede funcionar mientras el nivel esté entre ambas marcas.** Está muy extendida una idea que no tiene fundamento, y es que el nivel debe estar siempre en el máximo. Esto ha llevado a los Operadores a cometer errores al confundir o ignorar que los niveles de aceite son diferentes si se comprueban en frío y en caliente.
- ⇒ **Aceite de la Transmisión.** Podemos aplicar aquí lo dicho para el motor.
- ⇒ **Combustible.** En este caso, las Varillas suelen dar una información más exacta de la que se consigue por medio de otros sistemas; suelen ir divididas en porcentajes, los más perfectos en tramos de 10%, por la siguiente razón: aún con el motor trabajando a pleno régimen, cada 10% de la Varilla representa una hora de trabajo, con lo que, al iniciar la jornada, el Operador sabe con bastante aproximación, para cuanto tiempo tiene combustible, y puede parar la Máquina antes de agotar el depósito.
- ⇒ El **nivel de aceite del Sistema Hidráulico** suele ir indicado por unas marcas el que corresponde al aceite frío o caliente, y varía mucho según la posición en que se encuentre el equipo de trabajo, sobre todo en las Excavadoras Hidráulicas; por esta razón, es importante que, al estacionar la Máquina, el Equipo de Trabajo se sitúe en la posición adecuada para no falsear el nivel cuando se compruebe el siguiente día.



- ⇒ El **nivel de agua**, se mira directamente en el radiador o en el tanque de expansión, siempre se debe comprobar en frío y a motor parado; cualquier otra comprobación falsea el resultado ya que si se hace en caliente, el agua se ha dilatado por el calor, y si se hace con el motor en marcha, gran parte del agua está repartida en el interior del bloque, por lo que, si ahora se rellena, el sobrante saldrá al exterior cuando alcance su temperatura de funcionamiento.



En la actualidad, y buscando facilitar el trabajo al Operador, se incorporan en el salpicadero de la Máquina unos medidores que controlan los niveles de aceite, agua y gas-oil sin que el Operador tenga que revisarlos por los métodos tradicionales. Excepto el del Combustible, el resto solamente informan a motor parado, por lo que, si al iniciar la jornada el Operador no se asegura de su funcionamiento, pueden dar una información incorrecta. Por este motivo, al menos una vez por semana, se deben comprobar los niveles por el método tradicional de la Varilla o por medio del visor; si se sabe que la Máquina gasta aceite, esta comprobación debe ser más frecuente.

### 1.3 Indicador de Carga

Es un accesorio que se incorpora en las Máquinas cuando van a ser utilizadas para manipulación de cargas, ya sea en las Palas Cargadoras de Ruedas que se usan con diversos implementos o en Excavadoras Hidráulicas que se vayan a usar como grúas (elevación de cargas). Consiste en un sistema, casi siempre electrónico, que calcula la influencia de una carga en la estabilidad de la Máquina según sean sus diferentes posiciones, interviniendo en este cálculo tanto el peso de la carga como la distancia a que se encuentra del punto de basculación de la Pala o de la Retroexcavadora.

El sistema tiene muchas variaciones según lo que quieran controlar y el grado de exactitud en el control que quiera ofrecer cada fabricante; en el Salpicadero de la Máquina o en algún lugar de fácil visión para el Operador, se coloca una consola que incluye una serie de testigos que se van encendiendo, al tiempo que, cuando se está próximo al punto límite, suena un zumbador para que el Operador haga descender la carga apoyándola en el suelo, o bien, el propio Limitador detiene la elevación de forma automática. Casi siempre utiliza unos sensores que suelen estar localizados en alguno de los bulones del mecanismo de carga; estos son especiales y, por extensiometría, es decir por la variación de su longitud, el control electrónico determina el valor de la carga que se está manipulando. Otras veces es una señal de la presión del aceite en el circuito de elevación el que determina el peso de la carga que se está moviendo; es un sistema más simple pero menos exacto porque la presión del circuito no está influenciada por la posición de la carga.

#### → BÁSCULAS

Muchas Palas Cargadoras de Ruedas se utilizan en plantas de áridos, para expender el producto terminado; en estos casos, disponer de una báscula en la propia Pala es un sistema de ahorrar tiempo al conductor del camión que viene a recoger su carga.

El principio es el mismo, pero, en lugar de buscar el punto límite de carga que se puede manipular con la Máquina, aquí se pretende que al conductor se le pueda notificar la carga exacta que lleva en el interior de la caja.

Los bulones que unen los cilindros de elevación con los brazos, son del tipo que indicamos anteriormente, por lo que basta que el Operador mantenga el Cucharón con el material suspendido durante unos segundos para que el sistema determine la carga que va en su interior. El sistema acumula los cucharones sucesivos con los que se carga el camión, e imprime el total en un comprobante que da al conductor como justificante. El sistema acumula las cargas efectuadas a lo largo de la jornada, lo cual es un control exacto de las toneladas cargadas por la Pala, y por lo tanto, de la facturación del día. El Operador dispone en la cabina de una consola con pantalla, un dispositivo de puesta a cero y la correspondiente impresora incorporada en la consola.

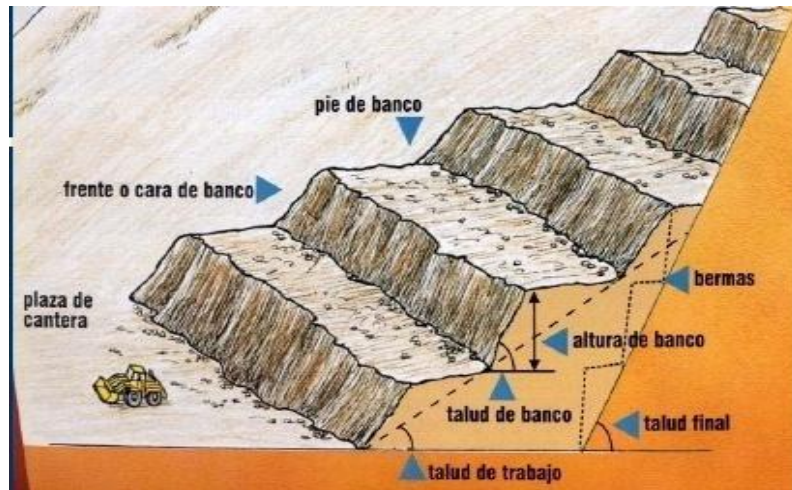


## 2. CONTROL Y VIGILANCIA DEL LUGAR DE TRABAJO SEGÚN PROCEDIMIENTOS INTERNOS

En una Explotación Minera a Cielo Abierto se produce un Movimiento de Tierras cuyo volumen se ve condicionado por la relación Estéril/Mineral y por la producción que se determine como necesaria para su viabilidad económica.

Este Movimiento de Tierras no se realiza en su totalidad en una Explotación Minera; queda reducido a las fases de:

- Arranque.
- Carga.
- Transporte.
- Descarga.



Para llevar a cabo estas operaciones, se necesitan determinadas zonas que forman parte del Lugar de Trabajo del Operador, que, como ya dijimos, no se circunscribe a la cabina de su Máquina sino que abarca las Zonas de Arranque y Carga, las Zonas de Descarga, las de Circulación por Viales, Pistas y Accesos, así como el acceso a talleres de forma eventual si hay que conducir la Máquina hasta ellos ya sea para realizar una Reparación, o para darle el Mantenimiento; la Legislación Minera regula estos pormenores para hacer compatibles dos tipos de factores: Económicos y de Seguridad.

Si bien estos detalles de diseño de la Explotación no son algo sobre lo que el Operador puede decidir, se harán algunas indicaciones para aclarar conceptos que pueden estar confusos. Para ello se comienza con el esquema de una

Explotación, para posteriormente ver en las páginas siguientes las consideraciones sobre Seguridad que deben de aplicarse a los diferentes Lugares de Trabajo.

## 2.1 Zonas de Arranque y Carga

El Arranque es la primera Operación de un Movimiento de Tierras, y se puede realizar de muy diversas formas, desde el Arranque Manual, hoy ya en desuso excepto en algunos casos excepcionales, que no son objeto de este Manual, hasta la Voladura, o el Corte por Hilo de Diamante en Explotaciones de Piedra Ornamental.



Si el material se puede arrancar por medios mecánicos, se plantea el uso del Tractor de Cadenas como Equipo de Arranque, bien sea por medio de la Hoja de Empuje o, lo que es más normal, por medio del Escarificador o Ripper, capaz de arrancar, en el caso de utilizar Tractores de más de 100 toneladas de masa, materiales con una dureza tal que su velocidad sísmica no supere los 4.000 m/seg.

En todo caso, el material que se ha arrancado, debe ser empujado para que forme el acopio adecuado para su carga posterior.



El material que ha sido previamente arrancado, sea por Voladura o por Tractor de Cadenas, debe ser cargado posteriormente sobre los Equipos de Transporte, en el mismo lugar en el que se ha producido el Arranque; por esta razón, los Lugares de Trabajo de ambas operaciones son los mismos, independientemente de si el Arranque es o no simultáneo con la carga.

Las características de los Lugares de Trabajo condicionan las de los Equipos que se utilicen para ellos, especialmente en lo que a la altura del acopio se refiere; en efecto, el espesor de la capa o de la masa de

material que hay que excavar, es una característica de la Explotación, y el tamaño de las Máquinas que se van a utilizar depende del rendimiento que se quiera obtener; ambas cosas deben armonizarse, sin olvidar en ningún momento la Seguridad.

Cuando el espesor de la capa o masa a excavar es superior al que puede dominarse con la Máquina que se vaya a utilizar, la Explotación hay que dividirla en partes en su perfil vertical, cada una de las cuales recibe el nombre de “banco”.

### → ALTURAS MÁXIMAS DE BANCO PERMITIDAS

Las alturas máximas permitidas varían en función de la forma de hacer el arranque, y son las siguientes:

#### ⇒ Arranque por Voladura

- 20 metros, que pueden llegar hasta los 30 metros en casos especiales, que deben ser aprobados por la Autoridad Minera. La pared resultante final no debe ser superior a los 40 metros, si el frente que queda es estable; a partir de este punto, se exige la incorporación de una berma, que es una superficie horizontal que debe dejarse entre dos bancos consecutivos.
- 12 metros para el Arranque en la Extracción de Bloques de Piedra Ornamental, con una pared resultante, siempre que el material sea estable, de hasta 36 metros, sin necesidad de la incorporación de bermas hasta este punto.
- 20 metros en Explotaciones de pizarra, con pared resultante de hasta 40 metros si el material es estable; a partir de este punto se hace necesaria la incorporación de bermas.

#### ⇒ Arranque por medio de maquinaria Móvil

- Si se va a utilizar Pala Cargadora o Excavadora Frontal, la altura del banco no debe superar en UN METRO la que alcance el Cucharón completamente elevado.



- Si se realiza con Retroexcavadora, la altura no debe superar la longitud del balancín.

Ambas condiciones nos aseguran que la Máquina con la que se va a trabajar domina el frente de carga.

Otra condición importante son los taludes que deben quedar cuando se realiza la excavación, que deben asegurar la estabilidad del material y que **en ningún caso superarán el talud vertical**, es decir que no está permitido excavar haciendo hueco en el material para provocar su derrumbe.



#### → FORMACIÓN DE BERMAS



Con relación a la formación de Bermas, su objetivo es servir de soporte en el caso de desplome del talud del banco que está por encima de ella; su anchura dependerá de resultado del estudio geotécnico que debe hacerse en toda Explotación Minera para determinar la estabilidad de los taludes resultantes. En ocasiones, estas bermas se convierten en pistas de acarreo ya sea de las Unidades de Transporte, o de vehículos de la Explotación; en estos casos deben cumplir las exigencias que se verá en las pistas en lo que a anchura se refiere.

#### → CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LAS ZONAS DE CARGA, O PLATAFORMAS DE TRABAJO

Las Zonas de Carga, o Plataformas de Trabajo son las superficies por las que han de transitar y maniobrar las unidades de Carga y las de Transporte; sus dimensiones, a la hora de diseñarlas, deben ser acordes con el tamaño de las unidades que se vayan a utilizar. Para ello, se deben estudiar las dimensiones tales como el radio de giro, longitud y anchura, de forma que las maniobras sean las imprescindibles.

Este punto hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar la carga porque se debe aprovechar toda la maniobrabilidad que dan la Pala y el Volquete, al tiempo que no se deben hacer maniobras mayores de **un largo y medio de la longitud total de la Pala**. Por otra parte, no debe ser necesario que el Volquete necesite aproximarse en exceso al Frente de Carga porque esto supone que en muchos casos tiene que pasar sobre piedras que pueden dañar sus neumáticos. En todo caso debemos recordar que:

- ⇒ La Plataforma debe tener anchura suficiente para que las Máquinas que trabajen en ella no necesiten que sus ruedas se aproximen a menos de CINCO METROS del borde superior del talud. En este aspecto hay que exceptuar el momento en el que la Plataforma se está empezando, en el que es imposible disponer de estas distancias, lo que exige que el Operador extreme su precaución para evitar situaciones de riesgo, al tiempo que debe estar protegida por vallas o quitamiedos de tierra.
- ⇒ La zona de influencia del Equipo de Arranque y Carga, sea Pala de Ruedas o Retroexcavadora, debe permanecer libre de personas en todo momento para evitar riesgos tales como Atrapamiento, Impacto, Atropello, incluso de Aplastamiento. De una manera especial hay que tomar esta precaución en lo que se refiere a la zona de la Articulación en las Palas Cargadoras de Ruedas, y de la zona barrida por el Contrapeso en el caso de las Excavadoras Hidráulicas, advirtiéndolo con placas fácilmente visibles por quienes tengan que transitar por esta zona.
- ⇒ En caso de condiciones difíciles para las Maniobras, sean por circunstancias climáticas o por estrechez de dimensiones en la Zona de Carga, se deben extremar las precauciones; para ello es necesario:
  - Señalizar los movimientos que se van a realizar, para lo cual se deben seguir los Sistemas de Avisos y Señales que se hayan establecido para la Explotación en concreto.
  - Se deben prevenir los riesgos más graves como puede ser el de Vuelco o Atropello tomando medidas tales como:



- Asegurar la Estabilidad de la Máquina, no permitiendo que se acerque al borde del talud; en caso necesario se debe inspeccionar el estado del terreno buscando grietas, señales de posibles derrumbes, rocas sueltas susceptibles de desprenderse al paso de la Máquina, estado del material en lo que a grado de humedad se refiere, etc.
- Si fuese necesario, por riesgos graves durante el desplazamiento o por falta de visibilidad, será necesario dirigir al Operador ya sea por medio de Comunicación por radio, telefonía móvil o, de una forma más sencilla, por señales gestuales que serán realizadas por personas experimentadas en ellas y que conozcan el trabajo que realiza la Máquina.

Una de las características de la Plataforma de Trabajo que más influye tanto en la Seguridad como en la Comodidad para los Operadores de las Máquinas, es el **estado de su superficie**, que debe ser:

- Lo más plana y regular posible.
- Sin la presencia de rocas o piedras que hayan caído durante la Carga.
- Sin hoyos o irregularidades que hagan incómoda la circulación por ella.
- Con ausencia de rocas sueltas en las proximidades al Frente, por donde tienen que pasar las ruedas delanteras de la Pala.
- Con el drenaje suficiente para evacuar el exceso de agua que pueda llegarle, sea por lluvia o por riego.



Es misión del Operador de la Cargadora el mantener la Zona de Carga en perfecto estado, eliminando los obstáculos que se puedan producir, rellenando posibles hoyos con material fino y dejando la superficie de rodadura plana y libre de materiales extraños.

### → SANEAMIENTO DE LOS FRENTES

Esta Operación tiene como objetivo eliminar las piedras o rocas que estén en lugares peligrosos para el trabajo que va a realizarse en la zona y que supongan un riesgo de impacto contra los Equipos de Arranque y Carga, así como los restantes que puedan circular por esta zona.

Esta Operación suele hacerse tanto con la Pala de Ruedas como con la Retroexcavadora, si bien ambas tienen unas limitaciones que conviene no ignorar.



Si se hace con Retroexcavadora, ésta tiene que trabajar cargando o retirando material por encima de su base de apoyo, trabajo para el que, en principio, no ha sido diseñada y por el que aparece el riesgo de impacto de material sobre la cabina del Operador.

El alcance máximo en vertical de ésta Máquina se consigue con el balancín y el cucharón totalmente extendidos y la pluma en su posición más elevada, lo cual hace que las cadenas estén prácticamente junto a la base del talud, posición en la que se incrementa el riesgo de impacto. Para que el trabajo se realice con la máxima seguridad, conviene cumplir las siguientes condiciones:

- ⇒ Que el cucharón se sitúe, como máximo al 75% de su altura máxima, que viene definida por el fabricante en sus hojas de especificaciones.
- ⇒ Como orientación, esta posición se alcanza cuando el balancín está en posición horizontal.
- ⇒ En todo caso, se debe proteger al Operador por medio de una estructura FOPS.

La Pala de Ruedas es menos adecuada que la Retroexcavadora, no por la facilidad de llevarlo a cabo, que



es mayor que con la Retroexcavadora, sino porque la altura que puede dominar es considerablemente más pequeña. Para evitar posibles impactos en la cabina se debe:

- ⇒ Elevar al Cucharón al máximo para retirar las rocas más alejadas.
- ⇒ Accionar la recogida cuidando evitar que la carga caiga por la parte trasera del Cucharón.
- ⇒ Iniciar el retroceso sin bajar el Cucharón para disponer de defensa en caso de caída de rocas.

El **Saneo de un frente** se debe hacer:

- ⇒ Después de lluvias, heladas o nevadas intensas.
- ⇒ Si se ha producido un desprendimiento de material.
- ⇒ Después de cada voladura.
- ⇒ Después de una parada superior a una semana.

## 2.2 Lugares de Trabajo de Transporte

Aunque este Manual se refiere a la Operación de Carga, sea o no simultánea con el Arranque, dado que la Pala de Ruedas es una Máquina con la que se puede hacer el trabajo de Carga y Transporte, y la Retroexcavadora puede desplazarse por la Explotación aún en condiciones de baja tracción, se va a estudiar las condiciones de estos Lugares de Trabajo, que pueden ser:

- ⇒ Accesos a las Zonas de Carga.
- ⇒ Pistas de Acarreo.



Los Accesos a las Zonas de Carga son los puntos por los que van a circular los vehículos de Servicio de la Explotación, incluidos los de personal.

Deberán tener por lo menos la anchura del mayor vehículo que vaya a transitar por ellos.

Las Pistas de Acarreo son los caminos por los que van a transitar de forma habitual los Equipos de Transporte, y que pueden ser utilizadas por otros vehículos de Servicio de la Explotación. Sus características más importantes son tres: el material sobre el que está hecha la Superficie de Rodadura, la anchura y la pendiente.

#### → SUPERFICIE DE RODADURA

La Superficie de Rodadura es, quizás, la característica más importante de las Pistas, porque sobre ella se van a desplazar a velocidades considerables tanto las Palas Cargadoras como los Volquetes; lo que más interesa al Operador es la tracción de la que va a disponer, fruto del agarre entre el neumático y el suelo, porque es lo que le va a permitir una circulación segura, con ausencia de deslizamientos.

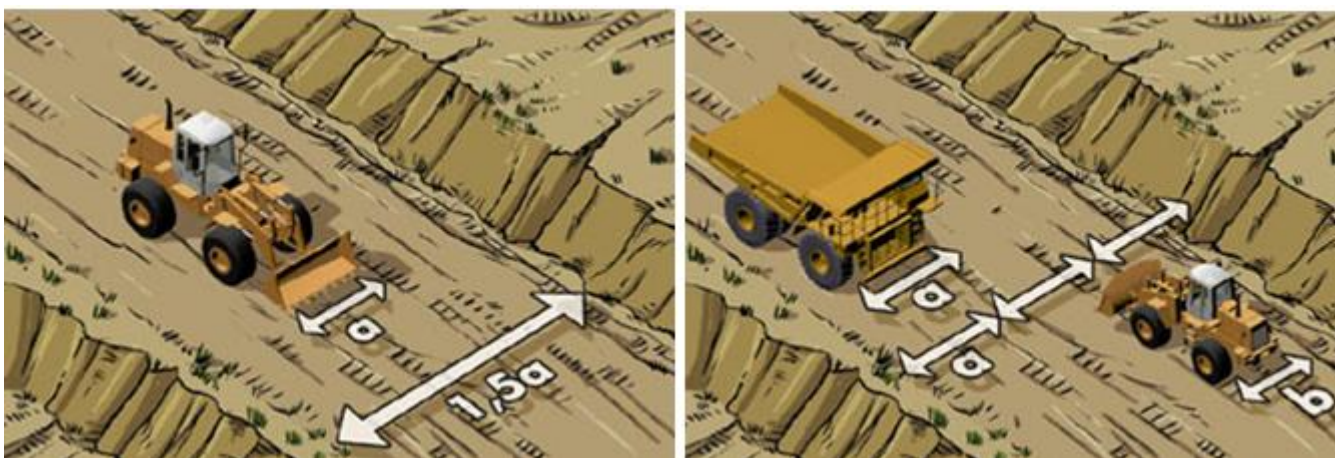
**Es tan importante el estado de la Superficie de la Pista que, de acuerdo con él, así deberán ser conducidas las Máquinas.** La Pala de Ruedas apenas alcanzará los 20-25 km/h al circular por ellas, pero la presencia de barro puede hacer difícil su manejo.

#### → ANCHURA

La Anchura permitirá circular por ella a más de una Máquina en el mismo sentido de marcha; dada la variedad de Equipos que se mueven en una Explotación, la anchura de las pistas es muy variable; en ella influye también el uso que va a dársele, si va a ser una pista definitiva por la que se va a circular mucho tiempo, o por el contrario es una pista transitoria que va a deshacerse pasadas unas pocas horas. Una pista debe contener los siguientes elementos:



- ⇒ *Cuneta*, que permita la evacuación del agua de escorrentía o la de exceso de riego. Suele ser de sección en V, y su anchura y profundidad depende de la pluviometría de la zona y del material sobre el que se asienta.
- ⇒ *Arcén*, que es la distancia desde el borde del talud al extremo de la Superficie de Rodadura, que debe ser por lo menos de DOS METROS de anchura; esta dimensión deberá llegar a CINCO METROS si el talud no tiene la suficiente estabilidad y presenta riesgo de caída de material. En el caso de pistas con cuneta, la anchura se mide desde el punto en que ésta termina.
- ⇒ *Arcén Peatonal*. Aunque siempre que se pueda se debe evitar que los peatones circulen por las Pistas de Acarreo, en caso que sea necesaria esta circunstancia, la pista debe llevar un arcén de Seguridad, de, al menos, DOS METROS de anchura.
- ⇒ *Zona de Rodadura*, que es por donde circulan los vehículos de transporte, y que debe tener una anchura de:



- VEZ Y MEDIA la anchura de la Máquina más ancha que vaya a circular por ella, en pistas con un solo sentido de marcha. En el caso en que el tráfico de vehículos vaya a ser intenso, esta anchura se elevará al DOBLE de la del mayor de ellos.
- TRES VECES el ancho de la mayor Máquina en el caso de pistas de doble sentido de circulación.

## → PUNTOS ESPECIALES

- ⇒ *Apartaderos.* Hay ocasiones en la que las pistas no pueden tener la anchura suficiente para permitir el cruce con holgura de dos Máquinas; en estos casos es necesario prever puntos en los que una de ellas pueda apartarse para que pase la otra.



Los Apartaderos deben ser de una anchura suficiente para que la Máquina que se detiene no sobresalga, y una longitud de DOS LARGOS de Máquina par que el posicionamiento de la Máquina que espera sea fácil y cómoda su salida.

- ⇒ *Cruces.* Los puntos en los que se vayan a cruzar dos pistas deben ser suficientemente amplios para que las Máquinas se crucen holgadamente; si esto no es posible, se deben tener apartaderos que cumplan las condiciones que acabamos de explicar. En todo caso, el Operador que conduce una Máquina debe tomar precauciones especiales al acercarse a estos puntos, tales como disminuir la velocidad y hacer sonar la bocina para avisar de su presencia a otras Máquinas.
- ⇒ *Curvas.* Deben tener suficiente anchura para que las Máquinas puedan tomarlas sin hacer maniobras; en el caso de falta de visibilidad, es necesario que haya apartaderos.

En estos Puntos Especiales, conviene establecer unas Normas de Tráfico que unifiquen los criterios; lo más normal es que el vehículo vacío ceda el paso al cargado y el que baja lo haga con el que sube, pero las circunstancias pueden no estar tan claras, si por ejemplo, se baja con carga y se sube en vacío; en estas ocasiones, es más difícil de controlar la bajada de una Máquina cargada que hacerlo de una que sube, y va vacía. Por esta razón estas Normas deben recogerse en una Disposición Interna de Seguridad que sea conocida por todos y de obligado cumplimiento.

Igualmente sucede en pistas por las que hay dos carriles con los Puntos de Adelantamiento y con el sentido de circulación. En caso de adelantamiento, éste sólo debe hacerse con Seguridad, para lo cual se debe:

- Avisar al vehículo más lento nuestra intención de adelantar.
- Hacerlo en puntos de alta visibilidad.
- Sería preferible que el aviso fuera a través de la emisora y esperar la conformidad del conductor del vehículo adelantado para realizar esta maniobra. *No es una buena política fiarse de los mensajes a través de los intermitentes*, porque pueden haber sido accionados accidentalmente, o el Operador los ha conectado para indicar otra circunstancia.

Por lo que se refiere al sentido de marcha, aunque lo habitual es circular por el lado derecho, existe la opción de hacerlo por la izquierda porque, sobre todo para los Volquetes, presenta una ventaja en caso de choque frontal y es que las cabinas de los Operadores están en el costado opuesto al que normalmente impacta, lo que supone una protección para los Operadores. No obstante, **todos deben seguir las Normas establecidas en la DIS de Seguridad que exista en la Explotación.**

#### → PENDIENTE DE PISTAS

La Pendiente de las Pistas se diseña para lograr que el recorrido sea lo más corto posible pero que las Máquinas puedan manejarse con Seguridad; una pendiente adversa fuerte produce que la Máquina que circula por ella tenga que vencer una resistencia adicional tanto mayor cuanto más fuerte sea la inclinación de la pista. Por otra parte, manejar una Máquina bajando una pendiente, sobre todo con carga, exige una forma muy concreta de manejarla, que debe ser la que indica el fabricante en sus manuales.

De todas formas, sus valores máximos se hallan limitados por el Reglamento de Seguridad Minera a los siguientes valores:



- Un 10% de pendiente media.
- Un 15% en puntos concretos del trazado.
- Un 20% como máximo en los accesos.

La **pendiente transversal o peralte**, debe ser lo suficiente para eliminar el agua de la lluvia, y, en una curva, estará dirigida hacia el centro de su arco, nunca hacia el exterior de la curva



## → NORMAS DE SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN

Cuando los Equipos de Arranque y Carga se desplacen por las pistas o por los accesos sus Operadores deben recordar que:

⇒ Como cualquier vehículo que circula por la Explotación, están sometidos a las Regulaciones del Tráfico que se recogen en la DIS correspondiente, por lo que están obligados a:

- Respetar los límites de velocidad establecidos para todo vehículo que transite por las pistas.
- Cumplir las Normas establecidas en todo lo que se refiere a preferencia de paso, sentido de circulación, etc.



⇒ Se debe permanecer alejado de los bordes de las pistas, sobre todo los que están junto al talud exterior, para evitar que un desplome inesperado de material o el pisar por una zona que ceda bajo la carga provoque en la Máquina un movimiento lateral que es la causa de la mayoría de estos accidentes.

⇒ Si se circula con una Pala de Ruedas, se debe conducir de acuerdo con las instrucciones del fabricante; en todo caso es necesario:

- No bajar una pendiente en punto muerto.
- No confiar en la retención del motor.
- Circular con el cucharón lo más bajo posible.
- Utilizar el Sistema de Frenado correcto, sin usar, sobre todo en las bajadas, el frenado que neutraliza la transmisión.



## → MANTENIMIENTO DE PISTAS

En las pistas es fundamental la conservación, que consiga mantener limpia y plana la superficie de rodadura, con ausencia de polvo que dificulte la visibilidad, evitando la presencia de baches, blandones, charcos, etc., y en general de todo aquello que haga la circulación incómoda o peligrosa.

Dos son las Máquinas utilizadas en la conservación: la Motoniveladora y el Vagón Regador.

- ⇒ La Motoniveladora va quitando el material y depositándolo en cordones que va trasladando de un lado a otro de la pista, lo que supone un obstáculo momentáneo para quien circula por ella.

Estos cordones pueden ser de unos cuantos centímetros de altura, pero no suelen ser un problema para la Máquina; solamente recordar que se deben atravesar en dirección sesgada y bajando la velocidad porque en su interior puede haber alguna piedra que dañe el neumático. En esta operación, la Motoniveladora debe tener prioridad.

- ⇒ El vagón Regador deposita el agua en cantidad necesaria para que no haya polvo, pero sin encharcar la pista que es la misión que se le encomienda: eliminar el polvo que produce una superficie de rodadura demasiado seca.

En algunas ocasiones, para regar las pistas, se utiliza un camión convencional, sobre cuyo



bastidor se ha puesto una cuba; en otras, se adaptan para el riego, tanto Volquetes Rígidos como Articulados; en estos casos, la cuba se coloca sobre la propia caja, o bien, directamente sobre el bastidor.

En todo caso, cualquiera de ellos debe ser capaz de pulverizar el agua para evitar que la caída de ésta a chorros, pueda llegar a encharcar la pista. Cuando el Volquete vaya a pasar cerca de la zona de la pista que ya está regada, o pisando por encima de ella, **siempre es un motivo de precaución que debe avisar al Operador de la posible pérdida de adherencia con el suelo.**



## 2.3 Lugares de Trabajo de Descarga

La descarga del material transportado sea por una Pala o por un Volquete se puede hacer en dos puntos diferentes: en la escombrera, si es material estéril o en una tolva si es mineral, o materia prima. En cualquier caso, la zona debe ser:

- ⇒ Amplia de forma que permita una maniobra cómoda.
- ⇒ Con buena visibilidad de forma que el Operador domine y pueda ver la zona en la que va a descargar y el punto en el que debe detener su maniobra de aproximación.
- ⇒ Preferiblemente, horizontal en el caso de las tolvas y con una ligera inclinación en contra para el caso de las escombreras.
- ⇒ Libre de obstáculos que dificulten la maniobra de la Máquina, y de personas que pueden estar en situación de riesgo.

En lo que se refiere a *Vertido en Escombreras*, este trabajo es algo que se produce en contadas ocasiones porque si se usa una Pala de Ruedas en Carga y Transporte, es para la alimentación de tolvas en la inmensa mayoría de los casos. Lo que sí se suele producir con cierta frecuencia es que la Pala haga el Trabajo de Limpieza de la Escombrera eliminando los montones que dejan los Volquetes al efectuar la descarga.



Este trabajo es para ser realizado por un Tractor, sea de ruedas o de cadenas, pero en las Explotaciones en las que no se dispone de él, suele hacerse con la Pala de Ruedas; para hacerlo con el mínimo riesgo posible y para cuidando de su conservación, es conveniente seguir los siguientes consejos:

- ⇒ Realizar el empuje de los montones situando la Pala en dirección perpendicular al borde del talud; aunque por un descuido o por un fallo del terreno la Pala perdiera su posición horizontal, lo haría de frente con un riesgo de vuelco mínimo.
- ⇒ Si los montones son muy grandes, conviene hacer que la Pala trabaje como tal, en lugar de hacerlo como un tractor, es decir, se debe:
  - Llenar el Cucharón.
  - Avanzar hacia el frente
  - Descargar fuera de la escombrera.

De esta forma, el convertidor no sufre un trabajo excesivo y no se calienta; es la elevación excesiva de su temperatura la que ayuda al Operador a determinar cuándo debe utilizar una u otra técnica.

- ⇒ Siempre que sea posible, se debe evitar que la Pala se mueva paralelamente al borde del vacie, eliminando así el riesgo de vuelco lateral. Solamente en el caso de bordes de escombreras muy estables se puede admitir esta maniobra, que es particularmente peligrosa si se hace después de un periodo de lluvias intensas que puede haber causado la disminución de la resistencia de su borde.

Para el trabajo de *Alimentación de Tolvas*, la situación ideal para la Pala es que esté situada en un terreno horizontal y con una zona de descarga amplia, pero esto no siempre es posible; hay muchas ocasiones en las que es necesario que la Pala suba por una rampa hasta alcanzar el punto de descarga.



Como puntos básicos para llevar a cabo este trabajo con la máxima Seguridad recordamos que se debe:

- ⇒ Ajustar el automático de elevación a la altura necesaria para que la descarga pueda hacerse lo más próximo posible a la boca de la tolva.
- ⇒ Si la rampa deja algún hueco entre su final y la tolva, se debe cuidar que las ruedas delanteras no alcancen este punto de riesgo.
- ⇒ Tanto la subida hasta la tolva como la bajada desde ella deben hacerse con los bastidores alineados; si la anchura de la rampa lo permite, se puede pensar la posibilidad de bajar marcha adelante; recordamos que esta maniobra lleva consigo en cambiar de dirección en la rampa, y que el riesgo de vuelco lateral es importante si se lleva a cabo.



## 2.4 Otros Lugares de Trabajo

Estos otros lugares de trabajo son: la Zona de Estacionamiento de las Máquinas y los Talleres y Almacenes. Ambas están reguladas por DIS.

### → ZONA DE ESTACIONAMIENTO

La *Zona de Estacionamiento* debe ser lo suficientemente amplia como para que todas las Máquinas de la Explotación puedan situarse ordenadamente, y a una distancia suficiente una de otra, de forma que permita el desplazamiento de las personas entre ellas sin dificultad. Al circular por la Zona de Estacionamiento, se debe estar pendiente de la posible presencia de otros Operadores que estarán en riesgo de atropello.

Debe estar libre de obstáculos tales como bidones, cajas de filtros y otros residuos que proceden de la realización del mantenimiento. Para evitar posibles golpes con las partes salientes de las Máquinas, es recomendable que no haya ninguna zona del Equipo que sobresalga de su perímetro así como dejarlo apoyado en el suelo y con los dientes o con la cuchilla perfectamente planos en su parte inferior.

En el caso de aparcar fuera de la zona habilitada para ello, se debe buscar un lugar en el que no se entorpezca el paso de otras Máquinas, y, especialmente en el caso en que sea por avería, se debe señalizar la zona de forma acorde con el Protocolo que indique la DIS; el resto de las condiciones son las mismas que cuando se estaciona en la zona prevista, y que se han repetido en otras partes de este manual. La Máquina debe quedar inmovilizada y sin posibilidad de movimientos imprevistos, con las puertas y ventanas cerradas para evitar la entrada de polvo.



### → TALLERES Y ALMACENES

Por lo que respecta a *Talleres y Almacenes* son lugares en los que, por la variedad de materiales que se usan en el Mantenimiento de las Máquinas suelen estar desordenados y sucios, todo lo cual favorece los golpes y los posibles deslizamientos por acumulación de grasa, barro o derrames de

combustible. Unas zonas de trabajo seguras son el fruto del orden y de la limpieza; conviene eliminar todo aquello que es inservible o ya ha sido usado aunque no haya llegado al final de su vida útil; si ha sido sustituido por un juego nuevo, como es el caso de dientes o cuchillas no tiene objeto guardarlo para un “por si acaso”.

Las Herramientas se deben guardar limpias y en orden dentro de sus cajas o en el pañol para evitar resbalones o golpes; deben ser de las medidas adecuadas, sean métricas o en sistema sajón (pulgadas). Igualmente los repuestos que se encuentren en el almacén debe colocarse en estanterías, favoreciendo el almacenamiento vertical que ocupa menos sitio pero hay que procurar que su posición sea lo suficientemente estable como para evitar caídas inesperadas. Los bidones de aceite y otros consumibles deben situarse en lugares en los que no estorben el movimiento por los pasillos del almacén, que, cada cierto tiempo, debe vaciarse y limpiar de nuevo.



## 2.5 Reparaciones, Revisiones y Mantenimiento

Son tres conceptos que, juntos, integran lo que se conoce como Conservación de la Maquinaria Móvil y que, tarde o temprano, afectan a todas las unidades que trabajan en las Explotaciones Mineras. Toda Operación que se lleve a cabo, deberá quedar registrada en un Registro Individual por cada Máquina de la Explotación, en el que se reflejen los nombres de las personas que la han realizado, una descripción del trabajo que se ha hecho, así como una relación de los repuestos y consumibles que se hayan utilizado. Todo este conjunto de Conservación, debe estar regulado por una Disposición Interna de Seguridad, que, en todo caso, estará de acuerdo con las Instrucciones que el fabricante indique en el Manual de Mantenimiento.

Las **REPARACIONES** son necesarias para solucionar las Averías que se producen en las Máquinas por el motivo que sea; deben ser realizadas por personas competentes y formadas en el modelo específico que se haya averiado, porque a las dificultades técnicas propias de la Reparación en sí, se unen los riesgos que se derivan de manipular sus componentes que, en ocasiones, requieren unos conocimientos que solamente se recogen en su Manual de Servicio. Si no se dispone de personal convenientemente adiestrado para este trabajo, se debe acudir al Servicio Técnico del Distribuidor de la Marca o a talleres especializados.

Aunque el lugar más adecuado para llevar a cabo una Reparación es el taller, hay ocasiones en las que el tamaño de la Máquina o el tipo de avería, lleva consigo la necesidad de hacer la Reparación en el mismo lugar en que se produjo; esto se debe evitar en lo posible por los riesgos que lleva consigo para todas las personas que se mueven por los alrededores de ella.

Si la Máquina ha sido llevada al taller, bien sea por sus propios medios o remolcada, es posible que se haya tenido que manipular alguno de los componentes del Sistema de Frenos o de la Dirección; en este caso, debe estar bloqueada por calzos mientras dure la Reparación; se evitan así posibles movimientos inesperados que suponen un riesgo grave de atropello para quienes trabajan en sus proximidades.



Un proceso seguro para efectuar una Reparación debe contemplar los siguientes aspectos:

- ⇒ Aislar la Máquina mediante vallas y señalizar la zona a la que no debe acceder el personal no autorizado.
- ⇒ Antes de iniciar la Reparación:
  - Conectar todos los Bloqueos de Seguridad de que disponga la Máquina.
  - Desconectar la batería y retirar las llaves de puesta en marcha, que deben estar guardadas en la oficina hasta que sea necesaria la puesta en marcha del motor para realizar alguna comprobación o la prueba final después de la Reparación. De esta forma se elimina el riesgo de descarga eléctrica; este riesgo, en la Máquinas con Sistemas Electrónicos, puede agravarse hasta llegar hasta la electrocución.
  - Colocar avisos que adviertan que la Máquina está siendo reparada, que deben permanecer en un lugar bien visible desde el asiento del Operador, mientras que la Reparación no se haya terminado.
- ⇒ Las piezas desmontadas deben estar recogidas en cajas una vez limpias de barro, grasa o combustible; para esta limpieza no deben utilizarse líquidos inflamables. Aún sabiendo su peligrosidad, sigue existiendo la costumbre en muchas personas de utilizar disolventes que



son sustancias inflamables, tales como gasolina, alcohol, bencina, etc. Esta forma de limpiar los componentes de las Máquinas está totalmente prohibida por el riesgo de incendio que acarrea.

- ⇒ Se deben utilizar herramientas de las medidas en las que se haya fabricado la Máquina (métricas o sajonas), que deben estar limpias, sin rebabas ni desperfectos.
- ⇒ Los lubricantes retirados o sus pérdidas deben recogerse en recipientes adecuados, nunca de vidrio.
- ⇒ Una vez terminada la Reparación:
  - Quitar todos los bloqueos que se hayan conectado.
  - Limpiar los accesos a la cabina de todo resto de barro, grasa, combustible, etc.
  - Retirar todas las herramientas que se hayan usado en la Reparación.
  - Para las comprobaciones, la persona que maneje la Máquina debe estar:
    - Dentro de la Cabina con puertas y ventanas cerradas.
    - Sentado en el asiento del Operador.
    - Haciendo los movimientos con sumo cuidado; no debe haber ninguna persona en las cercanías de la Máquina; si es imprescindible la presencia de alguien, debe ser un mecánico conocedor de los riesgos a los que está expuesto.
- ⇒ La Reparación no está terminada hasta que todas las defensas y protecciones de sus componentes no hayan sido puestas tal y como estaban antes de la Reparación.
- ⇒ En todo caso, las personas que intervengan en la Reparación deben utilizar los Equipos de Protección Individual adecuados, que suelen ser:
  - Casco.

- Gafas de Seguridad.
- Calzado de Seguridad.
- chaleco reflectante.
- Guantes.
- Etc.

En el caso en que haya que efectuar la Reparación a pié de tajo, se deben seguir unas normas que protejan a quienes puedan estar en riesgo, extremando las medidas para evitar la contaminación tanto del terreno como del componente reparado, y previendo la posible necesidad de algún elemento de elevación que permita poner en su lugar las piezas, aceites, etc., con total seguridad.

Si es necesario que la Máquina deba estar elevada para su Reparación, se utilizarán los elementos de apoyo adecuados, tales como “borriquetas”, de suficiente resistencia para aguantar el peso de la Máquina, y en un suelo con suficiente resistencia.

Siempre que se trate de **TRABAJOS CON NEUMÁTICOS** acarrearán más riesgos de los normales; es necesario tomar estas precauciones:

- ⇒ La Manipulación de un Neumático debe hacerse por medio de maquinaria adecuada, ya sea el puente grúa, una carretilla elevadora, etc. El procedimiento suele estar descrito tanto en el Manual de Mantenimiento de la Máquina como en la DIS, y debe seguirse puntualmente. Las personas que intervengan en su Manipulación deben estar siempre protegidas
- ⇒ Para añadir presión a un Neumático debe usarse una extensión de manguera que permita al Operario situarse en posición segura, que es:
  - De pié.
  - Paralelamente al Neumático.
  - Nunca frente a él.



- ⇒ Si cuando se comprueba la presión de hinchado se ve que es excesiva, no se debe quitar este exceso de forma inmediata, porque puede ser debido a que el neumático esté todavía caliente aunque su superficie esté a temperatura normal. Lo que procede es esperar el tiempo suficiente para que se enfríe y comprobar luego la presión.

El exceso de presión puede ser consecuencia de someter al Neumático a una carga excesiva o a una velocidad superior a aquella para la que fue diseñado; si es así, se deberán evitar estos excesos.

En la **OPERACIÓN DE REPOSTADO** no debería, en principio, presentarse ninguna dificultad; sin embargo, se debe cuidar que:

- ⇒ Al llevarla a cabo, deben desconectarse las llaves de contacto y de la batería.
- ⇒ Hay que evitar los derrames de gas-oil sobre todo en las proximidades de las zonas calientes de la Máquina; si se producen, deben limpiarse de forma inmediata.
- ⇒ No está permitido fumar en las proximidades de la zona de repostado; de hecho está prohibida la presencia de cualquier tipo de llama a una distancia inferior a 15 m de distancia de la zona de aprovisionamiento de combustible. Esta prohibición debe ponerse de manifiesto por medio de carteles que lo avisen de manera clara e inequívoca.



Las **REVISIONES** son necesarias, como ya hemos dicho en este Manual, para establecer que la Máquina está en condiciones de trabajar; antes de iniciar cada jornada, es obligación del Operador llevarlas a cabo de una forma sistemática, buscando posibles daños que puedan subsanarse antes de iniciar el trabajo diario. Estas revisiones no deben confundirse con otras, más profundas que realizan los mecánicos para y que, a veces, son la consecuencia de alguna información suministrada por el Operador ante una anomalía detectada en el trabajo.

Para llevarlas a cabo, puede ser necesaria la presencia del Operador, que, en coordinación con el Mecánico, maneja la Máquina siguiendo las instrucciones de éste. Como en todos los casos en los que intervienen dos personas simultáneamente, la comunicación entre ellas debe ser clara, y los movimientos de la Máquina lo más lentos posible para evitar posibles impactos.

Entre las operaciones que se incluyen en estas Revisiones podemos destacar las siguientes:

- ⇒ **Revisión de la Tensión de la Cadena.** Si, una vez comprobada según las Instrucciones del fabricante, hay que variarla, se debe hacer con mucho cuidado, sobre todo al destensar, porque la salida de la grasa puede ser violenta al abrir la válvula de drenaje.
- ⇒ **Revisión de los Acumuladores.** Ya sea un acumulador de aceite para el Sistema de Frenos o un cilindro de suspensión del tipo nitrógeno/aceite, la precarga interior del gas puede dar lugar a un accidente si en su revisión no se siguen estrictamente los pasos indicados por el fabricante.
- ⇒ **Revisión de los Cilindros Hidráulicos y sus Mangueras.** No deben realizarse sin el bloqueo previo de los componentes del Equipo de Trabajo; cualquier desmontaje o manipulación en una Manguera o en un Cilindro Hidráulico puede dar lugar a la caída del equipo.

Por lo que se refiere al **MANTENIMIENTO**, cada fabricante diseña para cada uno de sus modelos un Cuadro en el que se recogen los Intervalos recomendados para mantener los Componentes de las Máquinas y sus Sistemas de Accionamiento, con el fin de lograr que su funcionamiento sea al adecuado para conseguir los rendimientos para los que han sido diseñadas y que sus Sistemas y Dispositivos de Seguridad continúen cumpliendo los fines para los que se incluyeron en ellas, durante un buen número de horas.

Cada Explotación decide en qué medida va a seguir las Instrucciones del fabricante, porque, a veces, los intervalos de Mantenimiento de cada punto no son los adecuados para dicha Explotación. Todo aquello que afecte a la Seguridad de manera directa, deberá estar regulado por una DIS, que todos deben conocer y cumplir.

Como ya hemos dicho anteriormente, un buen número de incidentes, que a veces terminan con una lesión más o menos grave del operario, se deben a resbalones y caídas a distinto nivel, provocados por el deslizamiento de la persona que realiza el Mantenimiento al acceder a la Máquina o a sus Centros de Mantenimiento. En muchos modelos antiguos, se tiende a subirse por cualquier punto de la Máquina, neumáticos, cadenas, etc., y a estacionarse en este punto para hacer el trabajo. Es cierto que en estos modelos no hay un lugar específico para estos trabajos, pero si no existen, se debe disponer de andamios o plataformas que sean suficientemente seguras. En todo caso, la limpieza siempre ayuda a evitar riesgos, por lo que todo trabajo de Mantenimiento debería comenzar por un lavado energético de la Máquina.



---

Con excepción de las Excavadoras Hidráulicas y de las Máquinas de gran tamaño que deben desplazarse sobre cadenas, el resto de las unidades deben ser mantenidas en el Taller de Mantenimiento, en donde las condiciones de temperatura, visibilidad, etc., son notablemente mejores y, además, no interfieren con el trabajo de otras unidades

## CAPÍTULO 5

### INTERFERENCIAS CON OTRAS ACTIVIDADES

Como ampliación de lo estudiado en el capítulo 2, en el que se estudiaron las normas que se deben seguir a la hora de realizar los trabajos con la maquinaria móvil, ya sean ejecutados de forma independiente o conjunta, en el presente capítulo se estudiará una serie de Normas que conforman un protocolo de Seguridad y que son aplicables en la mayoría de las operaciones realizadas con la maquinaria móvil, con el fin de asegurar las máximas condiciones de seguridad de desarrollo de de las labores, disminuyendo sus interferencias entre ellas.

Las normas que se deben seguir, de acuerdo con las Instrucciones establecidas por la Dirección de la Empresa, constituyen los protocolos que son de obligado cumplimiento para todos los trabajadores.

## I. PROTOCOLOS/ PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS CUANDO SE EJECUTEN TRABAJOS DE FORMA SIMULTÁNEA



Cuando se utiliza Maquinaria Móvil en una Explotación Minera, es raro que las Máquinas trabajen de forma independiente una de otra. Aún en el caso de usar Tractores o Excavadoras Hidráulicas, que son tipos de Máquinas que no necesitan de otras Máquinas para realizar su trabajo, siempre existe la posibilidad de la presencia de una Pala Cargadora, un Volquete, etc., en un banco diferente. Además la Operación de Carga necesita, en la mayoría de los casos, la colaboración de un Volquete o Camión que la reciba en su caja y la transporte hasta el punto de Descarga.

Por otra parte, en la propia Zona de Carga pueden coincidir Máquinas que realizan trabajos de limpieza o de Mantenimiento tales como la Máquina para el Riego, la Motoniveladora o el Tractor de Ruedas, sobre todo si se trabaja con Excavadoras Hidráulicas como Equipo de Carga; las normas que se deben seguir, de acuerdo con las Instrucciones establecidas por la Dirección de la Empresa, constituyen los protocolos que son de obligado cumplimiento, para conseguir que “todo el mundo haga lo que tiene que hacer, del modo adecuado y en el momento oportuno”, dejando así poco espacio a la improvisación, que es, en muchos casos, un motivo oculto de accidentes.

Los Protocolos y Procedimientos que se establezcan afectan tanto al personal de la propia Explotación, como a las de las contratadas que trabajen en ella; es imprescindible que los Operadores de las Máquinas subcontratadas conozcan perfectamente los métodos que se emplean en la Explotación; es más, están obligados a ello y también a su cumplimiento.

Una buena parte del posible contenido de este Capítulo ya ha sido estudiado tanto en el Capítulo 2 como en el Capítulo 4, por lo que aquello que ya se explicó en



ellos, simplemente lo mencionaremos pero sin volver a detallar todo lo que ya se ha visto anteriormente.

Desgraciadamente no existe una Normativa tan completa que recoja todos los casos que se pueden presentar en las Explotaciones, cada una de las cuales presenta sus propias peculiaridades y condicionantes; no obstante sí que se pueden dar una serie de Normas que conforman un Protocolo de Seguridad que es aplicable en la mayoría de las ocasiones, y que estudiaremos a continuación.

## 1.1 Protocolos y Procedimientos de Trabajo. Aspectos comunes

En todo Protocolo y Procedimiento de Trabajo deben aparecer:

- ⇒ **Obligación de hacer la revisión previa al arranque.** De esta forma nos aseguramos que:
  - No hay nadie en las proximidades de la Máquina.
  - Está en condiciones de realizar su trabajo.
  
- ⇒ **Prueba de los Sistemas de Emergencia de la Máquina.** Según lo especifique el fabricante, (antes de arrancar el motor o cuando ya está arrancado), y antes de iniciar la marcha se deben comprobar todos los sistemas de emergencia (dirección y frenos); igualmente se deben probar los frenos de servicio por lo menos dos veces antes que la Máquina alcance una velocidad importante.
  
- ⇒ **Chequeo del Panel de Alarmas.** En las Máquinas que disponen de él y que no se auto-comprueba por sí mismo, el Operador debe hacerlo usando el dispositivo que le proporcione el fabricante.



En el caso de modelos antiguos, en los que el Panel está compuesto por Instrumentos de Control, es conveniente no iniciar el trabajo hasta que no se alcancen los valores normales de presión y temperatura.



⇒ **Presencia de Pasajeros en las Máquinas.** El Protocolo debe prohibir expresamente la presencia de pasajeros en cualquier parte de la Máquina, incluida la Cabina, si no dispone del asiento apropiado y de su Cinturón de Seguridad. Este Procedimiento debe ser tajante, con independencia de la longitud del trayecto que se vaya a recorrer.

⇒ **Espejos Retrovisores.** Deben encontrarse en perfecto estado, con la superficie reflectante limpia y sin picaduras, de forma que la imagen que envíen sea nítida.

Deben estar convenientemente orientados para que ofrezcan la visión con sólo de los alrededores de la Máquina, sino también de sus puntos de máximo riesgo como es la zona de la articulación de las Palas Cargadoras de Ruedas.



⇒ **Utilización de una Máquina para elevar personas.** Es otro punto del Protocolo en el que hay que ser tajantes; la elevación de personas en el Cucharón de una Pala o Excavadora, es un riesgo cuyo factor más importante no es el que muchos piensan de una posible rotura de la Máquina.

Lo procedente es que se disponga de una de estas Máquinas, que se pueden incluso alquilar, en lugar de hacer algo que puede resultar muy peligroso. De hecho, el RD 1215/1997 en su apartado de Carretillas Elevadoras indica que como excepción, se pueden elevar personas siempre que:

- Haya un recipiente adecuado para su ubicación.
- El Conductor de la Carretilla no abandone el puesto de conducción.



- Se establezca una comunicación eficaz entre las personas elevadas y el Conductor.
- Haya previsto un Plan de Evacuación de la persona o personas elevadas.

Esto podría adaptarse al caso de elevar personas en una Pala; en la Excavadora, por el tamaño del cucharón, sería más difícil que dos personas pudieran evolucionar en su interior. De todas formas, la mejor decisión es no utilizar este método salvo en un caso de extrema necesidad para el rescate de un herido en riesgo de muerte. En el caso de autorizarse la Máquina para este uso, es necesario que venga recogido en una Disposición Interna de Seguridad que será de obligado cumplimiento.

⇒ **Presencia cerca de las Máquinas.** En una Zona de Carga, en la que hay Palas Cargadoras y Volquetes, puede existir alguna otra Máquina que evoluciona en las proximidades del Equipo de Arranque y Carga; del mismo modo, suele ser frecuente la presencia de personas y de sus vehículos moviéndose por la zona de carga.

Los Protocolos y Procedimientos que se establezcan afectan tanto al personal de la propia Explotación, como a las de las contratadas que trabajen en ella; es imprescindible que los Operadores de las Máquinas sub-contratadas conozcan perfectamente los métodos que se emplean en la Explotación; es más están obligados a ello y también a su cumplimiento.

Esta práctica debe estar prohibida para todas las personas, incluidos los jefes de la Explotación, conductores de las Máquinas propias o contratadas y de posibles visitas de personas de servicio de la Marca, Neumáticos, aceites, etc. De hecho, las Máquinas con marcado CE llevan en varias partes de su estructura etiquetas de aviso que especifican la prohibición de permanecer dentro del radio de acción de la Máquina.



⇒ **Comunicación con el Exterior.** Se debe evitar la presencia de personas para transmitir instrucciones a los Operadores de las Máquinas; de hecho es una fuente constante de accidentes que, en la mayoría de los casos, son mortales. La utilización de las emisoras de radio o de los teléfonos móviles es adecuada siempre que se sigan las siguientes indicaciones:

- Si la comunicación es por radio, el Operador debe detener la unidad para conversar con quien le transmite instrucciones; no es conveniente seguir realizando un trabajo estando pendiente de la emisora y de las explicaciones de quien con él conversa.
- Si la comunicación es por teléfono móvil, se debe tener dispositivo de manos libres para que el Operador pueda seguir trabajando durante la comunicación; en caso contrario, se debe aplicar lo explicado en el apartado anterior.

## I.2 Normas de Seguridad en la Carga y Descarga en la proximidad de otros Vehículos, Maquinaria o Personal

La Operación de Carga en las proximidades de otras Máquinas es una situación típica de una Explotación Minera, no en vano la Carga y el Transporte están conectados en todos los casos excepto en los que se opta por la solución de hacer ambos por medio de la Pala de Ruedas. Como la Carga, simultánea o no al Arranque, puede hacerse con Pala Y con Retroexcavadora, diferenciaremos los Protocolos con ambos tipos de Máquinas.

En todo caso, se debe establecer un **Perímetro de Seguridad**, incluso señalizado si es necesario, en el que se informe de la prohibición de acceso de personas o vehículos sin la autorización expresa del Operador del Equipo de Arranque y Carga.



Dado que las Máquinas deben maniobrar en espacios que, a veces, no son todo lo amplios que sería deseable, hay que prestar especial atención a las señales acústicas y luminosas tales como luz y alarma de retroceso, bocina, alarma de marcha atrás, etc. Igualmente las luces de trabajo deben encenderse en casos de escasa visibilidad como niebla, nieve intensa etc.

### 1.2.1 CON PALA CARGADORA Y VOLQUETE (O CAMIÓN)

En la Carga sobre Volquete, este último es un elemento pasivo que se halla detenido mientras la Pala sitúa la carga en su caja. Las Normas a seguir por el Operador cuando se carga por medio de una Pala son las siguientes:



⇒ **Posición del Volquete.** La mejor posición del Volquete para ser cargado por la Pala se resume en los siguientes puntos:

- Su eje longitudinal debe estar sesgado con el frente de carga, formando un ángulo entre 35 y 45°, que son los ángulos que articulan los bastidores de las Palas Cargadoras de Ruedas; con ello se favorece la maniobra de la Pala, porque basta articular a tope en cada movimiento para que se sitúe en el momento de la descarga en una posición perpendicular al Volquete. La cabina debe estar situada en la posición más alejada del acopio o punto de carga.

En el caso de carga de bloques como es el caso de trabajos en Piedra Ornamental, la carga se debe hacer por la parte posterior del Camión, a menos que se trate de una Plataforma, en cuyo caso se puede cargar por uno de sus laterales.



- Debe indicar la posición al Conductor del Volquete de forma que sus ruedas posteriores **no pisén el derrame del frente de carga, sobre todo si se carga roca volada**; la razón es doble:
  - Por una parte el pisar sobre rocas, con bordes cortantes en muchas ocasiones, produce en los flancos y en las bandas de rodadura de los neumáticos cortes que pueden terminar en reventones o pinchazos.
  - Por otra parte, el eje posterior del Volquete está desprotegido, y la caída de una piedra de un tamaño medio puede provocar la rotura de la carcasa de su grupo cónico.
- Siempre que sea posible, la Pala debe cargar el Volquete por su lado izquierdo; de esta forma hay una visión perfecta entre los dos Operadores para advertir uno a otro de cualquier riesgo que pueda producirse; la presencia de alguna persona en la zona de peligro se detecta inmediatamente.



- Si por cualquier motivo hay que cargar por el lado derecho, el Operador del Volquete debe impedir que haya alguien situado en el suelo, al lado de su cabina para darle alguna instrucción o simplemente, para hablar con él. Esta situación tiene un riesgo importante porque el Operador de la Pala no ve si hay alguien en el otro lado; la caída de una piedra de solo 15 kilos que impacte contra la cabeza de una persona desde una altura de 4-5 metros, es suficiente para provocarle la muerte.

⇒ **Situación del Conductor del Volquete.** El Operador de la Pala Cargadora debe velar por la Seguridad del Conductor del Volquete, impidiéndole que se sitúe en una zona peligrosa; el lugar más seguro para el Conductor de un Volquete es el interior de su propia cabina, porque goza de la protección de la visera de la caja en el caso de Volquetes Rígidos, y de la protección ROPS/FOPS obligatoria en todos los Volquetes Mineros. No es extraño ver al Conductor del Volquete fuera de la cabina, apoyado en alguna barandilla, viendo como se realiza la carga; esta práctica es una temeridad, que se justifica por el Operador con la necesidad de “estirar las piernas”; si es necesario este descanso, puede hacerse, pero bajando del Volquete y apartado de la zona de influencia de la Pala.

La única justificación de dejar su cabina es el caso en que se vaya a cargar algún bloque que, al impactar con la caja, pueda producir una sacudida a la cabina que se transmita al asiento y haga que el Operador salte de él. En este caso:

- El Operador de la Pala debe avisar para que el Conductor del Volquete abandone la cabina.
- No iniciar la carga hasta que éste se haya separado del Volquete y se encuentre en lugar seguro, **nunca subido en la Pala Cargadora para hablar con su Operador.**
- Terminada la carga, el Operador de la Pala debe avisar al Conductor del Volquete de esta circunstancia para que vuelva a la cabina y reanude su marcha.
- Si el transporte se realiza con Camión de Carretera o semi-dumper, la cabina del Operador no tiene suficiente protección contra la caída de objetos, por lo que, mientras se carga el Camión, su Conductor debería estar **fuera de la cabina, pero en un sitio seguro**; en muchas ocasiones, al no disponer de un lugar adecuado, el Conductor deambula por el frente de carga incurriendo en riesgos que superan el que se pretende evitar; por esta razón, aun no siendo el lugar más seguro, acaba por quedarse en el interior de la cabina; si el Operador de la Pala siempre debe evitar que la carga pase por encima de la cabina, en estos casos la precaución debe ser todavía mayor. En todo caso, es algo que debe ser regulado por una DIS que establezca el procedimiento a seguir.



- En Camiones de Carretera, no es extraño ver a su Conductor subido en el borde de la caja, dirigiendo al Operador de la Pala para indicarle en qué punto desea que le deje carga, con el fin de rellenar los huecos de la caja; esta actitud encierra un serio riesgo por la proximidad del Cucharón de la Máquina a la zona en que se encuentra el Conductor; un pequeño golpe le puede causar lesiones muy graves. Es una operación que está completamente prohibida, y que el Operador de la Pala debe evitar.

⇒ **Carga en colaboración con un Tractor de Cadenas.** En ocasiones, ya sea por tratarse de material arrancado por el Tractor o por el empuje del arrancado por Voladura, la Pala de Ruedas está trabajando en un nivel inferior al que está situado el Tractor. Esta interferencia entre el trabajo del Tractor con el de la Pala, proviene de la caída del material de un nivel a otro para ser cargado por la Pala. Debe de hacerse siguiendo las siguientes normas:

- El Tractor debe empujar de frente al talud, evitando por todos los medios hacerlo de forma paralela al mismo; basta un poco de desnivel para que una cadena ceda al peso de la Máquina y se produzca el vuelco lateral del Tractor. Hay que tener en cuenta que un Tractor de Cadenas **nunca vuelca de frente**; en el caso de empujar perpendicular al talud, si falla el apoyo, la Máquina puede descender por el propio talud.
- La única parte del Tractor que puede sobresalir del talud es la hoja; al llegar al final del recorrido de empuje, al acercarse al borde del talud, se debe levantar la hoja de forma que quede una especie de berma que avise al Operador cuando las cadenas toquen en ella.
- El Tractor debe trabajar en una línea tal que el material que cae no lo haga en el lugar en que se encuentra el Cucharón de la Pala, excepto si se trata de tierras, zahorras u otros materiales que no produzcan bloques en su arranque.
- Se debe procurar que el material, cuando llegue al nivel en el que se encuentra la Pala, no lo haga cuando ésta está de costado; en esta situación, la Pala está desprotegida y el impacto de una roca que entre por el cristal lateral de la cabina puede causar un



accidente grave, incluso mortal; si no es así y impacto es con alguno de los componentes de la Pala, se puede provocar su rotura (neumáticos, llantas, incluso algún mando final).

- ⇒ **Limpieza de la Zona de Carga.** Cuando la Pala está saturada y no tiene tiempo de espera entre uno y otro Volquete, se puede optar por hacer la limpieza de la Zona de Carga con una Máquina Auxiliar, o, si se prefiere que lo haga la propia Pala, los Volquetes deben parar de forma que no entorpezcan las maniobras de la Pala, que, en pocas pasadas, puede devolver el material esparcido al punto de carga y quitar las rocas que hayan podido caerse ya sea mientras se carga el Volquete o por caída desde la caja al iniciar el transporte.
- ⇒ **Inicio de la Carga.** Si la Pala va a empezar a cargar una voladura o a arrancar desde el talud de un banco, se debe sanear el propio talud para evitar la caída de material o rocas descalzadas de forma inesperada; es preferible provocar su caída antes de seguir cargando material suelto.
- ⇒ **Acople Pala/Volquete.** Cada Pala puede cargar unos determinados tipos de Volquete, que están limitados por el tamaño de ambas Máquinas. La altura de descarga de la Pala, con el Cucharón volcado debe ser mayor que la de los laterales de la caja del Volquete para que se pueda ir en retroceso sin que los dientes o la cuchilla del Cucharón golpeen contra los laterales; ya se sabe que en el trabajo real se empieza a recoger incluso antes de iniciar el retroceso, pero este margen de seguridad permite hacer la descarga más fácilmente.



Si la Pala o la Excavadora son demasiado grandes para el tamaño del Volquete, la descarga debe hacerse lentamente para evitar la caída brusca de la carga sobre la caja del Camión que puede producir, además de algún daño al Conductor, graves daños al propio vehículo.

⇒ **Dirección del Tajo.** En un trabajo de Carga sobre camión, es la Pala Cargadora la que organiza el Frente de Carga, siendo el Volquete el que debe ir al punto que le marca la Pala Cargadora.



Si tiene que esperar, hará primero la maniobra para quedar en posición de entrar al punto de carga en cuanto el otro volquete se haya terminado de cargar, sin interferir en su trayectoria.

⇒ **Carga de Bloques de Voladura.** Es frecuente que la Pala tenga que cargar rocas de un tamaño considerable, a veces de varias toneladas que cuando impactan con la caja producen sacudidas fuertes que repercuten en el Operador del Volquete y en toda la Máquina en sí.

Para disminuir la violencia de estos impactos, conviene:

- Cargar los primeros Cucharones con material fino, que amortiguará la violencia del impacto.
- Descargar lentamente, apoyando los brazos de la Pala en el lateral de la Caja si fuera necesario.

- En todo caso, si la roca es demasiado grande, se debe indicar al Conductor del Volquete que abandone la cabina.



⇒ **Carga y Transporte.** En este trabajo, la Pala debe transportar en su Cucharón el material para descargarlo en una tolva o en la propia escombrera si se trata de estéril. Los principios básicos que deben aplicarse, en la fase de carga es idéntica a la explicada en el trabajo de Carga sobre Camión, con la excepción del grado de llenado del Cucharón, que debe ser el mayor posible; son los siguientes:

- Durante el transporte, la estabilidad de la pala cargadora es tanto mayor cuanto más próximo al suelo se lleve el cucharón; con ello, se disminuye el cabeceo de la pala cuando se circula a una cierta velocidad.
- Si se descarga sobre tolva, debe hacerlo perpendicular a la posición de la tolva; se debe disponer de algún sistema que impida la caída de la Máquina a su interior.
- Tanto en el caso de subida como de bajada de rampas, la Pala debe circular siguiendo la línea de máxima pendiente; en las bajadas se debe ir siempre con una velocidad conectada; no se puede descender nunca con la transmisión en punto muerto.



## 1.2.2 CON RETROEXCAVADORA Y VOLQUETE

La otra opción para realizar la Carga es el uso de la Retroexcavadora, que presenta varias alternativas de cómo realizar su trabajo, como ya dijimos anteriormente; la más habitual es con la Retroexcavadora situada en un plano por encima del Volquete, que es la que permite un tiempo de ciclo más reducido. No obstante cuando las condiciones impiden que el Volquete pueda entrar en la Zona de Carga por los motivos que sean, se puede trabajar con la Retroexcavadora y el Volquete en el mismo nivel.

### → CARGANDO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL VOLQUETE

⇒ *Posición de la Retroexcavadora.* Puesto que la Retroexcavadora no incluye entre sus Dispositivos de Seguridad la Cabina ROPS, hay que diseñar el “escenario” de la carga evitando que la Máquina esté sometida a este riesgo; para ello:



- La altura del Acopio, Banco o Voladura no debe superar la longitud del Balancín de la Retroexcavadora; de esta forma, en el caso en que se empiece a volcar, el Equipo de Trabajo puede usarse para evitar que el riesgo de vuelco se complete.
- La posición de la Retroexcavadora debe ser con los trenes de rodaje perpendiculares al talud del Acopio; de esta forma su estabilidad es máxima; en ocasiones, sobre todo si el banco tiene una longitud importante, el Operador la sitúa con los rodajes paralelos al borde del talud, siendo esta posición más inestable para la Máquina. La justificación del Operador es la mayor facilidad de cambiar la posición de la Máquina una vez agotado el material a cargar en un punto, pero los riesgos que se toman son superiores a las ventajas que se tienen con la posición antes indicada.

Si, por motivos de espacio, se tiene que trabajar de esta forma menos estable, el Operador debe cuidar:

- Que el Cucharón no se aleje del talud más de lo necesario durante el giro de la Superestructura.
- Que el giro se haga suavemente.
- Que el llenado del Cucharón no se haga abusando del tiro del Balancín, sino que se use más su movimiento de recogida.
- Que la descarga, para lo cual se extiende el Balancín, se comience desde el momento que el Cucharón llegue a la parte trasera del Volquete.
- En todo caso se debe bajar la carga en cuanto se note que la Retroexcavadora pierde el apoyo de uno de sus rodajes.

Esta posición es altamente peligrosa en casos de materiales inundados, que suelen presentar una menor adherencia cuando hay una humedad excesiva.





Igualmente debe evitarse si la Retroexcavadora no domina holgadamente la altura del acopio o zona de carga.

- El punto de carga debe estar fuera de la zona ocupada por el eje posterior del Volquete, para evitar que las piedras puedan caer sobre él.

⇒ *Posición del Volquete.* Se puede trabajar de dos formas diferentes:

- Con el eje del Volquete alineado con el centro de giro de la superestructura.- Esta forma es la más cómoda para el Operador de la Retroexcavadora porque la descarga se lleva a cabo abriendo balancín y cucharón, con lo que se extiende a lo largo de la caja.
- Con el eje longitudinal del Volquete paralelo al borde del talud, con lo que se reduce la necesidad de espacio al tiempo que se evita la maniobra de retroceso, una de las más peligrosas en las zonas de carga.





Para cualquier posición del Volquete, éste debe tener sus ruedas posteriores apoyadas sobre suelo firme, **nunca sobre piedras aunque sean de pequeño tamaño**, para evitar posibles cortes o reventones de los neumáticos.

⇒ **Acople con el Volquete.** Al igual que sucede con la Pala Cargadora, es el Operador de la Retroexcavadora el que marca la posición en que debe situarse el Volquete, que, si al llegar al tajo ve que la Retroexcavadora tiene el Cucharón preparado para la carga, debe ir al punto indicado por la posición del Equipo de Trabajo de la Máquina.

Si al llegar todavía la Retro está cargando, debe parar después de hacer la maniobra para quedarse en posición para entrar a la carga, sin entorpecer la salida del que todavía se está cargando.

⇒ **Carga de grandes rocas.** En la carga de grandes rocas, igual que vimos con la Pala, se debe echar una primera cucharada de material lo más fino posible con el fin de hacer una “cama” que amortigüe el impacto de los



bloques posteriores; esta circunstancia es menos frecuente en la carga con la Retroexcavadora que en la de la Pala, por las mayores dimensiones de su Cucharón.

### → CARGANDO AL MISMO NIVEL DEL VOLQUETE

En este caso, aumenta la duración del ciclo porque:

- El Giro suele ser mayor, pudiendo llegar a los 180°.
- Hay que elevar la carga hasta sobrepasar la altura del volquete.
- La descarga es más difícil; aunque se ponga el Camión alineado con el centro de la Retro, la visibilidad es más reducida.



Sin embargo tiene una ventaja importante: se elimina el riesgo de vuelco al desaparecer la diferencia de cota entre el punto en que se encuentra la Retroexcavadora y en el que está el Volquete.

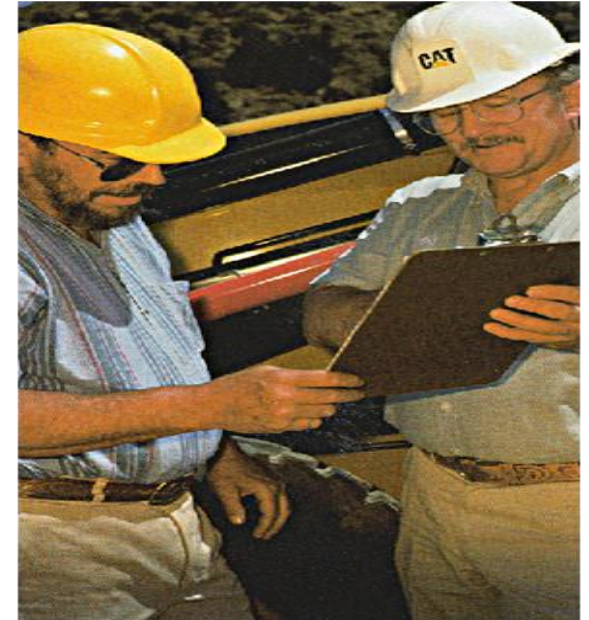
En todo caso, se debe impedir que la carga pase sobre la cabina del Volquete, sobre todo si no lleva ningún tipo de protección FOPS.

### 1.3 Procedimientos seguros de Comunicación con personas en el Exterior

La Comunicación es fundamental en todos los órdenes de la vida y en el trabajo con Maquinaria Móvil es todavía más importante por los riesgos que se derivan de una interpretación incorrecta de las instrucciones que se reciben.

Por lo general en cada Explotación Minera tiene una forma peculiar de trabajar con la Maquinaria Móvil, que suele ser conocida por todos los Operadores; por esta razón, cuando hay una incorporación de una nueva persona, se le debe formar en las actividades que se realizan y en los sistemas de utilizar las Máquinas. No sería la primera vez que un accidente se produce a causa de una desinformación de un trabajador recientemente incorporado a la empresa, aunque sea una persona con mucha experiencia.

Es una buena costumbre iniciar la jornada con una breve reunión en la que se explica el trabajo que hay que hacer y cómo se va a llevar a cabo; qué Operador va a llevar cada Máquina y cuál va a ser su misión durante ese día. Si, a lo largo de la jornada es necesario introducir algún cambio, el encargado lo hará llegar a las personas que se vean afectadas por él.

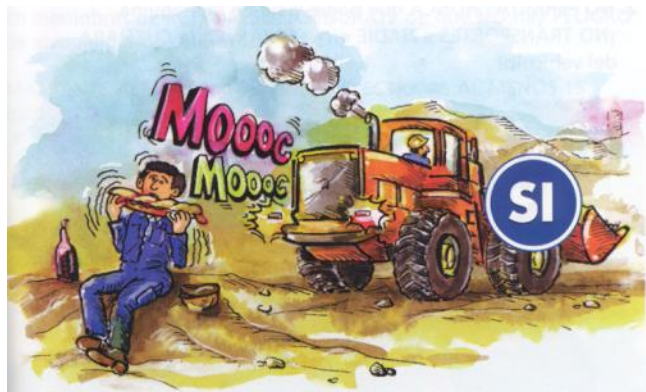


La vía ideal para transmitir estas órdenes es a través de la emisora de radio, que permite hacerlo con varios trabajadores al mismo tiempo, con lo cual la Comunicación es la misma para todos ellos. Cualquier otra vía de llegada de la información debe ser validada con el responsable del trabajo. Se debe desconfiar de los mensajes recibidos de otros compañeros, ya sea a través de la emisora o por medio del teléfono móvil, o, incluso, por una conversación directa.

Las maniobras que entrañen riesgo, como lo adelantamientos, deben ser avisadas por el Operador de la Máquina que va a adelantar, y dada la conformidad por el de la que va a ser adelantada. **NO ES FIABLE LA COMUNICACIÓN POR MEDIO DE LOS INTERMITENTES;** en muchos casos, el Operador de la Máquina que los acciona, quiere decir otra cosa distinta de la que piensa el otro Operador.

Una causa frecuente de incidentes y de muchos accidentes es la presencia de personas ajenas a la Explotación, ya sean visitantes o conductores de otras empresas contratadas. Todos ellos deberán tener unas instrucciones claras por parte de la Dirección que indiquen los procedimientos a seguir

y las normas a cumplir por los vehículos extraños. Por parte de los Operadores deben extremar las precauciones cuando divisan un vehículo no habitual en la Explotación.



Un elemento que se debe utilizar para la comunicación del Operador con las personas que están en el exterior es la bocina. Cuando la Máquina vaya a desplazarse en retroceso y haya gente alrededor, conviene avisar con varios toques de bocina antes de retroceder y hacerlo lentamente. Esta precaución debe extremarse en las visitas de colegios, institutos, etc., o en actos públicos en los que haya informadores gráficos que buscan realizar tomas más o menos espectaculares, y, para ello, se ponen muchas veces en peligro.

Una Comunicación importante es la que se realiza por medio de gestos, que se utiliza cuando hay que dirigir al Operador de una Máquina para realizar un determinado trabajo en circunstancias complicadas como es el caso de escasa visibilidad, paso por lugares estrechos o movimientos que puedan resultar peligrosos por los motivos que sean. En estos casos, suele ser normal la presencia de más de una persona, y todas ellas quieren indicar al Operador lo que tiene que hacer. En los casos de Comunicación por gestos, el Operador no debe recibirlos más que de una sola persona que sepa lo que hay que hacer y cómo hacerlo con Seguridad, y debe ignorar los mensajes emitidos por otras personas no autorizadas. La Comunicación por gestos tiene toda una serie de “expresiones” que el Operador debe conocer.

En otro orden de cosas, pero también referido a la Comunicación está la identificación de los Instrumentos de Control y chivatos de alarma, que, dado que el idioma de sus leyendas suele ser inglés, llevan unos símbolos que ayudan a identificar tanto los Instrumentos de Control como el Panel de Alarmas e incluso los mandos de la Máquina. El Operador debe de aprender a leer estos símbolos gráficos.

## 1.4 Circulación de Palas Cargadoras por Pistas, Accesos y Frentes de Carga

La Pala Cargadora circula por el interior de las Explotaciones casi siempre por necesidad de cambio de tajo o de punto de carga, ya que, como hemos dicho anteriormente, son raras las aplicaciones de Carga y Transporte, y, en todo caso, ya hemos hablado de ellas. Por otra parte, la Retroexcavadora no debe desplazarse de forma habitual por los desgastes y costes que ello le supone, pero lo hace de forma esporádica, y a veces, en condiciones de tracción mucho más duras que las que debe superar la Pala. Indicaremos las Normas de uso más importantes, que son válidas para ambas en la mayoría de las ocasiones.

- ⇒ La Pala Cargadora, por su fabricación, puede alcanzar velocidades muy próximas a los 40 km/h, pero siempre debe cumplir con las limitaciones prescritas para circular por dentro de la Explotación. Si no tiene dirección de emergencia, de acuerdo con la legislación vigente, no debe circular a más de 20 km/h, es más, debería montar un limitador que impidiera el sobrepasarla. Por su parte, la Retroexcavadora no supera los 4-5 km/h, por lo que los riesgos derivados de la velocidad son, en ella, prácticamente inexistentes.
- ⇒ Aunque circulen en vacío, tanto para la Pala Cargadora como para la Retroexcavadora sigue siendo válida la norma de llevar el Cucharón lo más bajo que sea posible; debe ir a la altura mínima imprescindible para no roce ni golpee contra el suelo, posibles obstáculos o con los cambios de rasante.



- ⇒ Tanto al subir como al bajar una pendiente se debe cuidar que:
- La Pala Cargadora no vaya en Punto Muerto. Esta circunstancia no se produce en la Retroexcavadora que, al accionar los mandos de la Traslación, los motores reciben el aceite que les envían las bombas sin forma de impedirlo.
  - La utilización de una marcha excesivamente larga en las subidas hace trabajar al Convertidor muy cerca del punto de calado, lo que se traduce en calentamientos excesivos del aceite. En la Retroexcavadora, este calentamiento se produce en mayor o menor grado según el tiempo que se invierte en el traslado.
  - En las transmisiones con convertidor de par el motor debe ir acelerado, puesto que es posible circular sin pisar el acelerador, pero a la velocidad seleccionada por la caja de cambios, lo cual es como si bajase en neutro porque el convertidor no retiene como lo hace un embrague normal.
  - Se debe seguir la línea de Máxima Pendiente, y evitar los cambios de dirección a mitad de la rampa.
  - La velocidad debe estar acorde con las condiciones del suelo de la pista, y de las de visibilidad, tracción, etc.

- ⇒ Durante los desplazamientos, no se debe utilizar el freno que neutraliza la transmisión, porque en este momento la Pala queda en punto muerto. Esta precaución es particularmente importante al bajar una rampa o al tomar una curva cerrada.
- ⇒ Se deben respetar las prioridades establecidas, que, a veces, pueden entrar en conflicto. Los cambios de Operadores de una a otra Explotación o la incorporación de alguno que proviene de otra empresa, pueden dar lugar a confusión sobre quién tiene prioridad en cada caso.
- ⇒ En las circulaciones tanto por Pistas como por Accesos, se debe evitar que ambas Máquinas se aproximen en exceso al borde del talud, sobre todo cuando, por la estrechez de la vía, haya que apartarse para ceder el paso a otras Máquinas. No se debe olvidar que estas Máquinas rara vez vuelcan de frente; cuando lo hacen, casi siempre es lateralmente. Si se está muy próximo al borde, cualquier fallo o irregularidad en el terreno provoca un movimiento lateral que las hace volcar.
- ⇒ Por los Frentes de Carga, se debe circular lo más alejado posible del talud para evitar un posible impacto lateral por la caída inesperada de una roca situada en el talud, o el deslizamiento brusco de una zona del mismo.
- ⇒ En caso de falta de visibilidad ya sea por la proximidad a las horas nocturnas o por la presencia de polvo, nieve, lluvia o niebla, se debe circular con los faros encendidos, más para ser visto por otro conductor que para ver el que las maneja, sobre todo en situaciones de niebla y polvo.
- ⇒ Al circular por detrás de otra Máquina se debe dejar una distancia de Seguridad de al menos un largo de Pala, con el fin de disponer de tiempo suficiente para frenar o para evitar el choque por medio de una maniobra evasiva. Con la Retroexcavadora este riesgo es prácticamente nulo porque basta que el Operador deje de accionar los mandos de la Traslación para que se detenga de forma inmediata.
- ⇒ Hay que adaptar la velocidad al estado de la pista; la presencia de barro hace disminuir la tracción y favorece el deslizamiento por lo que se reducir la velocidad a que se circula.



- ⇒ Las características de la Máquina varían con su uso; frenos, neumáticos, dirección, etc., sufren desgastes y la reacción de la Pala no es la misma pasados algunos cientos de horas que cuando estaba nueva. Se debe conocer la distancia de frenado para dejar la distancia de Seguridad adecuada en cada momento.
- ⇒ Los adelantamientos solamente deben hacerse si:
  - Están permitidos en la Explotación.
  - Hay suficiente espacio y visibilidad.
  - La Pala tiene suficiente potencia para realizarlo en un tiempo corto.
  - Se obtiene la conformidad por radio del vehículo que se quiere rebasar.
- ⇒ En curvas muy cerradas que exijan maniobras a la Pala, es necesario advertir a otros posibles vehículos de su presencia, por medio de la bocina. Las maniobras se harán con cuidado, guardando la distancia de Seguridad con los bordes de la Pista.

- ⇒ Se deben aprovechar los desplazamientos para quitar posibles obstáculos, tales como piedras que han caído de los Volquetes o cualquier objeto que dificulte la marcha de las otras Máquinas, ya sea por las pistas como por los frentes de carga.
- ⇒ Los obstáculos tales como zanjas, caballones, cordones de tierra producidos por las Motoniveladoras, etc., se deben cruzar en dirección sesgada y lentamente. A velocidad excesiva, la Pala puede levantar las ruedas del suelo con cierta facilidad.

## 1.5 Interferencias con personas en Pistas o en Zonas de Carga

Todas las Máquinas, con independencia de su tamaño, tienen ángulos muertos cuando se mira desde la Cabina del Operador; cuanto mayor es su tamaño, estas zonas ciegas son más amplias y ocultan la presencia, tanto de personas como de otros vehículos o Máquinas.

Esto supone que para que cualquiera de ellos pueda ser visto por el Operador, sea de forma directa o por medio de los Espejos Retrovisores y de Seguridad, es necesario que se encuentren a una cierta distancia de ellas. Este es el motivo por el que debe prohibirse la circulación de peatones por estas zonas a causa del elevado riesgo que corren, o, al menos, reducirlas al mínimo imprescindible.



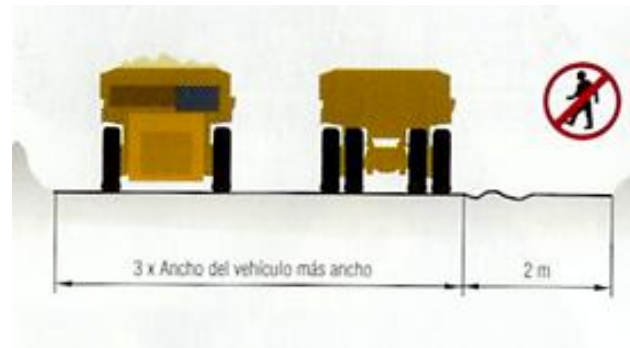
La circulación de peatones por las pistas solamente está permitida si se dispone de una zona adecuada para que transiten por ella, de forma que, entre al peatón y la zona de rodadura de la pista haya una berma o arcén de dos metros de anchura como mínimo. Será por esta zona por la única que transiten, debiendo hacerlo, además:

- En pistas de doble sentido, por el lado izquierdo de la pista; si es posible, también deba hacerse en las de un solo sentido de marcha.



- Equipado con casco.
- Llevando chalecos reflectantes que le hagan visible y permitan a los Operadores su localización.

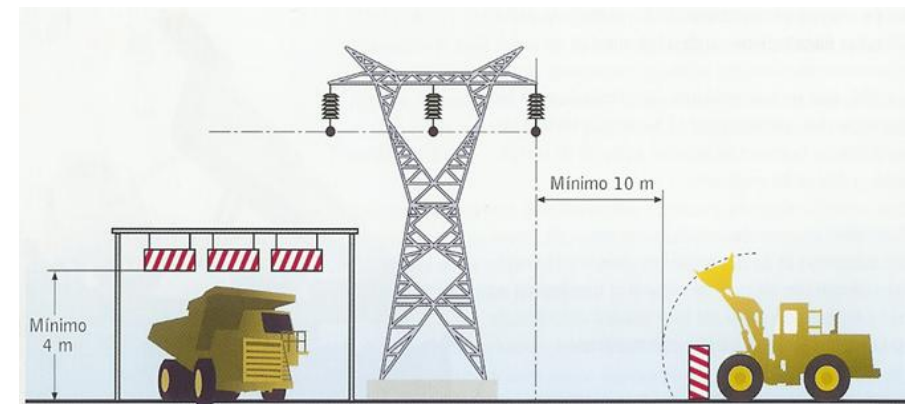
Por regla general, en las Explotaciones Mineras se da prioridad al paso de la Maquinaria Móvil sobre la de los Peatones; como esta norma es diferente a la que se sigue en Instalaciones Industriales, en las que conviven Carretillas y Peatones y, si no se dice lo contrario, es el Peatón quien tiene prioridad, es conveniente que este aspecto quede con una claridad total, tanto para personal de la propia Explotación como para posibles visitantes, que deben estar informados de ello.



## 1.6 Interferencias con Líneas Eléctricas de Alta Tensión

Tanto las Palas Cargadoras como las Excavadoras Hidráulicas en sus desplazamientos pueden encontrarse con la necesidad de atravesar por debajo de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, cuyas catenarias pueden estar más o menos próximas a ellas según su propio tamaño. Hay que evitar no sólo el contacto directo con ellas sino también la proximidad excesiva entre ellas, para evitar el riesgo de descarga por arco voltaico entre la Línea y la Máquina.

Para prevenir estos riesgos, tanto las Palas Cargadoras como las Excavadoras Hidráulicas debe circular con el Equipo lo más bajo posible



para dejar la máxima distancia vertical entre Máquina y Línea; por esta razón, la presencia de Líneas Aéreas de Alta Tensión deben estar avisadas 25 metros antes de alcanzarlas, para que los Operadores revisen la forma en que se mueve su Máquina que no podrá ser con su Equipo desplegado.

Si la pista por la que se circula va paralela a la Línea de Alta Tensión, está prohibida la circulación de Máquinas a una distancia inferior a 15 metros entre el eje de la Línea Aérea y el borde de la pista.

Según se puede ver en la figura, entre la Línea y la parte superior de la Máquina tiene que haber una distancia de al menos 4 metros, que se aumentará en tantos metros como la centésima parte del número de kilovoltios que circulan por ella. Igualmente no pueden permanecer Máquinas ni realizarse trabajos a menos de 10 metros del eje de la Línea.

## 1.7 Interferencias con otros Procesos Productivos

Del mismo modo que se ha indicado en el punto anterior, las Palas Cargadoras en sus desplazamientos pueden encontrarse con la necesidad de atravesar por debajo de estructuras pertenecientes a otros procesos productivos de la Explotación, por ejemplo, Plantas de Tratamiento, cuyas zonas de paso pueden estar más o menos próximas a las pistas por donde circulan. Hay que evitar la posibilidad de impactar contra estas estructuras, para evitar el riesgo de caída de objetos e incluso de vuelco, entre otros.

Al igual que en el caso anterior, para prevenir estos riesgos, las Máquinas **deben circular con el**



**Equipo de Trabajo** lo más próximo al suelo posible, para dejar la máxima distancia vertical entre Máquina y estructuras; por esta razón, suele indicarse la altura máxima permitida en las zonas de paso. Las Normas Técnicas de diseño de estas instalaciones indican que la altura libre de paso no deberá ser inferior a 2 metros.



## CAPÍTULO 6

### NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

En este Capítulo, se estudiará el conjunto de derechos y obligaciones existentes en materia laboral que más directamente afectan a las funciones del puesto de operador de maquinaria de arranque, carga y viales en actividades extractivas de exterior, recogidos tanto en la normativa en vigor como en la más específica, de carácter complementario, entre las que se incluyen las Disposiciones Internas de Seguridad de la Empresa.

## I. LEY 31/1995, DE 8 DE NOVIEMBRE DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: DERECHOS Y OBLIGACIONES.

Esta ley, que tiene carácter general, fue publicada en el B.O.E. número 269, de 10 de noviembre de 1995, siendo el pilar fundamental para poder desarrollar una política de protección de salud de los trabajadores mediante la prevención de los riesgos derivados de su trabajo. A partir del reconocimiento del derecho de los trabajadores en el ámbito laboral a la protección de su salud e integridad, esta ley establece las diversas obligaciones que, en el ámbito indicado, garantizarán este derecho, así como las actuaciones de las Administraciones públicas que puedan incidir positivamente en lograr dicho objetivo. El citado derecho supone un deber general del empresario referido a dicha materia.

En el artículo 3 nos indica que esta Ley y sus normas de desarrollo serán de aplicación en los siguientes ámbitos:

- En el de las relaciones laborales reguladas en el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- En el de las relaciones de carácter administrativo o estatutario del personal civil al servicio de las Administraciones públicas.

El empresario para poder cumplir con su deber de garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo, realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para dicha protección, tanto en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación, formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos en la presente Ley.

En esta Ley también se hace mención, en su Capítulo VI, de las obligaciones de los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo. Están obligados a asegurar que éstos no constituyan una fuente de peligro para el trabajador, siempre que sean instalados y utilizados en las condiciones, forma y para los fines recomendados por ellos.

Los fabricantes, importadores y suministradores deberán proporcionar a los empresarios, y éstos recabar de aquellos, la información necesaria para que la utilización y manipulación de la maquinaria, equipos, productos, materias primas y útiles de trabajo se produzca sin riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, así como para que los empresarios puedan cumplir con sus obligaciones de información al respecto de los trabajadores, y así garantizar que las informaciones sean facilitadas a los trabajadores en términos que resulten comprensibles por los trabajadores.

La Ley establece diversos puntos de actuación y sanciones por su incumplimiento. El incumplimiento por los empresarios de sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales dará lugar a responsabilidades administrativas, así como, en su caso, a responsabilidades penales y a las civiles por los daños y perjuicios que puedan derivarse de dicho incumplimiento.

## 2. REAL DECRETO 1215/1997, DE 18 DE JULIO, POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Este Real Decreto, que es específico para equipos de trabajo y, por tanto, para maquinaria, establece, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo, por parte de los trabajadores.

Es la normativa **más importante**, en relación con la seguridad de la maquinaria puesta a disposición de los trabajadores y de la forma en que ésta debe utilizarse. Si podemos garantizar que una máquina (*independientemente de que ostente el marcado CE o no*) cumple con las disposiciones mínimas que se establecen en su Anexo I y se utiliza en las condiciones que se establecen en su Anexo II, estaremos trabajando con una máquina de forma segura y, en el peor de los casos, podrán existir riesgos que serán tolerables (*consecuencias mínimas*). El problema, en muchas ocasiones, deriva de la interpretación subjetiva que se realiza de su articulado, encontrándose numerosas unidades que no han sido correctamente adaptadas a estos requisitos mínimos de seguridad, unas veces por omitir aspectos fundamentales en la seguridad y, en otros casos, por no tomar las medidas adecuadas.

Es importante entender los siguientes términos que se definen en él:

- **Equipo de trabajo:** cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo.

En el caso que nos ocupa, las Palas Cargadoras de ruedas y las Excavadoras Hidráulicas de Cadenas, son los equipos de trabajo a los que hace referencia este Manual.

- **Utilización de un equipo de trabajo:** cualquier actividad referida a un equipo de trabajo, tal como la puesta en marcha o la detención, el empleo, el transporte, la reparación, la transformación, el mantenimiento y la conservación, incluida, en particular, la limpieza.

Todas ellas han sido explicadas en capítulos anteriores.

- **Operador del equipo:** el trabajador encargado de la utilización de un equipo de trabajo.

El empresario adoptará todas las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos de trabajo. En el caso que exista cierto riesgo durante la utilización de estos equipos, el empresario deberá tomar las medidas adecuadas para reducir tales riesgos al mínimo.

En el Anexo I del presente Real Decreto figuran las disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo. Teniendo en cuenta que es un documento de dominio público y que existen numerosas fuentes para su consulta, se van a comentar aquellas que son más significativas para Palas Cargadoras de Ruedas y Excavadoras Hidráulicas de Cadenas:

- Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada, estar situados fuera de las zonas peligrosas y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Relacionado principalmente con los mandos, pedales y palancas, así como con su señalización y la necesidad de instalar ciertos bloqueos de seguridad.

- Si fuera necesario, el operador deberá poder cerciorarse desde el puesto de mando principal de la ausencia de personas en las zonas peligrosas. Si esto no fuera posible, la puesta en marcha deberá ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual.

Relacionado principalmente con el campo de visión directo e indirecto (*espejos retrovisores y de seguridad*) del operador, y con el avisador acústico de puesta en marcha o con el avisador óptico (*faro giratorio*).



- La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.

Relacionado con los dispositivos de puesta en marcha (*llave de contacto y, en algunos casos corta corrientes*).

- Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Relacionado con los dispositivos de parada (llave de contacto y, principalmente, sistemas de frenado).

- Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Relacionado con las estructuras de protección FOPS y, si en el puesto de operador existen conducciones hidráulicas o neumáticas, con las pantallas de protección de dichas mangueras.

- Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Relacionado con los resguardos térmicos, principalmente de superficies calientes ubicadas en el compartimento motor y de sistemas de escape de la máquina.

- Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto con la electricidad.

Relacionado con el sistema eléctrico de las máquinas, en especial, la protección de los terminales de las baterías y la existencia de un dispositivo para realizar el corte de la alimentación eléctrica en condiciones seguras.

Entre las disposiciones mínimas de seguridad aplicables a los equipos de trabajo **móviles**, ya sean automotores o no, destacan las siguientes:

- Los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados deberán adaptarse de manera que se reduzcan los riesgos para el trabajador o trabajadores durante su desplazamiento. Entre estos riesgos deberán incluirse los de contacto de los trabajadores con ruedas y orugas y de aprisionamiento por las mismas.

Este requisito engloba una serie de riesgos que están relacionados con la movilidad de la máquina; en el caso de las Excavadoras Hidráulicas de Cadenas, cumplir con este requisito es bastante sencillo, debido a su baja velocidad de desplazamiento; el caso de las Palas Cargadoras de Ruedas es mucho más complejo, debiendo considerar elementos o sistemas como son: neumáticos, sistemas de dirección, sistemas de frenado, elementos estructurales (*bastidores*), transmisión, dispositivos de iluminación e indicación (*entre los que se encuentran las luces de cruce, intermitentes, luces de frenado y luces de retroceso*), etc.

Por otro lado, aquí también se incluyen, como se desprende de la segunda frase, los elementos de protección contra posibles contactos con ruedas o cadenas (*guardabarros en Palas Cargadoras de Ruedas; en el caso de las Excavadoras de cadenas, no es posible proteger los trenes de rodaje, por lo que se debe optar por otras soluciones*). Si el Operador utiliza el cinturón de seguridad y la máquina cuenta con cabina para el Operador con ventanas y puertas en buen estado, será imposible el contacto accidental con ruedas o cadenas durante el desplazamiento.

- En los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados se deberán limitar, en las condiciones efectivas de uso, los riesgos provocados por una inclinación o por un vuelco del equipo de trabajo, mediante cualquiera de las siguientes medidas.
  - Una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo se incline más de un cuarto de vuelta,
  - una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor del trabajador transportado cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta o
  - cualquier otro tipo de alcance equivalente.

...

Cuando en caso de inclinación o de vuelco exista para un trabajador transportado riesgo de aplastamiento entre partes del equipo de trabajo y el suelo, deberá instalarse un sistema de retención del trabajador o trabajadores transportados.

Ya se ha comentado en Capítulos anteriores los aspectos a tener en cuenta para evitar un posible vuelco en Palas Cargadoras de Ruedas y Excavadoras Hidráulica de Cadenas, que constituyen lo que podemos denominar medios de protección pasiva. En este apartado se hace mención de la protección activa en caso de vuelco, siendo necesario la existencia de ROPS (*recuérdese, sólo es posible en Palas Cargadoras de Ruedas*) y la utilización del **cinturón de seguridad** para hacer efectiva dicha protección.

- Si están previstos para uso nocturno o en lugares oscuros, deberán contar con un dispositivo de iluminación adaptado al trabajo que deba efectuarse y garantizar una seguridad suficiente para los trabajadores.

Relacionado con los dispositivos de iluminación de las máquinas, en concreto, las luces de trabajo que equipan tanto Palas Cargadoras de ruedas como Excavadoras Hidráulicas de cadenas.

- Los equipos de trabajo que por su movilidad o por la de las cargas que desplacen puedan suponer un riesgo, en las condiciones de uso previstas, para la seguridad de los trabajadores situados en sus proximidades, deberán ir provistos de una señalización acústica de advertencia.

La señalización acústica a la que se hace referencia en este apartado es el avisador acústico de marcha atrás (*Palas Cargadoras de Ruedas*) y la bocina (*Palas Cargadoras de Ruedas y Excavadoras Hidráulicas de Cadenas*).

En el Anexo II de este Real Decreto se establecen las disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo:

1. Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo
2. Condiciones de utilización de equipos de trabajo móviles, automotores o no
3. Condiciones de utilización de equipos de trabajo para la elevación de cargas

Al igual que sucede con el Anexo I, se mencionan los más significativos (*obsérvese que muchos de estos aspectos han sido tratados en Capítulos anteriores*):

- Los trabajadores deberán poder acceder y permanecer en condiciones de seguridad en todos los lugares necesarios para utilizar, ajustar o mantener los equipos de trabajo.

- Los equipos de trabajo no deberán utilizarse de forma o en operaciones o en condiciones contraindicadas por el fabricante. Tampoco podrán utilizarse sin los elementos de protección previstos para la realización de la operación de que se trate.
- Los equipos de trabajo sólo podrán utilizarse de forma o en operaciones o en condiciones no consideradas por el fabricante si previamente se ha realizado una evaluación de los riesgos que ello conllevaría y se han tomado las medidas pertinentes para su eliminación o control.
- Antes de utilizar un equipo de trabajo se comprobará que sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas y que su conexión o puesta en marcha no representa un peligro para terceros.

Los equipos de trabajo dejarán de utilizarse si se producen deterioros, averías u otras circunstancias que comprometan la seguridad de su funcionamiento.

- Cuando se empleen equipos de trabajo con elementos peligrosos accesibles que no puedan ser totalmente protegidos, deberán adoptarse las precauciones y utilizarse las protecciones individuales apropiadas para reducir los riesgos al mínimo posible.

En particular, deberán tomarse las medidas necesarias para evitar, en su caso, el atrapamiento de cabello, ropas de trabajo u otros objetos que pudiera llevar el trabajador.

En este punto queda contemplado el caso anteriormente comentado sobre la falta de protección de las cadenas en las Excavadoras Hidráulicas. La utilización de EPI se refiere a otro tipo de riesgos (*partes móviles en compartimento motor, por ejemplo*); en el caso que nos ocupa, será necesario la existencia del **bloqueo del sistema hidráulico**. En algunos modelos antiguos, este bloqueo se realizaba sobre el equipo de trabajo y el giro de la superestructura, pero no sobre los trenes, al ser de accionamiento mecánico. Estas unidades deben contar con dispositivos mecánicos de bloqueo en los pedales o las palancas que accionan los trenes, para adecuarse correctamente a las disposiciones mínimas de seguridad establecidas en este Real Decreto.

- Los equipos de trabajo deberán ser instalados y utilizados de forma que no puedan caer, volcar o desplazarse de forma incontrolada, poniendo en peligro la seguridad de los trabajadores.
- Los equipos de trabajo no deberán someterse a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas que puedan poner en peligro la seguridad del trabajador que los utiliza o la de terceros.

- El montaje y desmontaje de los equipos de trabajo deberá realizarse de manera segura, especialmente mediante el cumplimiento de las instrucciones del fabricante cuando las haya.
- Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.
- Cuando un equipo de trabajo deba disponer de un diario de mantenimiento, éste permanecerá actualizado.
- Los equipos de trabajo que se retiren de servicio deberán permanecer con sus dispositivos de protección o deberán tomarse las medidas necesarias para imposibilitar su uso. En caso contrario, dichos equipos deberán permanecer con sus dispositivos de protección.
- La conducción de equipos de trabajo automotores estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una formación específica para la conducción segura de esos equipos de trabajo.
- Cuando un equipo de trabajo maniobre en una zona de trabajo, deberán establecerse y respetarse unas normas de circulación adecuadas.
- Deberán adoptarse medidas de organización para evitar que se encuentren trabajadores a pie en la zona de trabajo de equipos de trabajo automotores.
- Si se requiere la presencia de trabajadores a pie para la correcta realización de los trabajos, deberán adoptarse medidas apropiadas para evitar que resulten heridos por los equipos.
- El acompañamiento de trabajadores en equipos de trabajo móviles movidos mecánicamente sólo se autorizará en emplazamientos seguros acondicionados a tal efecto. Cuando deban realizarse trabajos durante el desplazamiento, la velocidad deberá adaptarse si es necesario.
- Los equipos de trabajo móviles dotados de un motor de combustión no deberán emplearse en zonas de trabajo, salvo si se garantiza en las mismas una cantidad suficiente de aire que no suponga riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Además, si la Pala Cargadora de Ruedas o la Excavadora Hidráulica de Cadenas se utilizan para elevación de cargas, deberán cumplir principalmente lo siguiente:

- Los equipos de trabajo desmontables o móviles que sirvan para la elevación de cargas deberán emplearse de forma que se pueda garantizar la estabilidad del equipo durante su empleo en las condiciones previsibles, teniendo en cuenta la naturaleza del suelo.
- La elevación de trabajadores sólo estará permitida mediante equipos de trabajo y accesorios previstos a tal efecto.

No obstante, cuando con carácter excepcional hayan de utilizarse para tal fin equipos de trabajo no previstos para ello, deberán tomarse las medidas pertinentes para garantizar la seguridad de los trabajadores y disponer de una vigilancia adecuada.

Durante la permanencia de trabajadores en equipos de trabajo destinados a levantar cargas, el puesto de mando deberá estar ocupado permanentemente. Los trabajadores elevados deberán disponer de un medio de comunicación seguro y deberá estar prevista su evacuación en caso de peligro.

**Ya se ha indicado que esto no está permitido en el caso de estas máquinas, salvo causas de fuerza mayor (*accidentados de carácter grave*) y si no hay otro medio para evacuar a los heridos.**

- A menos de que fuera necesario para efectuar correctamente los trabajos, deberán tomarse medidas para evitar la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas.

No estará permitido el paso de las cargas por encima de lugares de trabajo no protegidos, ocupados habitualmente por trabajadores. Si ello no fuera posible, por no poderse garantizar la correcta realización de los trabajos de otra manera, deberán definirse y aplicarse procedimientos adecuados.

- Los accesorios de elevación deberán seleccionarse en función de las cargas que se manipulen, de los puntos de presión, del dispositivo del enganche y de las condiciones atmosféricas, y teniendo en cuenta la modalidad y la configuración del amarre. Los ensamblajes de accesorios de elevación deberán estar claramente marcados para permitir que el usuario conozca sus características, si no se desmontan tras el empleo.
- Los accesorios de elevación deberán almacenarse de forma que no se estropeen o deterioren.
- Durante el empleo de un equipo de trabajo móvil para la elevación de cargas no guiadas deberán adoptarse medidas para evitar su balanceo, vuelco y, en su caso, desplazamiento y deslizamiento. Deberá comprobarse la correcta realización de estas medidas.
- Si el operador de un equipo de trabajo para la elevación de cargas no guiadas no puede observar el trayecto completo de la carga ni directamente ni mediante los dispositivos auxiliares que faciliten las informaciones útiles, deberá designarse un encargado de señales en comunicación con el operador para guiarle y deberán adoptarse medidas de organización para evitar colisiones de la carga que puedan poner en peligro a los trabajadores.

- Todas las operaciones de levantamiento deberán estar correctamente planificadas, vigiladas adecuadamente y efectuadas con miras a proteger la seguridad de los trabajadores.
- Si algún equipo de trabajo para la elevación de cargas no guiadas no puede mantener las cargas en caso de avería parcial o total de la alimentación de energía, deberán adoptarse medidas apropiadas para evitar que los trabajadores se expongan a los riesgos correspondientes.

Las cargas suspendidas no deberán quedar sin vigilancia, salvo si es imposible el acceso a la zona de peligro y si la carga se ha colgado con toda seguridad y se mantiene de forma completamente segura.

### **3. REAL DECRETO 1389/1997, DE 5 DE SEPTIEMBRE, POR EL QUE SE APRUEBAN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DESTINADAS A PROTEGER LA SEGURIDAD Y LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EN LAS ACTIVIDADES MINERAS.**

Este Real Decreto es de carácter general, dentro del ámbito minero, y tiene por objeto establecer las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y salud de los trabajadores de las actividades mineras.

Con objeto de garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario deberá tomar las medidas necesarias para que:

- a) Los lugares de trabajo sean diseñados, construidos, equipados, puestos en servicio, utilizados y mantenidos de forma que los trabajadores puedan efectuar las tareas que se les encomienden sin comprometer su seguridad, ni su salud, ni las de los demás trabajadores.
- b) El funcionamiento de los lugares de trabajo donde haya trabajadores cuente con la supervisión de una persona responsable.
- c) Los trabajos que impliquen un riesgo específico solamente se encomienden a trabajadores competentes y dichos trabajos se ejecuten conforme a las instrucciones dadas.
- d) Todas las instrucciones de seguridad sean comprensibles para todos los trabajadores afectados.
- e) Existan instalaciones adecuadas para los primeros auxilios.
- f) Se realicen las prácticas de seguridad necesarias a intervalos regulares.

El empresario se asegurará de que se elabore y mantenga al día un documento sobre la seguridad y la salud, denominado “documento sobre seguridad y salud” (*DSS*), que recoja los requisitos pertinentes contemplados en los capítulos III y V de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

El documento sobre seguridad y salud de los trabajadores deberá demostrar, en particular:

- a) Que los riesgos a que se exponen los trabajadores en el lugar de trabajo han sido identificados y evaluados.
- b) Que se van a tomar las medidas adecuadas para alcanzar los objetivos fijados en la presente disposición.
- c) Que la concepción, la utilización y el mantenimiento del lugar de trabajo y de los equipos son seguros.

Dicho documento estará a disposición de las autoridades laboral y sanitaria así como de los delegados de prevención como representantes de los trabajadores en materia de seguridad y salud.

Cuando se encuentren en un mismo lugar de trabajo trabajadores de varias empresas, cada empresario será responsable de todos los aspectos que se encuentren bajo su control, salvo lo establecido en las disposiciones vigentes para los supuestos de subcontratación.

El empresario deberá informar, dentro de las veinticuatro horas siguientes, a la autoridad minera competente en todos los accidentes mortales y graves que se produzcan y de cualquier situación de peligro grave, sin perjuicio de cualquier otra obligación de comunicación o notificación que le imponga la legislación laboral vigente.

Además de las anteriores obligaciones generales del empresario, en el presente Real Decreto se hace mención también a los siguientes temas en los cuales el empresario deberá tomar las medidas necesarias para salvaguardar la seguridad y salud de sus trabajadores:

- Protección contra incendios, explosiones y atmósferas nocivas
- Medidas de evacuación y salvamento
- Sistemas de comunicación, alerta y alarma
- Información a los trabajadores
- Vigilancia de la salud
- Consulta y participación de los trabajadores

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud

El Anexo de este Real Decreto desarrolla las disposiciones mínimas de seguridad y salud, divididas en tres partes:

- a) Disposiciones mínimas comunes aplicables a las industrias extractivas a cielo abierto o subterráneas así como a las dependencias de superficie
  - Vigilancia y organización
  - Equipos e instalaciones mecánicos y eléctricos
  - Mantenimiento
  - Protección contra los riesgos de explosión, de incendio y de atmósferas nocivas
  - Explosivos y artificios de voladuras
  - Vías de circulación
  - Lugares de trabajo exteriores
  - Zonas de peligro
  - Vías y salidas de emergencia
  - Medios de evacuación y salvamento
  - Prácticas de seguridad y salvamento
  - Prácticas de seguridad y evacuación
  - Equipos de primeros auxilios
  - Iluminación natural y artificial
  - Instalaciones sanitarias
  - Depósitos de estériles y otras zonas de almacenamiento
  - Dependencias de superficie
  - Mujeres embarazadas y madres lactantes
  - Trabajadores minusválidos
- b) Disposiciones mínimas especiales aplicables a las industrias extractivas a cielo abierto
  - Generalidades.

- Explotación.

- i. Las labores deberán planificarse teniendo en cuenta los elementos del documento sobre seguridad y salud, en lo relativo a los riesgos de desprendimientos o de deslizamientos de los terrenos.

Por lo tanto, se definirá, con carácter preventivo, la altura y la inclinación de los frentes de desmonte y de explotación atendiendo a la naturaleza y a la estabilidad de los terrenos, así como los métodos de explotación.

Los bancos de trabajo y las pistas de circulación deberán presentar una estabilidad adecuada para la maquinaria y los vehículos utilizados en los mismos.

Deberán ser construidos y mantenidos de forma tal que la circulación de vehículos y de máquinas pueda efectuarse con toda seguridad.

- ii. Antes de iniciar o reanudar los trabajos, se inspeccionarán los frentes de desmonte y de explotación situados sobre las áreas de trabajo y sobre las pistas de circulación con el fin de asegurar la ausencia de bloques o de rocas inestables.

En su caso, deberá efectuarse el saneo de los taludes.

- iii. Los frentes o los apilamientos de material no deberán ser explotados de forma que se origine su inestabilidad.
  - iv. Se habilitarán medidas limitadoras de acceso a lugares peligrosos para todas las personas, incluso trabajadores de la empresa, ajenas al trabajo que allí se desarrolla.
- c) Disposiciones mínimas especiales aplicables a las industrias extractivas subterráneas (*quedando, por tanto, fuera del ámbito de aplicación del presente Manual*)

## 4. INSTRUCCIONES DE TRABAJO

Las instrucciones de trabajo desarrollan secuencialmente los pasos a seguir para la correcta realización de un trabajo o tarea. Por tanto, deben servir de guía al trabajador en el desarrollo de sus actividades. En este sentido, es conveniente elaborar instrucciones de trabajo escritas de aquellas tareas que se consideren críticas, bien sea por su complejidad y dificultad, bien sea debido a que la mala ejecución u omisión de dicha tarea pueda repercutir significativamente en la calidad o seguridad del trabajo.

Añadimos unas breves consideraciones prácticas de cara a su desarrollo integral por parte de la empresa:

- La elaboración de las instrucciones de trabajo en instalaciones mineras debería correr a cargo del Director Facultativo como el mejor conocedor a nivel técnico de las actividades y del entorno de trabajo. Sin embargo, otra serie de elementos del organigrama preventivo de la empresa deberán participar en esa elaboración con diferentes cometidos.
- Los mandos intermedios deberán actuar como responsables de su distribución y de su cumplimiento, así como para detectar sus mejoras o actualizaciones cuando sea necesario, y también de la identificación de la necesidad de otras nuevas.
- El personal de los Servicios de Prevención actuará asesorando y revisando las Instrucciones antes de puesta en circulación.
- Los representantes de los trabajadores en materia de seguridad y salud serán consultados antes de la aprobación definitiva.
- Los trabajadores deberán cumplir con las mismas, pero es importante que se cuente con su opinión en el proceso de elaboración, y también podrán comunicar las carencias o deficiencias que se encuentran en su aplicación.

Las fases por las que debería pasar su elaboración habrían de ser:

- Determinación de las actividades o tareas objeto de instrucción.
- Planificación de la elaboración de instrucciones.
- Análisis de la tarea a sistematizar.
- Redacción de la instrucción.
- Aprobación, tratamiento y control de la instrucción.
- Revisión periódica y actualización.

## 5. DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD

Las Disposiciones Internas de Seguridad (*DIS*) son normas internas del centro minero con las que se busca regular más ampliamente diversos aspectos que el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera o sus Instrucciones Técnicas Complementarias no dejan suficientemente definidas o que deben ser mejor definidas en función de las condiciones particulares de los diferentes lugares de trabajo existentes en el centro.

Su elaboración corresponde al Director Facultativo de la explotación, debiendo y con carácter previo a su puesta en circulación, ser sometidas a la aprobación de la Autoridad Minera, que debe analizar su pertinencia y correcto desarrollo. Una vez se haya producido aquella, la correspondiente *DIS* se convierte en una norma de obligado cumplimiento para todo el personal de la empresa principal y las empresas contratistas cuyo personal desarrolle trabajos afectados por el ámbito de aplicación de la *DIS*.

Precisamente por ser normas cuya necesidad debe juzgar la Dirección Facultativa en función de las características del entorno de trabajo y la naturaleza y condiciones de los trabajos efectuados, cada centro de trabajo dispondrá de su propia relación de *DIS*, siendo cada una de las mismas específicamente válidas para el mismo, como así habrá aprobado la Autoridad Minera.

A pesar de ello, el RGNBSM considera la necesidad de disponer de una serie de *DIS* obligatorias en todo el centro de trabajo, según se trate de una explotación a cielo abierto o subterránea.

A continuación se nombra algunas de las que más directamente pueden afectar a la operación con Palas Cargadoras de Ruedas y Excavadoras Hidráulicas de Cadenas:

- *DIS* mediante las cuales se refleje la organización de la empresa para mantener la seguridad del personal (*fijando responsabilidades y atribuciones de cada escalón jerárquico*), medidas de seguridad a tomar en situaciones excepcionales que alteran el orden normal del trabajo, la prevención y lucha contra incendios, los movimientos de máquinas, saneamiento y seguridad de los hastiales, la prevención y lucha contra el polvo, y el reconocimiento de las labores y del ambiente de la mina.
- *DIS* que regule el uso obligatorio de los equipos de protección individual.
- *DIS* que determine las condiciones y frecuencia de las operaciones de mantenimiento de las condiciones de seguridad de las pistas de la explotación.

- DIS para regular la operación de vertido.

Deben incluirse las indicaciones de obligado cumplimiento sobre el acceso, lugar y forma de proceder.

- DIS para la regulación de tráfico y la señalización correspondiente.

Estas DIS serán de obligado cumplimiento no sólo para los vehículos y maquinaria móvil de la empresa explotadora, sino también para los de las empresas externas que circulen y operen en la explotación minera. Se indicarán las velocidades máximas permitidas para cada tipo de vehículo y máquina, las condiciones de estacionamiento, aparcamiento o detención, normas de prioridad de paso, normas para el trabajo nocturno, sistemas de aviso y señales vigentes, normas de seguridad en caso de inmovilización de un vehículo o máquina en un lugar de circulación

Esta DIS no se establecerá únicamente para los viales permanentes o semipermanentes, sino también para los tajos de explotación.

- DIS que establezca el programa y las reglas para efectuar las reparaciones, mantenimientos y revisiones de los vehículos y máquinas de la explotación.
- DIS para regular los trabajos que de forma excepcional se realizarán en las proximidades de líneas eléctricas aéreas.
- DIS que defina la metodología de utilización de los equipos de carga como aparatos de elevación.

En relación a esta última DIS, es importante recordar que, si se quiere utilizar Palas Cargadoras de Ruedas o Excavadoras Hidráulicas de Cadenas para la elevación de cargas, debe seguirse lo indicado en el punto 2.5 del Capítulo 2 y en el apartado 2 de este Capítulo.

---

*Ministerio de Industria, Turismo y Comercio*

*Secretaría de Estado de Energía*

*Dirección General de Política Energética y Minas*

*P. de la Castellana 160, C.P. 28046 Madrid*

*Teléfono 902 446 006*

*<http://www.mityc.es>*

---

