

# EXCAVADORAS DE CABLES

## CUADERNO DE DESCRIPCIÓN Y PRÁCTICAS DE MAQUINARIA EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

**Equipo de trabajo:**

**Juan Herrera Herbert**

(juan.herrera@upm.es)

**Jorge Castilla Gómez**

(jorge.castilla@upm.es)

**Alberto Simarro Cemborain**

Copyright © 2014. Todos los derechos reservados

Diseño de cubiertas e interiores: Los autores.

Universidad Politécnica de Madrid  
Departamento de Ingeniería Geológica y Minera  
Laboratorio de Tecnologías Mineras

### ADVERTENCIA

El presente documento ha sido preparado con una finalidad exclusivamente divulgativa y docente. Las referencias a productos, marcas, fabricantes y estándares que pueden aparecer en el texto, se enmarcan en esa finalidad y no tienen ningún propósito comercial.

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y formativo y el ámbito de utilización se circunscribe exclusivamente a la formación de los estudiantes de la UPM. La respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar la idoneidad de la solución y los riesgos afrontados en cada caso, además de las incidencias en los costes de explotación. Consulte siempre a su ingeniería, consultor, distribuidor y fabricante de confianza en cada caso.



Este documento ha sido formateado para su visualización y uso en dispositivos electrónicos y permitir ahorrar en el consumo de papel y tóner.  
Antes de imprimirlo, piense si es necesario hacerlo.

## Índice de la obra

<b>1. EXCAVADORAS DE CABLES.....</b>	<b>5</b>
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	5
1.2. OPERACIONES BÁSICAS .....	6
1.3. APLICACIONES .....	7
1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO .....	10
1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	17
1.6. VENTAJAS.....	18
1.7. DESVENTAJAS.....	19

# 1. EXCAVADORAS DE CABLES

## 1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Las características generales son:

- Diseñada para la carga de material previamente fracturado.
- Accionamiento eléctrico.
- Las alturas de excavación están entre los 10 y 20 m.
- Las alturas de vertido varían entre 6 y 12 m.
- La excavación se consigue mediante la combinación de dos movimientos: la elevación y el empuje.



- La velocidad de desplazamiento es inferior a 1,5 km/h. y los cambios de dirección de máquina en los desplazamientos se realizan con incrementos máximos de 15 a 20 grados, por lo que tiene una movilidad muy limitada.
- Tienen capacidad para remontar pendientes reducidas, pero no se aconseja operar sobre firmes inclinados pues se puede dañar el sistema de giro.
- Proporcionan una presión específica sobre el terreno comprendida entre 0,2 y 0,35 Mpa, por lo que precisan, en general, un suelo competente y preparado.
- Permiten el arranque directo de los materiales compactos, aunque en muchos casos es aconsejable para aumentar la producción y disminuir costes de operación efectuar voladuras previas de los macizos rocosos.

## 1.2. OPERACIONES BÁSICAS

El ciclo básico de trabajo de una de estas máquinas consiste en excavar el frente de tajo, una vez lleno el cazo girar hasta situarla sobre el elemento receptor de la carga, descargar y girar en vacío hasta el frente, al mismo tiempo que desciende el cazo, para empezar el nuevo ciclo. Éste ciclo se efectúa exclusivamente con la



superestructura giratoria, pivotando sobre la infraestructura inmóvil durante el mismo. El ángulo de giro es menor de 120 grados y el ciclo no supera el medio minuto. Cada cierto tiempo es necesario reposicionar la máquina en el tajo, con objeto de recuperar o mantener la posibilidad de ejecutar un ciclo correcto aprovechando adecuadamente las fuerzas de empuje de elevación.

El traslado entre tajos se realiza sobre orugas, a baja velocidades, menores de 3 km/h. Los cambios de dirección deben ser graduales, con incrementos máximos de 15 a 20 grados, para evitar el arrastre de materiales entre los elementos del bastidor de orugas que pudieran dañarlos.

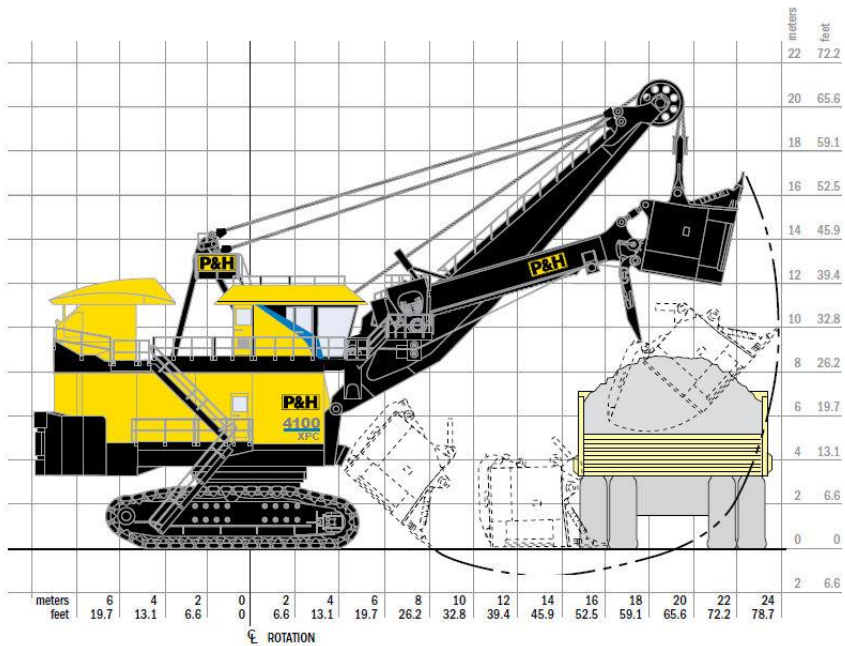


### 1.3. APLICACIONES

Las excavadoras de cables se emplean en el arranque y carga de los materiales de recubrimiento y mineral, en explotaciones llevadas a cabo por banqueo. Son por excelencia unos equipos muy robustos y de gran tradición minera, por lo que son especialmente adecuadas para condiciones de trabajo extremas. Debido a su dilatada vida útil son idóneas para proyectos de gran dimensión, ya que además proporcionan unos costes de operación bajos. La descarga del material la suelen efectuar directamente sobre volquetes, pero también la realizan en ocasiones sobre plantas móviles de trituración. Si los materiales rocosos no son excesivamente resistentes, estas máquinas pueden llevar a cabo el arranque directamente y, en casos más adversos o cuando se quiere alcanzar altos niveles de producción, se procede a dar voladuras para conseguir la fragmentación deseada.



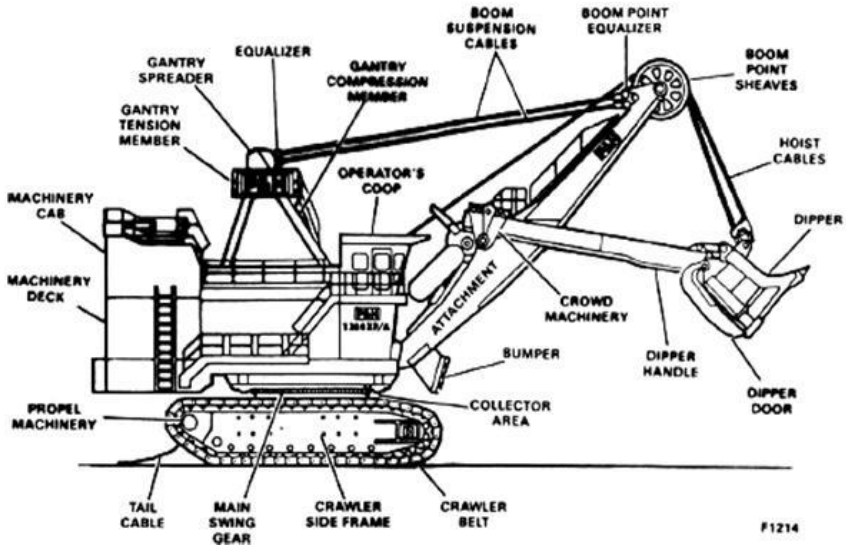




## 1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

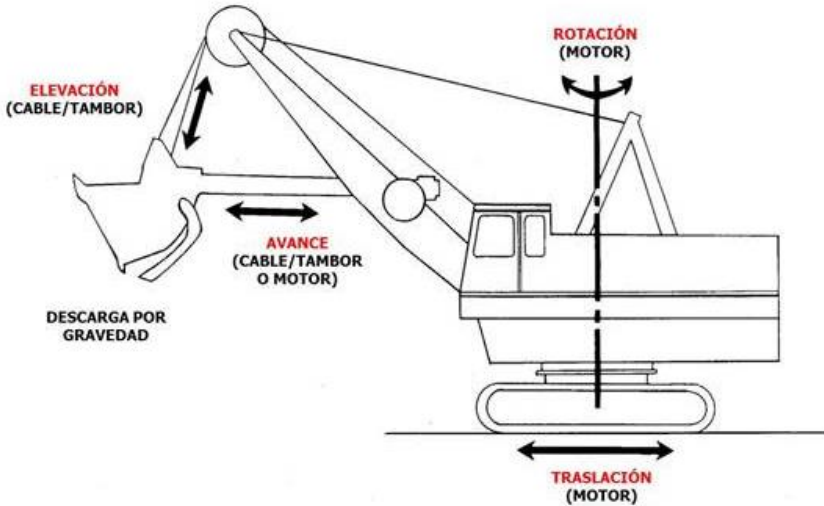
Se pueden distinguir las siguientes partes:

- Sistema Eléctrico.** La alimentación a las excavadoras se realiza en alta tensión desde la red trifásica de distribución de la explotación, utilizando una subestación intermedia para el cambio de la tensión. El cable de alimentación llega a la máquina por la parte trasera de la infraestructura. La utilización de motores de corriente continua, en vez de alterna, se hizo porque el par de salida por amperio consumido es máximo y su doble alimentación suministraba control y flexibilidad suficientemente buenos. Como primer sistema para convertir la corriente alterna de la red de suministro en corriente continua se utilizó el Ward Leonard. Posteriormente, y gracias a los nuevos componentes electrónicos, la transformación-rectificación se ha venido haciendo de forma estática, reemplazando el grupo motor generador por un puente de tiristores. Pero desde 1979, el desarrollo de los componentes electrónicos permite



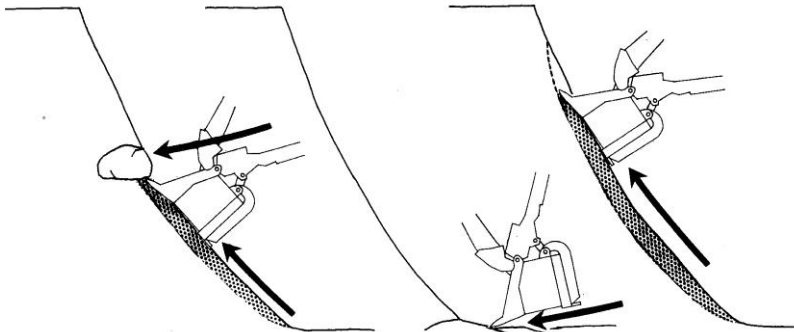
controlar eficazmente la frecuencia de la corriente alterna. Este es el sistema que se está imponiendo, pues hace posible utilizar motores de alterna, que son más baratos y fáciles de mantener y con mejor factor de potencia.

- **Superestructura giratoria.** En la plataforma de la superestructura van instalados todos los sistemas de mando y control eléctrico de los distintos mecanismos, así como la implantación en su parte delantera de los apoyos de la pluma, como soporte y estructura principal del equipo de excavación, del bastidor en "A". Los mecanismos de elevación y giro siempre están en la superestructura, los de empuje y retracción del brazo pueden estar, según el fabricante, también en ella o sobre la pluma. Y el de traslación puede estar en la superestructura aprovechando el motor de elevación, o bien en la infraestructura. La cabina del operador se encuentra en la parte delantera. En la parte trasera se encuentra el contrapeso.
- **Mecanismo de elevación.** La elevación del cazo se hace siempre mediante cables, por lo que el mecanismo está compuesto por uno o dos motores eléctricos y una transmisión por engranajes hasta el tambor de enrollamiento. El mecanismo lleva un freno de zapata, accionado por un muelle para mantener el cazo elevado durante los desplazamientos de la



máquina. El freno se quita neumáticamente para trabajar, manejándose desde la cabina del operador mediante control eléctrico.

- **Mecanismo de empuje y retroceso del cazo.** Existen distintos mecanismos de empuje del cazo dependiendo del fabricante. Las Bucyrus (hoy CAT) para los movimientos de empuje y retroceso, transmiten estos movimientos al brazo por medio de cables, el mecanismo va situado en el centro del lado delantero de la superestructura. El tambor es único y común para los dos cables, que van enrollados en el en sentidos opuestos y teniendo engarzados en el mismo el principio y final de cada cable.

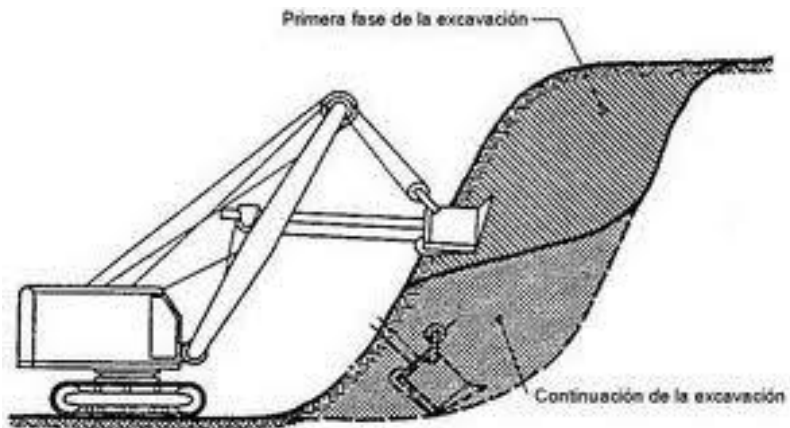


Ambos pasan por unas poleas dobles situadas en la guiadera, antes de dirigirse a sus puntos de acción, en el tope del brazo el de empuje y en el extremo delantero el de retroceso. El brazo es único, constituido por un robusto tubo circular que puede girar libremente dentro de la guiadera. El sistema que montan algunas máquinas consiste en un mecanismo de piñón y cremallera. Todo el conjunto va montado al aire sobre la pluma, cerca de la guiadera, por lo que aumenta la inercia de giro de la máquina. Normalmente es un conjunto gemelo, es decir el motor acciona hasta dos piñones situados a cada uno de los lados de la pluma, que engarzan en dos cremalleras. Por consiguiente, el brazo es doble siendo la pluma interior a estos. Las excavadoras P & H también utilizan el piñón y cremallera, pero utilizando correas de transmisión entre el motor y los engranajes. De esta forma consiguen por un lado un amortiguamiento frente a las sobrecargas y, por otro lado, la longitud de las correas permite que el motor vaya en la parte baja de la pluma con lo que disminuye la inercia de giro.

- **Mecanismo de giro.** Es el que permite el giro de 360 grados, en cualquiera de los dos sentidos, de toda la superestructura respecto a la infraestructura apoyada sobre el suelo. El desplazamiento giratorio se hace sobre dos pistas circulares de giro, compuestas de varios segmentos. Una de ellas es solidaria a la superestructura y la otra a la infraestructura. Entre ambas existe libre una corona circular de rodillos locos, que distribuyen la carga de la superestructura sobre la infraestructura.
- **Mecanismo de traslación y dirección.** Algunas excavadoras, sobre todo en los modelos pequeños, aprovechan el mismo motor de elevación para hacer la traslación, manteniéndose el mecanismo de dirección de las orugas en la infraestructura. Para realizar esta doble función, nunca simultáneamente, el motor acciona el mecanismo de elevación o el de traslación mediante embragues de aire comprimido. Los diseños modernos instalan motor o motores independientes de traslación en la parte trasera de la infraestructura.
- **Infraestructura y bastidores de orugas.** Consiste en una robusta estructura que soporta toda la máquina, montada en dos bastidores de orugas sobre las que excavadora realiza los desplazamientos. Sobre ella gira la superestructura, estando el eje de giro o pivote central alojado en el centro de la infraestructura. Ésta lleva en su parte superior la corona dentada de giro y la pista inferior del círculo de rodillos. Los bastidores que soportan las orugas son dos, uno a cada lado de la infraestructura y solidarios a ella. Normalmente los ejes de las ruedas inferiores están fijados rígidamente al bastidor.



- **Sistema neumático.** Como hemos visto anteriormente, los distintos mecanismos van provistos de frenos y embragues accionados por aire comprimido. Éste se produce en un grupo moto-compresor, situado detrás de la cabina presurizada de la plataforma giratoria, con un calderín fuera de ella. El motor es de corriente alterna y el circuito de baja presión.
- **Cables de accionamiento.** Antes se debe mencionar los cables de suspensión. Estos, formando dos parejas, son los que mantienen la pluma en posición, con su ángulo de inclinación fijo e inamovible. Para ello van enganchados en la parte superior del bastidor o estructura en "A" y en el extremo de la pluma. Como se ha visto antes el movimiento de elevación se hace siempre mediante cable y en el caso de las máquinas Bucyrus también el de empuje/retroceso. Todos estos cables de movimiento se recomienda que sean rellenos, con arrollamiento Lang y perforados con alma metálica. Normalmente los cables de elevación son dos dobles o dos emparejados con deflector central en la cuba y los extremos enrollados en tambor. Los cables de empuje y de retroceso son dos independientes con tambor de enrollamiento común, pues forman un conjunto accionado por el mismo motor.



- **Equipo frontal de excavación.** Está formado por el brazo, la pluma y el cazo. El brazo es el elemento que transmite al cazo, situado en su extremo delantero, la fuerza de empuje necesaria para penetrar en el material a excavar o cargar. Para ello desliza en una guidera pivotante ubicada en la pluma. Según sea el mecanismo de empuje su sección es circular o rectangular. La pluma es el soporte de todo el equipo de excavación. Está apoyada mediante orejetas y bulones, en la parte frontal de la

superestructura giratoria y soportada por los cables de suspensión, amarrados a la estructura en "A". Estructuralmente puede estar constituida por una única pieza o por dos. Por último está el cazo, va situado en el extremo del brazo y solidariamente unido a él por pernos para facilitar su reemplazamiento o incluso para modificar su inclinación. Los cambios sufridos en los diseños de los cazos en los últimos años han sido muy importantes, influyendo fundamentalmente en la productividad de la excavadora. Su capacidad está relacionada con la densidad de los materiales a cargar. La dureza del trabajo exige cazos robustos y por tanto pesados en detrimento de la carga que puede elevarse en cada ciclo. Por esto las nuevas aleaciones han permitido que el peso de los cazos hayan disminuido sin bajar su dureza y rendimiento. La geometría de los diseños de los cazos de los distintos fabricantes puede variar considerablemente y el usuario debe tener en cuenta cinco parámetros: el ángulo de ataque, el ángulo de excavación, la anchura del cazo, la altura de cazo y la profundidad del cazo.

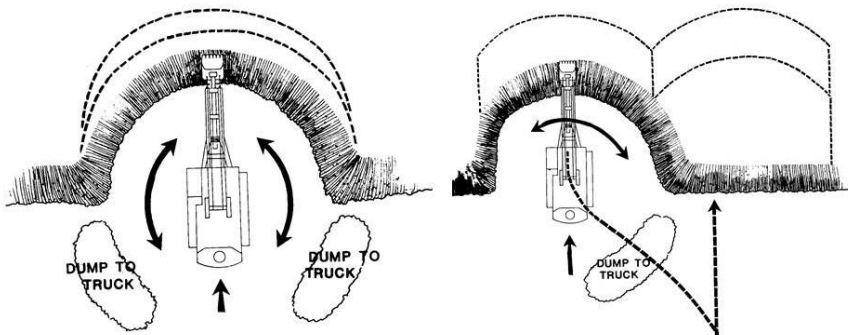


## 1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

Se pueden distinguir tres procedimientos de trabajo con excavadoras de carga:

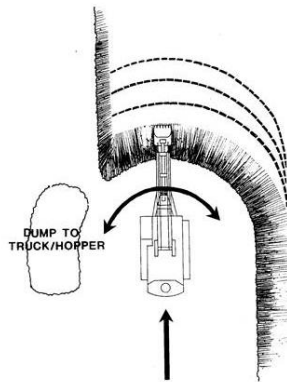
- Carga a los dos lados. Sin duda es el que mejor aprovecha las características operativas de la excavadora. Esta ataca el tajo con sus dos orugas perpendiculares a él, cargando alternativamente a los volquetes que se van situando a ambos lados, de forma que el tiempo de carga de un volquete, que sería tiempo de espera para el siguiente, es aprovechado por este último para situarse adecuadamente en su posición de carga. De esta manera la maquina está saturada y se obtiene su máximo rendimiento, pero requiere una flota de transporte adecuada.
- Carga a un solo lado. Hay situaciones en una explotación a cielo abierto en las que no se dispone de espacio suficiente para carga a ambos lados de la excavadora y también hay diseños que sólo consideran la carga por un solo lado. Ejemplos de estas situaciones sería la excavación del acceso a un nuevo banco o la búsqueda de mineral de determinada ley. La ventaja de este método es que se acomoda a cualquier situación. Pero tiene un menor rendimiento pues el tiempo de ciclo de carga se alarga, no sólo por la espera de que se coloque el siguiente volquete, sino también porque los ángulos de giro son mayores.

### Práctica operativa



- Avance paralelo al banco. Este método es antiguo, surgió de la necesidad de cargar trenes, como primer sistema de transporte de gran capacidad; luego aparecieron los camiones. En ambos casos, las posibilidades de maniobrabilidad de la unidad de transporte son nulas o mínimas y lentas. Debido a que el procedimiento tiene indudables ventajas en ciertas situaciones, se sigue empleando actualmente aunque las unidades de transporte puedan haber cambiado. La excavadora y unidad de transporte tienen trayectorias paralelas, y también son paralelas a la cara del banco.

### ■ Práctica operativa



## 1.6. VENTAJAS

- Proporcionan una producción elevada con un coste de operación bajo.
- Son máquinas pesadas y robustas adecuadas para excavar cualquier tipo de material.
- Fiabilidad elevada y buena disponibilidad y eficiencia.
- La operación se realiza con buena estabilidad y suavidad.
- Por la forma de efectuar el arranque, proporcionan una buena mezcla en dirección vertical durante la carga.
- Permiten el arranque directo de los materiales compactos.
- Pueden trabajar en tajos de reducidas dimensiones.
- Obtienen un buen rendimiento incluso con malas condiciones del piso, ya que funcionan sin desplazarse.

- El operador dispone de una buena visibilidad durante la operación y en condiciones seguras.
- Vida útil por encima de las 60.000h.
- Menores costes de operación en operaciones a gran escala.

## 1.7. **DESVENTAJAS**

- Alto coste de inversión.
- La capacidad de excavación es reducida por debajo del nivel de oruga.
- Velocidad de desplazamiento muy baja.
- Limitada movilidad y flexibilidad.
- Limitación en los cambios de dirección.
- No es aconsejable que operen sobre pendientes, pues pueden aparecer problemas en el sistema de giro.
- No son máquinas adecuadas para efectuar arranque y/o carga selectivos.
- Precisan de suelos competentes y preparados para operar.
- Requieren un equipo auxiliar en el tajo para mantener una producción elevada junto con la flota de volquetes.
- El personal de operación requiere una alta cualificación.
- El mantenimiento de la máquina debe hacerse en el tajo, lo que implica mayores dificultades.
- Las inversiones elevadas en este tipo de máquinas hacen que sólo se consideren en proyectos de una gran duración.
- Necesidad de una buena planificación suficientemente adelantada.
- Necesidad de grandes voladuras.