

EXCAVADORAS DE RODETE (ROTOPALAS)

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

1. ROTOPALAS COMPACTAS.....	5
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	5
1.2. OPERACIONES BÁSICAS	6
1.3. APLICACIONES.....	7
1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	8
1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	15
1.6. VENTAJAS.....	16
1.7. DESVENTAJAS.....	17
2. ROTOPALA SEMICOMPACTA.....	19
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	19
2.2. OPERACIONES BÁSICAS	20
2.3. APLICACIONES.....	21
2.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	22
2.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	26
2.6. VENTAJAS.....	27
2.7. DESVENTAJAS.....	28
3. ROTOPALA CONVENCIONAL.....	29
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	29
3.2. OPERACIONES BÁSICAS	31
3.3. APLICACIONES.....	32
3.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	33
3.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	38
3.6. VENTAJAS.....	39
3.7. DESVENTAJAS.....	40

1. ROTOPALAS COMPACTAS

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Son máquinas en las que la relación entre longitud del brazo del rodete / diámetro del rodete es 2.

Los componentes principales de una rotopala son:

- El tren de rodaje. El sistema más utilizado en minería a cielo abierto es el de orugas.
- El chasis inferior.
- La corona de giro, que une el chasis inferior con la superestructura.
- La superestructura giratoria, donde va instalado el brazo del rodete, el



sistema de izado y el brazo de descarga.

- El brazo del rodete que sujeta el rodete y en el que está la cinta por la que circula el material desde el rodete.
- El rodete, que contiene los cangilones y es el componente que realiza la excavación al girar.
- El sistema de izado, que en rotopalas compactas de accionamiento electrohidráulico utilizan cilindros hidráulicos. Si el sistema de izado es por cables, en las rotopalas compactas, al ser máquinas pequeñas, es suficiente con un solo cabrestante, con dos tambores y dos frenos independientes.
- El brazo de descarga. Por el que se descarga el material.
- Por último el sistema de cintas. Que en el caso de las rotopalas compactas está compuesto por solo dos cintas.

También es importante que son máquinas de excavación continua que tienen un consumo menor que otro tipo de excavadoras.



1.2. OPERACIONES BÁSICAS

La forma de operar de una rotopala se basa en la combinación de dos movimientos: la rotación del rodete y el giro del brazo que sustenta al mismo. La huella que se produce en el frente de excavación es similar a una curva helicoidal cuyo diámetro es igual al diámetro del rodete, y el radio de curvatura es igual a la distancia horizontal del eje del rodete al eje de giro del brazo. Cuando la rotopala

completa una pasada de espesor t se produce una traslación de la misma para efectuar un corte concéntrico al anterior.

La rotopala puedes excavar en dos formas:

- En terrazas, el rodete avanza un paso en cada inversión de giro de brazo. Una vez concluida la terraza, el rodete retrocede, desciende y comienza la terraza siguiente.
- En el corte descendente, el rodete baja en cada inversión de giro del brazo. Acabado el corte se iza el rodete, se avanza y se comienza el nuevo corte.



1.3. APLICACIONES

- A) En minería:
- Excavación del recubrimiento, con vertido directo, en todo el espeso, hasta dejar el mineral al descubierto.
 - Arranque del recubrimiento con vertido directo de los materiales poco consolidados más superficiales, dejando al descubierto las rocas competentes.
 - Excavación del recubrimiento con vertido a una cinta puente o a la cinta transportadora perimetral.
 - Extracción del mineral cuando éste es poco resistente.
 - Retirada de la tierra vegetal con unidades pequeñas para su recolocación en la parte superior de la escombrera con vistas a conseguir una buena recuperación de los terrenos.

B) En obras públicas:

- Ejecución de grandes movimientos de tierra en obras lineales, tales como canales y autopistas.

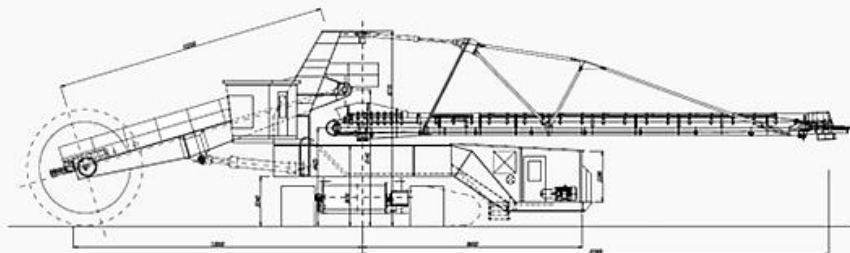


1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las partes más importantes de una rotopala son:

- **El tren de rodaje.** Permite la traslación de la máquina y puede ser sobre vías o sobre orugas.
 - En el caso del sistema de vías las fuerzas originadas en la máquina se transmiten al terreno por medio de los carriles. La retención del equipo se produce debido a la fricción entre ruedas y los carriles. Presenta inconvenientes como que hay que mantener limpios los carriles para permitir una buena traslación y frenado. Los desplazamientos de la máquina se ven muy limitados en las curvas y también lo está la capacidad para remontar pendientes. La unidad no puede trabajar en el sistema de bloque lleno, que es la forma de trabajo más favorable. Y el sistema es poco operativo en minas con mal terreno y alta pluviometría. Este sistema generalmente solo se usa en rotopalas tipo "combi", aplicadas a los parques de homogeneización, y en las excavadoras de rosario de cangilones.

Rotopals compactas



Types		KWK250		KWK200		KWK315		KWK400		KWK500	
		N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
Building series											
Theoretical capacity	1m ³ /h	1250		2000		3150		4250		5250	
Effective capacity	Fm ³ /h	500		900		1400		1800		2300	
Bucket wheel diameter	m	5,5		6,8		8,3		9,3		10,5	
Bucket volume	L	250		450		710		1075		1350	
Drive power of bucket wheel	kW	132	210	210	360	400	630	530	840	660	1100
Belt width	m	1		1,2		1,4		1,6		1,8	
Bucket wheel jib overhang	m	9,4		12,2		15,8		18,7		22	
Loading conveyor overhang	m	20		22		25		28		31	
Weight in readiness to work	t	147	175	240	290	450	540	640	780	880	1080
Average ground pressure	kPa	100	120	100	120	110	130	110	130	120	140
Connection capacity	kVa	310	420	510	710	970	1280	1300	1720	1660	2200
Belt width	m	1		1,2		1,4		1,6		1,6	





- Por otro lado está el sistema de orugas más utilizado en minería a cielo abierto por ventajas que tiene como: la superficie de las placas de las cadenas puede ser suficientemente grande para ejercer una presión adecuada a la capacidad portante de los terrenos. Ofrecen una gran maniobrabilidad y capacidad para adaptarse a las condiciones de operación. Pueden superar pendientes importantes mayores del 15%. La traslación de la máquina es independiente de la posición del brazo del rodete. La traslación en el tajo puede variarse de acuerdo con las necesidades o puede mantenerse fija durante la fase de operación. Cuando la máquina no está en movimiento, se mantiene parada debido a la fricción entre las placas y la superficie de apoyo. En todos los casos las cargas verticales se transmiten estáticamente al terreno. Hasta un cierto nivel las orugas se adaptan a las irregularidades del terreno. Es posible cambiar rápidamente la dirección. El sistema es funcional, incluso en malas condiciones meteorológicas y bajas capacidades portantes de la plataforma de trabajo.
- El diseño y configuración del tren de rodaje dependen fundamentalmente de la capacidad portante de los materiales y del peso en operación de la máquina. Pueden ser:
 - De dos orugas.
 - De tres orugas.
 - De cuatro orugas.
 - De tres orugas dobles.

- De seis orugas dobles.
- **Corona de giro.** Durante la operación, el brazo del rodete debe colocarse en una posición adecuada, por lo que la superestructura de la rotopala debe poder girar sobre el chasis inferior transmitiéndole las cargas horizontales y verticales que se originan en la excavación. El elemento que permite este giro sin desgaste de las dos partes es la corona giratoria. También sirve para retener la superestructura en una determinada posición cuando la máquina no está en funcionamiento. Las máquinas con un brazo de descarga normal precisan una corona de giro adicional a la del brazo del rodete. La corona está formada por el rodamiento y por la corona dentada y el piñón motriz.
- **Brazo del rodete.** La longitud de brazo del rodete influye sobre la anchura del bloque de extracción, la altura del banco y la selectividad de la rotopala. Por otro lado, la elección del parámetro "L/D" debe ajustarse a cada tipo de yacimiento, determinando:
 - La altura de banco.
 - La anchura del bloque.
 - Las maniobras de la rotopala en el cambio de terraza.
 - El número de máquinas en operación.
 - Los tiempos improductivos: ripado de cintas, etc.
 - La inversión necesaria.
 - La vida del proyecto.



- **Rodete.** Es el componente que arranca el material del frente de excavación, y su diseño influye decisivamente sobre la producción del equipo. Este diseño depende básicamente de las propiedades geoestructurales de los macizos, las resistencias de los materiales a ser excavados y la producción horaria requerida. El diseño del rodete debe efectuarse cuidadosamente, ya que cada tonelada en el mismo repercute en el peso final de la máquina con unas 400 toneladas adicionales y, por tanto, en el precio final del equipo. Existen tres tipos básicos de rodetes:
 - Rodete celular. En él una placa de caída en forma de arco cierra el espacio existente debajo del cangilón, constituyendo la llamada célula. Las células guían el material arrancado por el rodete haciendo que caiga sobre la cinta lateral de que dispone el brazo. Una de las características de este diseño es su pequeño desgaste relativo y la menor potencia específica requerida.
 - Rodete no celular. Se construyen insertando los cangilones en el espacio anular. Este espacio proporciona un aumento de la capacidad del cangilón de un 50% del volumen del mismo. El cierre es de tipo radial, con una placa de caída circular que solamente permite la descarga del material e el comienzo de la abertura de descarga. El material entonces cae sobre la placa de transferencia montada en el rodete, guiándolo hacia la cinta lateral del brazo. Este tipo de rodete es generalmente de menor diámetro que el celular.
 - Rodete semicelular. Consiste en el cierre del espacio inferior de los cangilones mediante unos planos llamados semicelulares. El cierre se efectúa en una dirección radial mediante una placa o vertedera fija. Esta placa dispuesta en el interior del rodete sólo permite que caiga el material en la zona de la apertura de descarga, sobre la placa de transferencia que lo guía hacia la cinta lateral.
- **Cangilones y elementos de corte.** La forma y dimensiones del cangilón influyen en el grado de llenado y en la facilidad de vaciado del mismo. Los cangilones pueden ser rectangulares, trapezoidales y circulares, con respaldo cerrado o cubierto de cadenas. Con materiales que se vacían fácilmente la relación anchura/altura es 1 mientras que con materiales pegajosos se tiene una menor anchura con una relación de 1,6 y unas caras laterales más inclinadas para evitar la formación de puentes. Los cangilones con respaldos de cadenas pueden descargar sin dificultad materiales húmedos y pegajosos.

- Los elementos de corte constituyen una de las partes más importantes del diseño del rodete. Los ángulos de corte cuando no son correctos por su geometría o porque se han desgastado, producen dificultades en el arranque, generando un aumento en el consumo de energía, una disminución en la producción y un incremento de los esfuerzos en el corte que se traducen en vibraciones que afectan a la superestructura. Los elementos de corte que se emplean son de tres tipos: dientes, cuchillas de corte u orejetas angulares.
- Los precortadores son unos elementos de corte especiales que consisten en unos cangilones con fondo abierto. Se instalan entre cada dos cangilones, y su misión es la de arrancar el material para conseguir un llenado más eficiente. El disponer de precortadores exige un incremento de la potencia de accionamiento, pero queda compensado por las ventajas de su utilización y por la posibilidad de sustituirlos por cangilones convencionales.
- **Sistema de izado.** Posibilita el posicionamiento del rodete a la altura requerida durante la operación, previniéndose la bajada de éste cuando no se trabaja, la subida rápida si se produce un derrumbe de talud o simplemente mantener el rodete a una altura determinada estando parado. Pueden ser de cilindros hidráulicos o de cables.
 - El mecanismo de cilindros hidráulicos se emplea preferentemente en las rotopalas compactas de accionamiento electrohidráulico. El cilindro de izado se coloca bajo la pluma del rodete y se fija al a superestructura giratoria. Como consecuencia de las grandes fuerzas que pueden desarrollarse con los cilindros, es posible utilizar unidades simples. También se emplea éste sistema en el izado de la pluma de descarga, pero sus dimensiones son mucho más pequeñas.
 - El sistema de izado por cables es el más fiable para levantar y bajar grandes cargas. En las unidades mayores se emplea no sólo en la elevación del brazo del rodete, sino incluso en la del brazo de descarga. El sistema comprende una serie de tambores de enrollado accionados electrónicamente y un conjunto de poleas de reenvío. En el caso de máquinas pequeñas, es suficiente con un único cabrestante, con dos tambores y dos frenos independientes. Las mayores tensiones aparecen en el cabestrante y en la estructura soporte. Con el fin de alcanzar la máxima vida en servicio de los cables de izado, se recomienda que la relación entre el diámetro del mismo, "d", y el diámetro de los tambores y polea, "D", sea $D=25d$.

- Descarga de la rotopala. La descarga se puede efectuar por:
 - Brazo de descarga, la rotopala vierte el material directamente sobre el carro tolva o en el hueco creado, si es que éste se autorrellena y, una vez realizada la excavación de un bloque, la cinta del tajo se traslada paralelamente al mismo.
 - Brazo de descarga y carro cinta. El carro cinta permite la excavación por la rotopala de dos o más bloques, sin efectuar el ripado de cintas. El sistema tiene las ventajas de que disminuye el número de ripados y aumenta la eficacia de la rotopala. Facilita la apertura de bancos. Y permite realizar la excavación y transporte a diferentes niveles.
 - Puente de conexión. Este sistema es el más empleado en las grandes unidades y ayuda a compensar las distancias entre la rotopala y la unidad de descarga. Éste sistema tiene como características que con la extensión automática del puente, el proceso de carga de cinta es más o menos independiente de los movimientos de la excavadora. También el operador se encuentra cerca de la cinta de tajo y controla fácilmente el movimiento de las orugas. La cinta de carga se puede ajustar en altura. La tolva de descarga puede suspenderse de la cinta de carga, eliminando el carro tolva. Y por último, la cinta de banco puede situarse a diferente nivel que la rotopala.
- **Sistema de cintas.** En el desarrollo de las rotopalas se ha producido una fuerte reducción en el número de cintas y puntos de transferencia. Así en las grandes unidades, se ha pasado de 10 a 4 cintas. Que son la cinta del rodete, la cinta central que se desplaza excéntricamente, la cinta extensible del puente y la cinta de carga. En las rotopalas semicompactas se prescinde de la cinta central y en las compactas solo existen dos cintas.

1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

Los métodos de trabajo principales son:

- Excavación en bloque lleno. Es el sistema más utilizado en la actualidad, debido a la gran movilidad de que disponen las excavadoras sobre orugas. La rotopala puede trabajar en terrazas o por corte descendente con un ángulo del brazo del rodete en relación al talud que va

disminuyendo a medida que progresa la excavación hacia abajo. La anchura del bloque se dimensiona de forma que el brazo del rodete forme un ángulo de 80 grados con relación al nuevo talud y de 45 a 50 con relación al antiguo. El vertido puede realizarse sobre cinta, ferrocarril, volquete cinta puente o apilador, siendo los más frecuentes el primer y último sistema.

- Excavación en frente largo. Se realiza manteniendo el brazo del rodete en dirección perpendicular a la dirección del circuito de transporte, desplazándose la máquina paralelamente al frente. En este sistema el tren de orugas es el componente que opera con mayor intensidad, siendo frecuente que este tipo de rotopalas se desplace sobre vías. Con máquinas de brazo extensible se puede conseguir la excavación en terrazas, haciendo posible el arranque selectivo. Con este sistema el banco de trabajo tiene que presentar una buena estabilidad.
- Excavación en bloque lateral. La rotopala lleva sus orugas entre el pie del talud y el circuito de transporte, de igual forma que en la excavación en frente largo, realizando el arranque con el sistema en bloque lleno, es decir, girando el brazo del rodete.
- Excavación bajo nivel de orugas. Este sistema permite aumentar la altura de banco para una posición del tren de orugas. La altura del banco inferior es menor que la que consigue la misma excavadora en el banco superior, estando en una relación 1 a 3. La excavación bajo el nivel de orugas puede hacerse manteniendo o cambiando el sentido de giro del rodete:
 - Con igual sentido de giro se necesita un brazo de rodete largo y se reduce la anchura de banco.
 - Cambiando el sentido de giro se aumentan las posibilidades, existiendo sólo la limitación que se impone por el ángulo máximo posible de la cinta del brazo de carga. Éste cambio de sentido solo es posibles con diseños de rodete no celulares.

1.6. VENTAJAS

- Para una producción dada, las rotopalas son más pequeñas que las dragalinas o las excavadoras.
- Son máquinas de excavación continua, no cíclica.
- Tienen un consumo de energía menor, del 60 al 70% del de las excavadoras de cable, por unidad de producción.

- No generan impactos durante la carga.
- Poseen un radio de vertido grande.
- Pueden operar por encima o por debajo del nivel de orugas o apoyo.
- El material excavado puede ser descargado sobre una gran variedad de sistemas: camiones, vagones, o cintas transportadoras.
- Pueden trabajar con bancos de diferente altura.
- Proporcionan un material excavado de pequeño tamaño, lo que facilita su transporte con cintas.
- Pueden diseñarse con una baja presión específica sobre el terreno, siendo adecuadas en suelos de baja capacidad portante y con malas condiciones meteorológicas.
- El sistema de trabajo proporciona taludes muy estables y bancos anchos.
- Permiten una gran selectividad en la excavación.
- Pueden entregar el material por encima o por debajo del banco de trabajo.
- Tienen un contrapeso pequeño.

Ventajas de las compactas:

- Menor inversión, del orden de un 20% menor que las rotopalas convencionales.
- Menor peso y mayor estabilidad, consiguiéndose mayor seguridad en la operación.
- Menor tiempo de entrega a partir del pedido.

1.7. **DESVENTAJAS**

- Requieren un mantenimiento amplio y complejo.
- Configuran sistemas poco flexibles debido a su poca movilidad. Su utilización se ve muy afectada por los cambios geométricos y tectónicos del yacimiento.
- No pueden excavar materiales compactos y abrasivos.
- Constituyen sistemas en los que existe una fuerte dependencia entre disponibilidad global y el número de elementos en serie que los integran.
- Son equipos que requieren unas inversiones muy elevadas.

Inconvenientes de las compactas:

- Las excavadoras compactas se construyen con dos orugas, por lo que tienen una limitación en el peso debido a los esfuerzos que se transmiten al rodaje, de ahí que el tamaño máximo actual sea de 1600 t con una producción de unos 7500 m³/h.

- El menor brazo del rodete se traduce en una menor eficacia de la operación, especialmente cuando se realiza arranque selectivo.

2. ROTOPALA SEMICOMPACTA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Son máquinas en las que la relación entre longitud del brazo del rodete / diámetro del rodete es 3.

Los componentes principales de una rotopala son:

- El tren de rodaje. El sistema más utilizado en minería a cielo abierto es el de orugas.
- El chasis inferior.
- La corona de giro, que une el chasis inferior con la superestructura.
- La superestructura giratoria, donde va instalado el brazo del rodete, el sistema de izado y el brazo de descarga.
- El brazo del rodete que sujeta el rodete y en el que está la cinta por la que circula el material desde el rodete.
- El rodete, que contiene los cangilones y es el componente que realiza la



excavación al girar.

- El sistema de izado, que en rotopalas compactas de accionamiento electrohidráulico utilizan cilindros hidráulicos. Si el sistema de izado es por cables, en las rotopalas compactas, al ser máquinas pequeñas, es suficiente con un solo cabrestante, con dos tambores y dos frenos independientes.
- El brazo de descarga. Por el que se descarga el material.
- Por último el sistema de cintas. Que en el caso de las rotopalas compactas está compuesto por solo dos cintas.

También es importante que son máquinas de excavación continua que tienen un consumo menor que otro tipo de excavadoras.



2.2. OPERACIONES BÁSICAS

La forma de operar de una rotopala se basa en la combinación de dos movimientos: la rotación del rodete y el giro del brazo que sustenta al mismo. La huella que se produce en el frente de excavación es similar a una curva helicoidal cuyo diámetro es igual al diámetro del rodete, y el radio de curvatura es igual a la distancia horizontal del eje del rodete al eje de giro del brazo. Cuando la rotopala completa una pasada de espesor t se produce una traslación de la misma para

efectuar un corte concéntrico al anterior.

La rotopala puedes excavar en dos formas:

- En terrazas, el rodete avanza un paso en cada inversión de giro de brazo. Una vez concluida la terraza, el rodete retrocede, desciende y comienza la terraza siguiente.
- En el corte descendente, el rodete baja en cada inversión de giro del brazo. Acabado el corte se iza el rodete, se avanza y se comienza el nuevo corte.



2.3. APLICACIONES

- A) En minería:
- Excavación del recubrimiento, con vertido directo, en todo el espeso, hasta dejar el mineral al descubierto.
 - Arranque del recubrimiento con vertido directo de los materiales poco consolidados más superficiales, dejando al descubierto las rocas competentes.
 - Excavación del recubrimiento con vertido a una cinta puente o a la cinta transportadora perimetral.
 - Extracción del mineral cuando éste es poco resistente.
 - Retirada de la tierra vegetal con unidades pequeñas para su

recolocación en la parte superior de la escombrera con vistas a conseguir una buena recuperación de los terrenos.

B) En obras públicas:

- Ejecución de grandes movimientos de tierra en obras lineales, tales como canales y autopistas.

2.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las partes más importantes de una rotopala son:

- **El tren de rodaje.** Permite la traslación de la máquina y puede ser sobre vías o sobre orugas.
 - En el caso del sistema de vías las fuerzas originadas en la máquina se transmiten al terreno por medio de los carriles. La retención del equipo se produce debido a la fricción entre ruedas y los carriles. Presenta inconvenientes como que hay que mantener limpios los carriles para permitir una buena translación y frenado. Los desplazamientos de la máquina se ven muy limitados en las curvas y también lo está la capacidad para remontar pendientes. La unidad no puede trabajar en el sistema de bloque lleno, que es la forma de trabajo más favorable. Y el sistema es poco operativo en minas con mal terreno y alta pluviometría. Este sistema generalmente solo se usa en rotopalas tipo "combi", aplicadas a los parques de homogeneización, y en las excavadoras de rosario de cangilones.
 - Por otro lado está el sistema de orugas más utilizado en minería a cielo abierto por ventajas que tiene como: la superficie de las placas de las cadenas puede ser suficientemente grande para ejercer una presión adecuada a la capacidad portante de los terrenos. Ofrecen una gran maniobrabilidad y capacidad para adaptarse a las condiciones de operación. Pueden superar pendientes importantes mayores del 15%. La traslación de la máquina es independiente de la posición del brazo del rodete. La traslación en el tajo puede variarse de acuerdo con las necesidades o puede mantenerse fija durante la fase de operación. Cuando la máquina no está en movimiento, se mantiene parada debido a la fricción entre las placas y la superficie de apoyo. En todos los casos las cargas verticales se transmiten estáticamente al terreno. Hasta un cierto nivel las orugas se adaptan a las irregularidades del terreno. Es posible cambiar rápidamente la dirección. El sistema es funcional, incluso en malas condiciones meteorológicas y bajas capacidades portantes de la plataforma de trabajo.

- El diseño y configuración del tren de rodaje dependen fundamentalmente de la capacidad portante de los materiales y del peso en operación de la máquina. Pueden ser:
 - De dos orugas.
 - De tres orugas.
 - De cuatro orugas.
 - De tres orugas dobles.
 - De seis orugas dobles.

- **Corona de giro.** Durante la operación, el brazo del rodete debe colocarse en una posición adecuada, por lo que la superestructura de la rotopala debe poder girar sobre el chasis inferior transmitiéndole las cargas horizontales y verticales que se originan en la excavación. El elemento que permite este giro sin desgaste de las dos partes es la corona giratoria. También sirve para retener la superestructura en una determinada posición cuando la máquina no está en funcionamiento. Las máquinas con un brazo de descarga normal precisan una corona de giro adicional a la del brazo del rodete. La corona está formada por el rodamiento y por la corona dentada y el piñón motriz.

- **Brazo del rodete.** La longitud de brazo del rodete influye sobre la anchura del bloque de extracción, la altura del banco y la selectividad de la rotopala. Por otro lado, la elección del parámetro "L/D" debe ajustarse a cada tipo de yacimiento, determinando:
 - La altura de banco.
 - La anchura del bloque.
 - Las maniobras de la rotopala en el cambio de terraza.
 - El número de máquinas en operación.
 - Los tiempos improductivos: ripado de cintas, etc.
 - La inversión necesaria.
 - La vida del proyecto.

- **Rodete.** Es el componente que arranca el material del frente de excavación, y su diseño influye decisivamente sobre la producción del equipo. Este diseño depende básicamente de las propiedades geoestructurales de los macizos, las resistencias de los materiales a ser excavados y la producción horaria requerida. El diseño del rodete debe efectuarse cuidadosamente, ya que cada tonelada en el mismo repercute en el peso final de la máquina con unas 400 toneladas adicionales y, por tanto, en el precio final del equipo. Existen tres tipos básicos de rodetes:
 - Rodete celular. En él una placa de caída en forma de arco cierra el espacio existente debajo del cangilón, constituyendo la llamada célula. Las células guían el material arrancado por el rodete haciendo que caiga sobre la cinta lateral de que dispone

el brazo. Una de las características de este diseño es su pequeño desgaste relativo y la menor potencia específica requerida.

- Rodete no celular. Se construyen insertando los cangilones en el espacio anular. Este espacio proporciona un aumento de la capacidad del cangilón de un 50% del volumen del mismo. El cierre es de tipo radial, con una placa de caída circular que solamente permite la descarga del material e el comienzo de la abertura de descarga. El material entonces cae sobre la placa de transferencia montada en el rodete, guiándolo hacia la cinta lateral del brazo. Este tipo de rodete es generalmente de menor diámetro que el celular.
- Rodete semicelular. Consiste en el cierre del espacio inferior de los cangilones mediante unos planos llamados semicelulares. El cierre se efectúa en una dirección radial mediante una placa o vertedera fija. Esta placa dispuesta en el interior del rodete sólo permite que caiga el material en la zona de la apertura de descarga, sobre la placa de transferencia que lo guía hacia la cinta lateral.
- **Cangilones y elementos de corte.** La forma y dimensiones del cangilón influyen en el grado de llenado y en la facilidad de vaciado del mismo. Los cangilones pueden ser rectangulares, trapezoidales y circulares, con respaldo cerrado o cubierto de cadenas. Con materiales que se vacían fácilmente la relación anchura/altura es 1 mientras que con materiales pegajosos se tiene una menor anchura con una relación de 1,6 y unas caras laterales más inclinadas para evitar la formación de puentes. Los cangilones con respaldos de cadenas pueden descargar sin dificultad materiales húmedos y pegajosos.
 - Los elementos de corte constituyen una de las partes más importantes del diseño del rodete. Los ángulos de corte cuando no son correctos por su geometría o porque se han desgastado, producen dificultades en el arranque, generando un aumento en el consumo de energía, una disminución en la producción y un incremento de los esfuerzos en el corte que se traducen en vibraciones que afectan a la superestructura. Los elementos de corte que se emplean son de tres tipos: dientes, cuchillas de corte u orejetas angulares.
 - Los precortadores son unos elementos de corte especiales que consisten en unos cangilones con fondo abierto. Se instalan entre cada dos cangilones, y su misión es la de arrancar el material para conseguir un llenado más eficiente. El disponer de

precortadores exige un incremento de la potencia de accionamiento, pero queda compensado por las ventajas de su utilización y por la posibilidad de sustituirlos por cangilones convencionales.

- **Sistema de izado.** Posibilita el posicionamiento del rodete a la altura requerida durante la operación, previniéndose la bajada de éste cuando no se trabaja, la subida rápida si se produce un derrumbe de talud o simplemente mantener el rodete a una altura determinada estando parado. Pueden ser de cilindros hidráulicos o de cables.
 - El mecanismo de cilindros hidráulicos se emplea preferentemente en las rotopalas compactas de accionamiento electrohidráulico. El cilindro de izado se coloca bajo la pluma del rodete y se fija a la superestructura giratoria. Como consecuencia de las grandes fuerzas que pueden desarrollarse con los cilindros, es posible utilizar unidades simples. También se emplea éste sistema en el izado de la pluma de descarga, pero sus dimensiones son mucho más pequeñas.
 - El sistema de izado por cables es el más fiable para levantar y bajar grandes cargas. En las unidades mayores se emplea no sólo en la elevación del brazo del rodete, sino incluso en la del brazo de descarga. El sistema comprende una serie de tambores de enrollado accionados electrónicamente y un conjunto de poleas de reenvío. En el caso de máquinas pequeñas, es suficiente con un único cabrestante, con dos tambores y dos frenos independientes. Las mayores tensiones aparecen en el cabestrante y en la estructura soporte. Con el fin de alcanzar la máxima vida en servicio de los cables de izado, se recomienda que la relación entre el diámetro del mismo, "d", y el diámetro de los tambores y polea, "D", sea $D=25d$.
- **Descarga de la rotopala.** La descarga se puede efectuar por:
 - Brazo de descarga, la rotopala vierte el material directamente sobre el carro tolva o en el hueco creado, si es que éste se autorrellena y, una vez realizada la excavación de un bloque, la cinta del tajo se traslada paralelamente al mismo.
 - Brazo de descarga y carro cinta. El carro cinta permite la excavación por la rotopala de dos o más bloques, sin efectuar el ripado de cintas. El sistema tiene las ventajas de que disminuye el número de ripados y aumenta la eficacia de la rotopala. Facilita la apertura de bancos. Y permite realizar la excavación y transporte a diferentes niveles.

- Puente de conexión. Este sistema es el más empleado en las grandes unidades y ayuda a compensar las distancias entre la rotopala y la unidad de descarga. Éste sistema tiene como características que con la extensión automática del puente, el proceso de carga de cinta es más o menos independiente de los movimientos de la excavadora. También el operador se encuentra cerca de la cinta de tajo y controla fácilmente el movimiento de las orugas. La cinta de carga se puede ajustar en altura. La tolva de descarga puede suspenderse de la cinta de carga, eliminando el carro tolva. Y por último, la cinta de banco puede situarse a diferente nivel que la rotopala.
- **Sistema de cintas.** En el desarrollo de las rotopalas se ha producido una fuerte reducción en el número de cintas y puntos de transferencia. Así en las grandes unidades, se ha pasado de 10 a 4 cintas. Que son la cinta del rodete, la cinta central que se desplaza excéntricamente, la cinta extensible del puente y la cinta de carga. En las rotopalas semicompactas se prescinde de la cinta central y en las compactas solo existen dos cintas.

2.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

Los métodos de trabajo principales son:

- Excavación en bloque lleno. Es el sistema más utilizado en la actualidad, debido a la gran movilidad de que disponen las excavadoras sobre orugas. La rotopala puede trabajar en terrazas o por corte descendente con un ángulo del brazo del rodete en relación al talud que va disminuyendo a medida que progresa la excavación hacia abajo. La anchura del bloque se dimensiona de forma que el brazo del rodete forme un ángulo de 80 grados con relación al nuevo talud y de 45 a 50 con relación al antiguo. El vertido puede realizarse sobre cinta, ferrocarril, volquete cinta puente o apilador, siendo los más frecuentes el primer y último sistema.
- Excavación en frente largo. Se realiza manteniendo el brazo del rodete en dirección perpendicular a la dirección del circuito de transporte, desplazándose la máquina paralelamente al frente. En este sistema el tren de orugas es el componente que opera con mayor intensidad, siendo frecuente que este tipo de rotopalas se desplace sobre vías. Con máquinas de brazo extensible se puede conseguir la excavación en terrazas, haciendo posible el arranque selectivo. Con este sistema el

banco de trabajo tiene que presentar una buena estabilidad.

- Excavación en bloque lateral. La rotopala lleva sus orugas entre el pie del talud y el circuito de transporte, de igual forma que en la excavación en frente largo, realizando el arranque con el sistema en bloque lleno, es decir, girando el brazo del rodete.
- Excavación bajo nivel de orugas. Este sistema permite aumentar la altura de banco para una posición del tren de orugas. La altura del banco inferior es menor que la que consigue la misma excavadora en el banco superior, estando en una relación 1 a 3. La excavación bajo el nivel de orugas puede hacerse manteniendo o cambiando el sentido de giro del rodete:
 - Con igual sentido de giro se necesita un brazo de rodete largo y se reduce la anchura de banco.
 - Cambiando el sentido de giro se aumentan las posibilidades, existiendo sólo la limitación que se impone por el ángulo máximo posible de la cinta del brazo de carga. Éste cambio de sentido solo es posibles con diseños de rodete no celulares.

2.6. VENTAJAS

- Para una producción dada, las rotopalas son más pequeñas que las dragalinas o las excavadoras.
- Son máquinas de excavación continua, no cíclica.
- Tienen un consumo de energía menor, del 60 al 70% del de las excavadoras de cable, por unidad de producción.
- No generan impactos durante la carga.
- Poseen un radio de vertido grande.
- Pueden operar por encima o por debajo del nivel de orugas o apoyo.
- El material excavado puede ser descargado sobre una gran variedad de sistemas: camiones, vagones, o cintas transportadoras.
- Pueden trabajar con bancos de diferente altura.
- Proporcionan un material excavado de pequeño tamaño, lo que facilita su transporte con cintas.
- Pueden diseñarse con una baja presión específica sobre el terreno, siendo adecuadas en suelos de baja capacidad portante y con malas condiciones meteorológicas.
- El sistema de trabajo proporciona taludes muy estables y bancos anchos.
- Permiten una gran selectividad en la excavación.
- Pueden entregar el material por encima o por debajo del banco de trabajo.

- Tienen un contrapeso pequeño.

2.7. **DESVENTAJAS**

- Requieren un mantenimiento amplio y complejo.
- Configuran sistemas poco flexibles debido a su poca movilidad. Su utilización se ve muy afectada por los cambios geométricos y tectónicos del yacimiento.
- No pueden excavar materiales compactos y abrasivos.
- Constituyen sistemas en los que existe una fuerte dependencia entre disponibilidad global y el número de elementos en serie que los integran.
- Son equipos que requieren unas inversiones muy elevadas.

3. ROTOPALA CONVENCIONAL



"Garzweiler Tagebau-1213" by Raimond Spekking - Own work. Licensed under Creative Commons 3.0

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Son máquinas en las que la relación entre longitud del brazo del rodete / diámetro del rodete es 4.

Los componentes principales de una rotopala son:

- El tren de rodaje. El sistema más utilizado en minería a cielo abierto es el de orugas.
- El chasis inferior.
- La corona de giro, que une el chasis inferior con la superestructura.

- La superestructura giratoria, donde va instalado el brazo del rodete, el sistema de izado y el brazo de descarga.
- El brazo del rodete que sujeta el rodete y en el que está la cinta por la que circula el material desde el rodete.
- El rodete, que contiene los cangilones y es el componente que realiza la excavación al girar.
- El sistema de izado, que en rotopalas compactas de accionamiento electrohidráulico utilizan cilindros hidráulicos. Si el sistema de izado es por cables, en las rotopalas compactas, al ser máquinas pequeñas, es suficiente con un solo cabrestante, con dos tambores y dos frenos independientes.
- El brazo de descarga. Por el que se descarga el material.
- Por último el sistema de cintas. Que en el caso de las rotopalas compactas está compuesto por solo dos cintas.

También es importante que son máquinas de excavación continua que tienen un consumo menor que otro tipo de excavadoras.





3.2. OPERACIONES BÁSICAS

La forma de operar de una rotopala se basa en la combinación de dos movimientos: la rotación del rodete y el giro del brazo que sustenta al mismo. La huella que se produce en el frente de excavación es similar a una curva helicoidal cuyo diámetro es igual al diámetro del rodete, y el radio de curvatura es igual a la distancia horizontal del eje del rodete al eje de giro del brazo. Cuando la rotopala completa una pasada de espesor t se produce una traslación de la misma para efectuar un corte concéntrico al anterior.

La rotopala puedes excavar en dos formas:

- En terrazas, el rodete avanza un paso en cada inversión de giro de brazo. Una vez concluida la terraza, el rodete retrocede, desciende y comienza la terraza siguiente.
- En el corte descendente, el rodete baja en cada inversión de giro del brazo. Acabado el corte se iza el rodete, se avanza y se comienza el nuevo corte.



3.3. APLICACIONES

- C) En minería:
- Excavación del recubrimiento, con vertido directo, en todo el espeso, hasta dejar el mineral al descubierto.
 - Arranque del recubrimiento con vertido directo de los materiales poco consolidados más superficiales, dejando al descubierto las rocas competentes.
 - Excavación del recubrimiento con vertido a una cinta puente o a la cinta transportadora perimetral.
 - Extracción del mineral cuando éste es poco resistente.
 - Retirada de la tierra vegetal con unidades pequeñas para su recolocación en la parte superior de la escombrera con vistas a conseguir una buena recuperación de los terrenos.
- D) En obras públicas:
- Ejecución de grandes movimientos de tierra en obras lineales, tales como canales y autopistas.



3.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las partes más importantes de una rotopala son:

- **El tren de rodaje.** Permite la traslación de la máquina y puede ser sobre vías o sobre orugas.
 - En el caso del sistema de vías las fuerzas originadas en la máquina se transmiten al terreno por medio de los carriles. La retención del equipo se produce debido a la fricción entre ruedas y los carriles. Presenta inconvenientes como que hay que mantener limpios los carriles para permitir una buena traslación y frenado. Los desplazamientos de la máquina se ven muy limitados en las curvas y también lo está la capacidad para remontar pendientes. La unidad no puede trabajar en el sistema de bloque lleno, que es la forma de trabajo más favorable. Y el sistema es poco operativo en minas con mal terreno y alta pluviometría. Este sistema generalmente solo se usa en rotopalas tipo "combi", aplicadas a los parques de homogeneización, y en las excavadoras de rosario de cangilones.
 - Por otro lado está el sistema de orugas más utilizado en minería a cielo abierto por ventajas que tiene como: la superficie de las placas de las cadenas puede ser suficientemente grande para ejercer una presión adecuada a la capacidad portante de los terrenos. Ofrecen

una gran maniobrabilidad y capacidad para adaptarse a las condiciones de operación. Pueden superar pendientes importantes mayores del 15%. La traslación de la máquina es independiente de la posición del brazo del rodete. La traslación en el tajo puede variarse de acuerdo con las necesidades o puede mantenerse fija durante la fase de operación. Cuando la máquina no está en movimiento, se mantiene parada debido a la fricción entre las placas y la superficie de apoyo. En todos los casos las cargas verticales se transmiten estáticamente al terreno. Hasta un cierto nivel las orugas se adaptan a las irregularidades del terreno. Es posible cambiar rápidamente la dirección. El sistema es funcional, incluso en malas condiciones meteorológicas y bajas capacidades portantes de la plataforma de trabajo.

- El diseño y configuración del tren de rodaje dependen fundamentalmente de la capacidad portante de los materiales y del peso en operación de la máquina. Pueden ser:
 - De dos orugas.
 - De tres orugas.
 - De cuatro orugas.
 - De tres orugas dobles.
 - De seis orugas dobles.



- **Corona de giro.** Durante la operación, el brazo del rodete debe colocarse

en una posición adecuada, por lo que la superestructura de la rotopala debe poder girar sobre el chasis inferior transmitiéndole las cargas horizontales y verticales que se originan en la excavación. El elemento que permite este giro sin desgaste de las dos partes es la corona giratoria. También sirve para retener la superestructura en una determinada posición cuando la máquina no está en funcionamiento. Las máquinas con un brazo de descarga normal precisan una corona de giro adicional a la del brazo del rodete. La corona está formada por el rodamiento y por la corona dentada y el piñón motriz.

- **Brazo del rodete.** La longitud del brazo del rodete influye sobre la anchura del bloque de extracción, la altura del banco y la selectividad de la rotopala. Por otro lado, la elección del parámetro "L/D" debe ajustarse a cada tipo de yacimiento, determinando:
 - La altura de banco.
 - La anchura del bloque.
 - Las maniobras de la rotopala en el cambio de terraza.
 - El número de máquinas en operación.
 - Los tiempos improductivos: ripado de cintas, etc.
 - La inversión necesaria.
 - La vida del proyecto.

- **Rodete.** Es el componente que arranca el material del frente de excavación, y su diseño influye decisivamente sobre la producción del equipo. Este diseño depende básicamente de las propiedades geoestructurales de los macizos, las resistencias de los materiales a ser excavados y la producción horaria requerida. El diseño del rodete debe efectuarse cuidadosamente, ya que cada tonelada en el mismo repercute en el peso final de la máquina con unas 400 toneladas adicionales y, por tanto, en el precio final del equipo. Existen tres tipos básicos de rodetes:
 - Rodete celular. En él una placa de caída en forma de arco cierra el espacio existente debajo del cangilón, constituyendo la llamada célula. Las células guían el material arrancado por el rodete haciendo que caiga sobre la cinta lateral de que dispone el brazo. Una de las características de este diseño es su pequeño desgaste relativo y la menor potencia específica requerida.

 - Rodete no celular. Se construyen insertando los cangilones en el espacio anular. Este espacio proporciona un aumento de la capacidad del cangilón de un 50% del volumen del mismo. El cierre es de tipo radial, con una placa de caída circular que solamente permite la descarga del material e el comienzo de la abertura de descarga. El material entonces cae sobre la placa de

transferencia montada en el rodete, guiándolo hacia la cinta lateral del brazo. Este tipo de rodete es generalmente de menor diámetro que el celular.

- **Rodete semicelular.** Consiste en el cierre del espacio inferior de los cangilones mediante unos planos llamados semicelulares. El cierre se efectúa en una dirección radial mediante una placa o vertedera fija. Esta placa dispuesta en el interior del rodete sólo permite que caiga el material en la zona de la apertura de descarga, sobre la placa de transferencia que lo guía hacia la cinta lateral.
- **Cangilones y elementos de corte.** La forma y dimensiones del cangilón influyen en el grado de llenado y en la facilidad de vaciado del mismo. Los cangilones pueden ser rectangulares, trapezoidales y circulares, con respaldo cerrado o cubierto de cadenas. Con materiales que se vacían fácilmente la relación anchura/altura es 1 mientras que con materiales pegajosos se tiene una menor anchura con una relación de 1,6 y unas caras laterales más inclinadas para evitar la formación de puentes. Los cangilones con respaldos de cadenas pueden descargar sin dificultad materiales húmedos y pegajosos.
 - Los elementos de corte constituyen una de las partes más importantes del diseño del rodete. Los ángulos de corte cuando no son correctos por su geometría o porque se han desgastado, producen dificultades en el arranque, generando un aumento en el consumo de energía, una disminución en la producción y un incremento de los esfuerzos en el corte que se traducen en vibraciones que afectan a la superestructura. Los elementos de corte que se emplean son de tres tipos: dientes, cuchillas de corte u orejetas angulares.
 - Los precortadores son unos elementos de corte especiales que consisten en unos cangilones con fondo abierto. Se instalan entre cada dos cangilones, y su misión es la de arrancar el material para conseguir un llenado más eficiente. El disponer de precortadores exige un incremento de la potencia de accionamiento, pero queda compensado por las ventajas de su utilización y por la posibilidad de sustituirlos por cangilones convencionales.
- **Sistema de izado.** Posibilita el posicionamiento del rodete a la altura requerida durante la operación, previniéndose la bajada de éste cuando no se trabaja, la subida rápida si se produce un derrumbe de talud o simplemente mantener el rodete a una altura determinada estando

parado. Pueden ser de cilindros hidráulicos o de cables.

- El mecanismo de cilindros hidráulicos se emplea preferentemente en las rotopalas compactas de accionamiento electrohidráulico. El cilindro de izado se coloca bajo la pluma del rodete y se fija al a superestructura giratoria. Como consecuencia de las grandes fuerzas que pueden desarrollarse con los cilindros, es posible utilizar unidades simples. También se emplea éste sistema en el izado de la pluma de descarga, pero sus dimensiones son mucho más pequeñas.
- El sistema de izado por cables es el más fiable para levantar y bajar grandes cargas. En las unidades mayores se emplea no sólo en la elevación del brazo del rodete, sino incluso en la del brazo de descarga. El sistema comprende una serie de tambores de enrollado accionados electrónicamente y un conjunto de poleas de reenvío. En el caso de máquinas pequeñas, es suficiente con un único cabrestante, con dos tambores y dos frenos independientes. Las mayores tensiones aparecen en el cabestrante y en la estructura soporte. Con el fin de alcanzar la máxima vida en servicio de los cables de izado, se recomienda que la relación entre el diámetro del mismo, "d", y el diámetro de los tambores y polea, "D", sea $D=25d$.
- Descarga de la rotopala. La descarga se puede efectuar por:
 - Brazo de descarga, la rotopala vierte el material directamente sobre el carro tolva o en el hueco creado, si es que éste se autorrellena y, una vez realizada la excavación de un bloque, la cinta del tajo se traslada paralelamente al mismo.
 - Brazo de descarga y carro cinta. El carro cinta permite la excavación por la rotopala de dos o más bloques, sin efectuar el ripado de cintas. El sistema tiene las ventajas de que disminuye el número de ripados y aumenta la eficacia de la rotopala. Facilita la apertura de bancos. Y permite realizar la excavación y transporte a diferentes niveles.
 - Puente de conexión. Este sistema es el más empleado en las grandes unidades y ayuda a compensar las distancias entre la rotopala y la unidad de descarga. Éste sistema tiene como características que con la extensión automática del puente, el proceso de carga de cinta es más o menos independiente de los movimientos de la excavadora. También el operador se encuentra cerca de la cinta de tajo y controla fácilmente el movimiento de las orugas. La cinta de carga se puede ajustar en

altura. La tolva de descarga puede suspenderse de la cinta de carga, eliminando el carro tolva. Y por último, la cinta de banco puede situarse a diferente nivel que la rotopala.

- **Sistema de cintas.** En el desarrollo de las rotopalas se ha producido una fuerte reducción en el número de cintas y puntos de transferencia. Así en las grandes unidades, se ha pasado de 10 a 4 cintas. Que son la cinta del rodete, la cinta central que se desplaza excéntricamente, la cinta extensible del puente y la cinta de carga. En las rotopalas semicompactas se prescinde de la cinta central y en las compactas solo existen dos cintas.



3.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

Los métodos de trabajo principales son:

- Excavación en bloque lleno. Es el sistema más utilizado en la actualidad, debido a la gran movilidad de que disponen las excavadoras sobre

orugas. La rotopala puede trabajar en terrazas o por corte descendente con un ángulo del brazo del rodete en relación al talud que va disminuyendo a medida que progresa la excavación hacia abajo. La anchura del bloque se dimensiona de forma que el brazo del rodete forme un ángulo de 80 grados con relación al nuevo talud y de 45 a 50 con relación al antiguo. El vertido puede realizarse sobre cinta, ferrocarril, volquete cinta puente o apilador, siendo los más frecuentes el primer y último sistema.

- Excavación en frente largo. Se realiza manteniendo el brazo del rodete en dirección perpendicular a la dirección del circuito de transporte, desplazándose la máquina paralelamente al frente. En este sistema el tren de orugas es el componente que opera con mayor intensidad, siendo frecuente que este tipo de rotopalas se desplace sobre vías. Con máquinas de brazo extensible se puede conseguir la excavación en terrazas, haciendo posible el arranque selectivo. Con este sistema el banco de trabajo tiene que presentar una buena estabilidad.
- Excavación en bloque lateral. La rotopala lleva sus orugas entre el pie del talud y el circuito de transporte, de igual forma que en la excavación en frente largo, realizando el arranque con el sistema en bloque lleno, es decir, girando el brazo del rodete.
- Excavación bajo nivel de orugas. Este sistema permite aumentar la altura de banco para una posición del tren de orugas. La altura del banco inferior es menor que la que consigue la misma excavadora en el banco superior, estando en una relación 1 a 3. La excavación bajo el nivel de orugas puede hacerse manteniendo o cambiando el sentido de giro del rodete:
 - Con igual sentido de giro se necesita un brazo de rodete largo y se reduce la anchura de banco.
 - Cambiando el sentido de giro se aumentan las posibilidades, existiendo sólo la limitación que se impone por el ángulo máximo posible de la cinta del brazo de carga. Éste cambio de sentido solo es posibles con diseños de rodete no celulares.

3.6. VENTAJAS

- Para una producción dada, las rotopalas son más pequeñas que las dragalinas o las excavadoras.
- Son máquinas de excavación continua, no cíclica.

- Tienen un consumo de energía menor, del 60 al 70% del de las excavadoras de cable, por unidad de producción.
- No generan impactos durante la carga.
- Poseen un radio de vertido grande.
- Pueden operar por encima o por debajo del nivel de orugas o apoyo.
- El material excavado puede ser descargado sobre una gran variedad de sistemas: camiones, vagones, o cintas transportadoras.
- Pueden trabajar con bancos de diferente altura.
- Proporcionan un material excavado de pequeño tamaño, lo que facilita su transporte con cintas.
- Pueden diseñarse con una baja presión específica sobre el terreno, siendo adecuadas en suelos de baja capacidad portante y con malas condiciones meteorológicas.
- El sistema de trabajo proporciona taludes muy estables y bancos anchos.
- Permiten una gran selectividad en la excavación.
- Pueden entregar el material por encima o por debajo del banco de trabajo.
- Tienen un contrapeso pequeño.

3.7. DESVENTAJAS

- Requieren un mantenimiento amplio y complejo.
- Configuran sistemas poco flexibles debido a su poca movilidad. Su utilización se ve muy afectada por los cambios geométricos y tectónicos del yacimiento.
- No pueden excavar materiales compactos y abrasivos.
- Constituyen sistemas en los que existe una fuerte dependencia entre disponibilidad global y el número de elementos en serie que los integran.
- Son equipos que requieren unas inversiones muy elevadas.