

CAMIONES O VOLQUETES (DUMPERS)

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. VOLQUETES RÍGIDOS (DUMPERS).....	5
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	5
1.2. OPERACIONES BÁSICAS	9
1.3. APLICACIONES.....	11
1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	12
1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	15
1.6. VENTAJAS.....	15
1.7. DESVENTAJAS.....	16
1.8. UNIDADES DE TRES EJES	17
2. VOLQUETES (DUMPERS) ARTICULADOS.....	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. ETF MINING TRUCKS CONCEPT	29
3.1. GENERAL OVERVIEW	29
3.2. INNOVATIVE MINING HAUL TRAIN.....	34
4. CAMIONES VOLQUETE CON TRACTOR REMOLQUE	37
4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	37
4.2. OPERACIONES BÁSICAS	38
4.3. APLICACIONES.....	39
4.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	40
4.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	43
4.6. VENTAJAS.....	45
4.7. DESVENTAJAS.....	45
5. CAMIONES DE DESCARGA POR EL FONDO	47
5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	47
5.2. OPERACIONES BÁSICAS	48
5.3. APLICACIONES.....	49
5.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	50
5.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	53
5.6. VENTAJAS.....	54
5.7. DESVENTAJAS.....	54
6. UNIDADES ESPECIALES.....	55
6.1. TRANSPORTES ESPECIALES.....	55
6.2. UNIDADES INTEGRALES DE DESCARGA POR EL FONDO	59

1. VOLQUETES RÍGIDOS (DUMPERS)

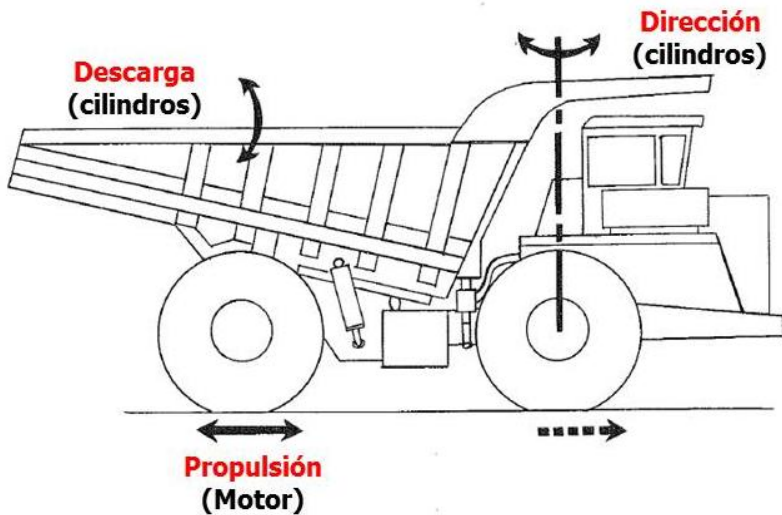
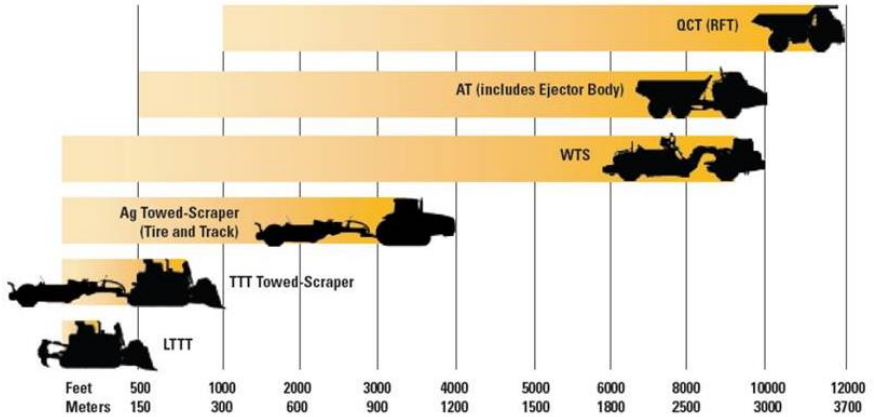
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Es el tipo más usado en el movimiento de tierras y, fundamentalmente, en la minería a cielo abierto. Están constituidos por una caja que se apoya sobre el chasis y que se bascula hacia atrás para la descarga, mediante unos cilindros hidráulicos.



■ Equipos de transporte

- Distancias de transporte óptimas





Las características básicas más importantes de estas unidades son:

- Relación entre la carga útil y el peso neto de aproximadamente 1,44 t/t.
- La potencia media en caballos por tonelada de capacidad del orden de 10,5.
- La altura media de carga oscila entre 3 y 5,5 m.
- En los volquetes de dos ejes, el eje delantero soporta aproximadamente el 47% del peso neto de la unidad y el 32% del peso total cargado, mientras el trasero el resto.
- Los radios de giro mínimo oscilan entre 1,1 y 1,2 veces la longitud total del volquete.
- Las capacidades varían desde las 30 hasta las 320 t.

Volquetes rígidos



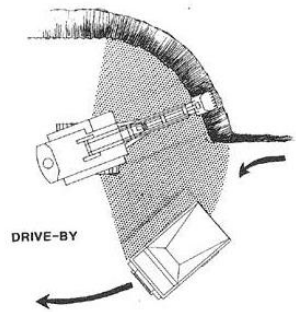
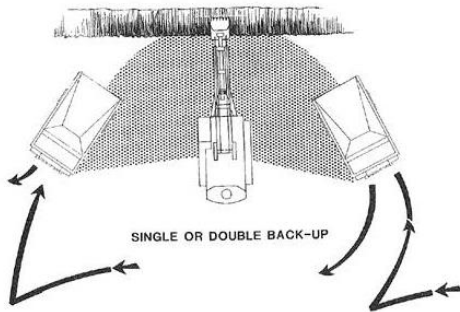


1.2. OPERACIONES BÁSICAS

Las operaciones básicas que se realizan con los volquetes son:

- Posicionamiento en punto de carga.
- Recepción de la carga sobre la caja.
- Transporte al punto de vertido.
- Descarga del material.
- Retorno al punto de carga.

■ **Volquete Minero**
– Práctica operativa





1.3. APLICACIONES

Los volquetes se emplean como unidades de transporte en las explotaciones mineras y en los movimientos de roca arrancada y tierras en obras públicas.

La selección entre los diferentes tipos de unidades se debe realizar en función de las características de la operación que se vaya a llevar a cabo.

En el caso del volquete convencional:

- El material a transportar es grueso y con granulometría variable, como la roca volada.
- Se producen impactos durante la carga.
- Se precisa remontar fuertes pendientes.
- Se requiere rapidez de colocación y maniobrabilidad en áreas poco amplias.
- Se necesita selectividad para transportar distintas clases de material.

CONSTRUCTION & MINING TRUCKS/TRACTORS

Construction & Mining Trucks

Capacity 37 to 326 metric ton — 41 to 359 U.S. tons



769D
771D



773E
775E



777D



785C



789C



793C



797B

Construction & Mining Tractors

Flywheel power 699 to 962 kW (938 to 1290 hp)



776D



784C

1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los principales componentes de un volquete son:

- **Motor.** Son unidades con motor diésel, generalmente, turboalimentados y con post enfriador. El turbo eleva el caudal de entrada de aire, lo que permite elevar la alimentación de gasoil y, en consecuencia, la potencia. El post enfriador permite que la inyección de ese aire se haga a una temperatura adecuada, lo que mejora el rendimiento energético elevando la potencia del motor.
- **Transmisión.** Puede ser mecánica o eléctrica.
 - Las características de los volquetes de transmisión mecánica son:
 - Transmisión totalmente automática diseñada para minimizar los impactos en la línea de accionamiento.
 - De tres a seis marchas hacia adelante y una hacia atrás.
 - Transmisiones fabricadas para una duración de 5000 a 8000 h.
 - Convertidores de par capaces de proporcionar altos pares de arranque y constituidos por tres componentes.
 - Retardadores hidráulicos para disminuir las necesidades de frenado.
 - Ejes de los mandos finales con duraciones entre 15000 y 18000 h.

- Diferenciales con vidas en servicio superiores a 12000 h.
- Rangos de reducción motriz entre 17:1 y 28:1.
- Los principales componentes de una transmisión mecánica son: el convertidor de par, la caja de cambios, el diferencial y los mandos finales.
- En la transmisión eléctrica las principales ventajas son:
 - Máxima utilización de la potencia del motor en todo el rango de velocidades.
 - Frenado dinámico.
 - Simplificación de la operación.
 - Mayor fiabilidad.
 - Los componentes principales de estos equipos son:
 - Un generador de corriente de hasta 1000 HP y alternador rectificador para las unidades de mayor potencia. La vida de esos generadores oscila entre 12000 y 20000 h.
 - Sistemas de control de estado sólido.
 - Sistema de refrigeración para disipar el calor generado en las resistencias durante la utilización del freno dinámico.
 - Motores de corriente continua en cada rueda o en cada eje para los volquetes de mayor tonelaje. La vida de estos componentes oscila entre 15000 y 18000 h.
 - El módulo motor que incluye los engranajes de reducción y el freno.
 - Los soplantes para los generadores y motores, necesarios para disipación de calor.
- **Bastidor.** El bastidor principal o chasis es la espina dorsal del volquete, y está construido con elementos de acero de alta resistencia capaces de soportar los importantes esfuerzos de torsión, flexión e impactos de los numerosos ciclos de carga, acarreo y descarga.
- **Caja.** Las cajas de los volquetes están construidas de planchas de acero de alto límite elástico que proporcionan una elevada resistencia a los impactos y al desgaste. Las vigas de refuerzo son huecas de sección rectangular por las cuales pasan los gases de escape para producir el calentamiento de la caja y así evitar la adherencia del material cuando está húmedo o es arcilloso. El fondo de la caja y la sección longitudinal es en forma de "V" de manera que el centro de gravedad de la carga queda lo más abajo posible para incrementar la estabilidad. La inclinación hacia adelante proporciona una excelente retención de la carga, mientras que la inclinación hacia el fondo de la caja y hacia las paredes laterales desvían

las fuerzas de los impactos de carga. El sistema de descarga suele ser trasero mediante la elevación de dos cilindros hidráulicos.

- **Suspensión.** El sistema de suspensión de un volquete no solo tiene que absorber las oscilaciones y vibraciones causadas por las desigualdades del terreno, sino que también debe amortiguar los golpes durante la carga y distribuir el peso de ésta sobre los neumáticos. Los sistemas de suspensión deben ser simples, duraderos eficaces y de fácil mantenimiento. Básicamente se emplean tres sistemas de suspensión: ballesta o muelles de acero, amortiguadores de goma y cilindros hidroneumáticos.
- **Frenos.** El sistema de frenos de que van provistos los volquetes es esencial, pues deben soportar frenadas prolongadas al bajar pendientes mientras van totalmente cargados. Estos sistemas se componen de:
 - Frenos de servicio.
 - Frenos de emergencia.
 - Frenos de estacionamiento.
 - Retardados.
 - En lo referente a los diseños de los frenos, pueden ser: de disco múltiple, de zapata, o de disco simple.
- **Dirección y sistema hidráulico.** La dirección es totalmente hidráulica, llevándose a cabo la última acción mediante dos cilindros hidráulicos gemelos de doble acción independiente. Este sistema hidráulico general es independiente de los dos circuitos autónomos y estancos que actúan sobre los frenos delanteros y traseros. El sistema hidráulico se activa por medio de una o dos bombas en paralelo, que están en funcionamiento siempre, tanto para girar la dirección como para levantar la caja. Por otro lado, la transmisión dispone de otra bomba y circuito totalmente independiente que mantiene el flujo de convertidor, caja de cambios y refrigerador.
- **Ruedas.** Constituyen el último eslabón de la transmisión y en ellas se convierte el par en fuerza de tracción sobre el terreno en contacto con el neumático. En general, cuanto más pequeño es el diámetro de las ruedas mayores son las fuerzas de tracción.
- **Cabina.** Es el puesto del conductor, siendo criterio universal el que esté diseñada para proporcionar visibilidad y confort al operador.

1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

El llenado de la caja puede efectuarse mediante palas de ruedas, excavadoras hidráulicas, excavadoras de cables, rotopalas o minadores continuos según el caso. En cada caso, el volquete se estaciona de forma que la máquina de carga consiga su máxima efectividad y rendimiento. Si las unidades de transporte están bien dimensionadas, se debe conseguir la carga de éstas con máquinas cíclicas con un número de cazos comprendido entre 3 y 5.

El ciclo de transporte incluye periodos de aceleración y frenado, y desplazamientos con una velocidad mantenida que es función de las condiciones de la pista, tráfico, tracción disponible del vehículo y longitud de transporte.

Dependiendo del diseño de la caja, la descarga consiste en el vertido de la carga sobre el borde de una escombrera, en una tolva o sobre un emparrillado o grizly.

Las maniobras que son necesarias pueden variar en cada caso.

El retorno al punto de carga con el volquete vacío se produce a mayor velocidad e incluye la maniobra de posicionamiento junto a la máquina de carga.

Las áreas de vertido y carga se deben acondicionar de forma que las maniobras a realizar por los volquetes sean lo más simples y cortas posibles.

1.6. VENTAJAS

- Distancia de transporte media-larga
- Velocidad alta en pistas
- Tonelaje elevado
- Flexibilidad del sistema en cuanto a distancias, pues es aplicable, generalmente, entre los 100 y 3000 m.
- Capacidad de adaptación a todo tipo de materiales a transportar.
- Facilidad para variar el ritmo de producción, aumentando la flota de volquetes o el grado de utilización.
- Transporte descendente.
- Buen sistema de retardo y freno.
- Radio de giro / zonas estrechas.
- Compactación en vertedero.
- Necesidad de una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa.

- Posibilidad de contratación de la flota e incluso de la operación.
- Existencia de una variedad de modelos que permiten adaptarse bien a las condiciones en que debe desarrollarse la operación.
- Sistema muy conocido y, por tanto, relativamente fácil de supervisar y controlar.
- Menor inversión inicial que en otros sistemas de transporte.
- Vida útil muy larga (40.000-100.000 horas).

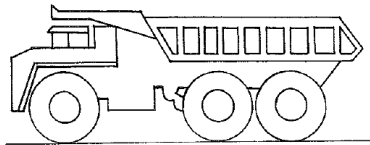
1.7. **DESVENTAJAS**

- 2 ejes.
- Chasis pesado.
- Requiere buenas pistas.
- Inversión inicial alta.
- Costes de operación elevados, con un porcentaje sobre el coste total de arranque, carga y transporte que oscila entre el 40 y 60%, según los casos.
- Complicada supervisión y optimización cuando se tiene en operación un elevado número de unidades.
- Rendimientos bajos cuando aumenta la distancia de transporte y/o el desnivel a superar.
- Gran cantidad de mano de obra especializada en operación y mantenimiento.



1.8. UNIDADES DE TRES EJES

Cabe señalar que estas unidades de 350 t constituyen un prototipo que tuvo algunas unidades comercializadas por TEREX (Modelo Titán) a operaciones mineras pero que quedaron prontamente desplazadas y han desaparecido del mercado.



3 - AXLE REAR DUMP



Volquetes rígidos



2. VOLQUETES (DUMPERS) ARTICULADOS

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Es un tipo de volquete muy extendido en las obras de movimiento de tierras y minas de materiales muy blandos. Se caracterizan por:

- Tracción a todas las ruedas.
- Diseño de los ejes motrices de forma que se asegura el contacto de todas las ruedas sobre el terreno, transmitiendo muy pocos esfuerzos al chasis delantero y trasero.
- Articulación que proporciona una gran maniobrabilidad con pequeños



radios de giro.

- Altura de carga menor que en los volquetes convencionales para la misma capacidad.
- Construcción de unidades de dos y de tres ejes.



2.2. OPERACIONES BÁSICAS

Las operaciones básicas que se realizan con los volquetes son:

- Posicionamiento en punto de carga.
- Recepción de la carga sobre la caja.
- Transporte al punto de vertido.
- Descarga del material.
- Retorno al punto de carga.



2.3. APLICACIONES

Los volquetes se emplean como unidades de transporte en las explotaciones mineras y en los movimientos de roca arrancada y tierras en obras públicas.

La selección entre los diferentes tipos de unidades se debe realizar en función de las características de la operación que se vaya a llevar a cabo.

En el caso del volquete articulado:

- Se precisa una gran maniobrabilidad.
- Las pistas de transporte están en muy mal estado.
- Las condiciones meteorológicas son muy adversas.
- Se utilizan unidades de dos ejes con materiales duros y volquetes de tres ejes con pistas blandas y materiales de tipo medio.



2.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los principales componentes de un volquete son:

- **Motor.** Son diésel, generalmente, turboalimentados y con post enfriador. El turbo eleva el caudal de entrada de aire, lo que permite elevar la alimentación de gasoil y, en consecuencia, la potencia. El post enfriador permite que la inyección de ese aire se haga a una temperatura adecuada, lo que mejora el rendimiento energético elevando la potencia del motor.
- **Transmisión.** Puede ser mecánica o eléctrica.
 - Las características de los volquetes de transmisión mecánica son:
 - Transmisión totalmente automática diseñada para minimizar los impactos en la línea de accionamiento.
 - De tres a seis marchas hacia adelante y una hacia atrás.
 - Transmisiones fabricadas para una duración de 5000 a

- 8000 h.
- Convertidores de par capaces de proporcionar altos pares de arranque y constituidos por tres componentes.
- Retardadores hidráulicos para disminuir las necesidades de frenado.
- Ejes de los mandos finales con duraciones entre 15000 y 18000 h.
- Diferenciales con vidas en servicio superiores a 12000 h.
- Rangos de reducción motriz entre 17:1 y 28:1.
- Los principales componentes de una transmisión mecánica son: el convertidor de par, la caja de cambios, el diferencial y los mandos finales.
- En la transmisión eléctrica las principales ventajas son:
 - Máxima utilización de la potencia del motor en todo el rango de velocidades.
 - Frenado dinámico.
 - Simplificación de la operación.
 - Mayor fiabilidad.
 - Los componentes principales de estos equipos son:
 - Un generador de corriente de hasta 1000 HP y alternador rectificador para las unidades de mayor potencia. La vida de esos generadores oscila entre 12000 y 20000 h.
 - Sistemas de control de estado sólido.
 - Sistema de refrigeración para disipar el calor generado en las resistencias durante la utilización del freno dinámico.
 - Motores de corriente continua en cada rueda o en cada eje para los volquetes de mayor tonelaje. La vida de estos componentes oscila entre 15000 y 18000 h.
 - El módulo motor que incluye los engranajes de reducción y el freno.
 - Los soplantes para los generadores y motores.
- **Bastidor.** El bastidor principal o chasis es la espina dorsal del volquete, y está construido con elementos de acero de alta resistencia capaces de soportar los importantes esfuerzos de torsión, flexión e impactos de los numerosos ciclos de carga, acarreo y descarga.
- **Caja.** Las cajas de los volquetes están construidas de planchas de acero de alto límite elástico que proporcionan una elevada resistencia a los impactos y al desgaste. Las vigas de refuerzo son huecas de sección rectangular por las cuales pasan los gases de escape para producir el calentamiento de la caja y así evitar la adherencia del material cuando

está húmedo o es arcilloso. El fondo de la caja y la sección longitudinal es en forma de "V" de manera que el centro de gravedad de la carga queda lo más abajo posible para incrementar la estabilidad. El declive hacia adelante proporciona una excelente retención de la carga, mientras que los declives desde el fondo de la caja hacia las paredes laterales desvían las fuerzas de los impactos de carga. El sistema de vuelco suele ser trasero mediante la elevación de dos cilindros hidráulicos.



- **Suspensión.** El sistema de suspensión de un volquete no solo tiene que absorber las oscilaciones y vibraciones causadas por las desigualdades del terreno, sino que también debe amortiguar los golpes durante la carga y distribuir el peso de ésta sobre los neumáticos. Los sistemas de suspensión deben ser simples, duraderos eficaces y de fácil mantenimiento. Básicamente se emplean tres sistemas de suspensión: ballesta o muelles de acero, amortiguadores de goma y cilindros hidroneumáticos.
- **Frenos.** El sistema de frenos de que van provistos los volquetes es esencial, pues deben soportar frenadas prolongadas al bajar pendientes mientras van totalmente cargados. Estos sistemas se componen de:
 - Frenos de servicio.
 - Frenos de emergencia.
 - Frenos de estacionamiento.

- Retardados.
 - En lo referente a los diseños de los frenos, pueden ser: de disco múltiple, de zapata, o de disco simple.
- **Dirección y sistema hidráulico.** La dirección es totalmente hidráulica, llevándose a cabo la última acción mediante dos cilindros hidráulicos gemelos de doble acción independiente. Este sistema hidráulico general es independiente de los dos circuitos autónomos y estancos que actúan sobre los frenos delanteros y traseros. El sistema hidráulico se activa por medio de una o dos bombas en paralelo, que están en funcionamiento siempre, tanto para girar la dirección como para levantar la caja. Por otro lado, la transmisión dispone de otra bomba y circuito totalmente independiente que mantiene el flujo de convertidor, caja de cambios y refrigerador.
 - **Ruedas.** Constituyen el último eslabón de la transmisión y en ellas se convierte el par en fuerza de tracción sobre el terreno en contacto con el neumático. En general, cuanto más pequeño es el diámetro de las ruedas mayores son las fuerzas de tracción.
 - **Cabina.** Es el puesto del conductor, siendo criterio universal el que esté diseñada para proporcionar visibilidad y confort al operador.





2.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

El llenado de la caja puede efectuarse mediante palas de ruedas y excavadoras hidráulicas o minadores continuos de superficie. En cada caso, el volquete se estaciona de forma que la máquina de carga consiga su máxima efectividad y rendimiento. Si las unidades de transporte están bien dimensionadas, se debe conseguir la carga de éstas con máquinas cíclicas con un número de cazos comprendido entre 3 y 5. Cabe señalar en gran número de aplicaciones que tienen éstas unidades en explotaciones mineras de interior o en obras subterráneas, donde no tienen cabida en muchos casos unidades convencionales de dos ejes.

El ciclo de transporte incluye periodos de aceleración y frenado, y desplazamientos con una velocidad mantenida que es función de las condiciones de la pista, tráfico, tracción disponible del vehículo y longitud de transporte.

Dependiendo del diseño de la caja, la descarga consiste en el vertido de la carga sobre el borde de una escombrera, en una tolva o sobre un emparrillado o grizly. Las maniobras que son necesarias pueden variar en cada caso.

El retorno al punto de carga con el volquete vacío se produce a mayor velocidad e incluye la maniobra de posicionamiento junto a la máquina de carga.

Las áreas de vertido y carga se deben acondicionar de forma que las maniobras a realizar por los volquetes sean lo más simples y cortas posibles.



2.6. VENTAJAS

- Flexibilidad del sistema en cuanto a distancias, pues es aplicable, generalmente, entre los 100 y 3000 m.
- Capacidad de adaptación a todo tipo de materiales a transportar.
- Facilidad para variar el ritmo de producción, aumentando la flota de volquetes o el grado de utilización.
- Necesidad de una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa.
- Posibilidad de contratación de la flota e incluso de la operación.
- Existencia de una variedad de modelos que permiten adaptarse bien a las condiciones en que debe desarrollarse la operación.
- Sistema muy conocido y, por tanto, relativamente fácil de supervisar y controlar.
- Menor inversión inicial que en otros sistemas de transporte como los de banda transportadora. No obstante, son unidades proporcionalmente más caras que los volquetes convencionales equivalentes.

2.7. DESVENTAJAS

- Costes de operación elevados, con un porcentaje sobre el coste total de arranque, carga y transporte que oscila entre el 40 y 60%, según los casos.
- Complicada supervisión y optimización cuando se tiene en operación un elevado número de unidades.
- Rendimientos bajos cuando aumenta la distancia de transporte y/o el desnivel a superar.
- Gran cantidad de mano de obra especializada en operación y mantenimiento.



3. ETF MINING TRUCKS CONCEPT

3.1. GENERAL OVERVIEW

As the world is getting more competitive and people are increasingly aware of the precious environment we live in, the mining industry, collectively we must strike a realistic balance between resources and economic security. Increase productivity and reduce operating costs, while still endeavoring where possible to protect the environment is absolutely necessary.





Since the invention of the large haul truck nothing much has changed, trucks have just got larger to improve productivity but so has the cost of the tyres required which now forms a large percentage of a mine's operating costs. The first significant change in Rigid Haul Truck design for 60 years has come with the introduction of the ETF mining trucks that incorporates the payload advantages of a rigid machine with the all-wheel-drive, all-wheel-steering affording incredible maneuverability of articulated trucks.



In the technical design stage the design focused heavily on reducing maintenance and repair times, reaching availability as high as 95%. Engines and tyres can be swapped out in fifteen minutes; a complete axle replaced in under twenty five. Repairs on ETF trucks are completed using repair tools and methodology enabling incredibly fast turnaround. While conventional trucks may still be undergoing major repairs and maintenance the ETF truck will have completed the very same repairs and be back in full production in the same time it takes for an operator to take a lunch break.

In order to accommodate demand for higher payloads than even the largest conventional ultra-class trucks can provide, future-proof your mining operation by incorporating the unique advantages of the ETF Haul Train.

By linking several independent ETF truck units together the Haul Train can be operated under the same conditions but controlled by just one front operator, the rest of the powered linked units will precisely follow the lead machine fully controlled using the most innovative and technically advanced supervisory system available. Where fully autonomous conventional truck operations requires huge investment in technology and infrastructure, if the mine currently operates conventional trucks of any capacity then the ETF Haul Train can integrate and start moving more material immediately. Of course our trucks are autonomous ready.



There are a whole host of advanced technology incorporated into ETF products designed specifically to reduce costs and pollution to both land and air, just one example being the unique engine power management system that collectively

reduces overall fuel consumption and therefore NO_x/CO₂ to the lowest levels of any competitive haul truck in its class.

MT-170



Payload
170 US tons (155 metric tons)

Engine power
2574 hp (1920 kW)

Total length
18.3 m

Body length
9.4 m

Turning circle between walls
25.1 m

MT-240



240 US tons (218 metric tons)

2574 hp (1920 kW)

21.4 m

12.1 m

29.0 m

MT-320



320 US tons (290 metric tons)

3862 hp (2880 kW)

24.5 m

13.6 m

31.2 m

MT-400



400 US tons (363 metric tons)

3862 hp (2880 kW)

26.1 m

14.5 m

34.6 m

MT-500



500 US tons (454 metric tons)

5150 hp (3840 kW)

29.7 m

2x 8.4 m

38.4 m



Features:

- Modular Design
- All-Wheel-Drive
- All-Wheel-Steering
- Four demountable Power-Modules
- Automatic lifting of axles during empty haul to reduce tyre wear
- Fast Component change; 15 minutes for Tyre, Power-Module and Cabin. Complete Axle-Group in 25 minutes!
- 95 % technical availability during full Life Cycle
- Higher Utilization
- Safer by design
- Environmentally friendly

3.2. INNOVATIVE MINING HAUL TRAIN

ETF Mining Haul Trains are the answer to the demand for even larger payloads than current Ultra-Class Trucks offer. The innovative design results in the lowest cost per ton in the industry.

- Payloads from 309 to 3968 US tons (280-3600 metric tons)
- Huge operator cost savings
- In-pit loading and hauling even in very wet and slippery conditions
- No haulage distance limitations as with current Large Haul Trucks



Unique to ETF, each truck irrespective of capacity can operate together with others of the same capacity as a 'Haul Train' two; three, four or more individual trucks can easily be linked together using a steel arm carrying an enclosed armored data cable within its structure. Information data from the first operator controlled truck is transmitted via the link arm to the following trucks guiding and controlling all important operating functions like engine power, steering direction and brakes, just as if each unit had separate operators following each other.

The real operational advantage soon becomes very obvious, for every train there is just one operator, so as unit numbers increase payload capacity go 'up' while operator costs come 'down'. Each haul train features 'side dumping' capability, each truck can dump individually or together at the same time at the dump area and crusher.

If for any reason the mine plan should change requiring fewer units in the train each truck unit can be de-coupled, allowing each truck to operate independently. This unique configuration provides a mine wishing to increase operating capacity

simply by increasing the number of trucks in the train.

ETF Mining Haul Trains can be used on the same roads where current Large Haul Trucks are operating with existing haul road profiles and bend radius. Side-tippers are standard.



4. CAMIONES VOLQUETE CON TRACTOR REMOLQUE

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Se construyen con una unidad tractora de uno o dos ejes, con un enganche tipo yugo que oscila en los cuatro sentidos. Son unidades que tienen muy buena maniobrabilidad, pudiendo girar 90 grados en cualquier dirección y con un radio de giro muy pequeño. Las características básicas de estos equipos son:

- Menor relación potencia/peso.
- Menor inversión inicial.
- Menor consumo específico de combustible.



- Se dispone de un mayor número de neumáticos y el peso de la carga del vehículo puede distribuirse mejor, dando lugar a una mayor duración.
- Son más adecuados que los volquetes convencionales para transportar a largas distancias.



4.2. OPERACIONES BÁSICAS

Las operaciones básicas que se realizan con los volquetes son:

- Posicionamiento sobre el punto de carga.
- Recepción de la carga sobre la caja.
- Transporte al punto de vertido.
- Descarga del material.
- Retorno al punto de carga.



4.3. APLICACIONES

Los volquetes se emplean como unidades de transporte en las explotaciones mineras y en los movimientos de rocas y tierras en obras públicas.

La selección entre los diferentes tipos de unidades se debe realizar en función de las características de la operación que se vaya a llevar a cabo.

En el caso del volquete con tractor remolque:

- Se requiere gran maniobrabilidad.
- Se opera en pistas horizontales y con poca pendiente.
- Se necesita una gran flotación de los neumáticos.
- Las longitudes de transporte son grandes.
- El motor de explosión es igual al de otros equipos de los que se dispone.



4.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los principales componentes de un volquete son:

- **Motor.** Son diésel, generalmente, turboalimentados y con postenfriador. El turbo eleva el caudal de entrada de aire, lo que permite elevar la alimentación de gasoil y, en consecuencia, la potencia. El postenfriador permite que la inyección de ese aire se haga a una temperatura adecuada, lo que mejora el rendimiento energético elevando la potencia del motor.
- **Transmisión.** Puede ser mecánica o eléctrica.
 - Las características de los volquetes de transmisión mecánica son:
 - Transmisión totalmente automática diseñada para minimizar los impactos en la línea de accionamiento.
 - De tres a seis marchas hacia adelante y una hacia atrás.
 - Transmisiones fabricadas para una duración de 5000 a

- 8000 h.
 - Convertidores de par capaces de proporcionar altos pares de arranque y constituidos por tres componentes.
 - Retardadores hidráulicos para disminuir las necesidades de frenado.
 - Ejes de los mandos finales con duraciones entre 15000 y 18000 h.
 - Diferenciales con vidas en servicio superiores a 12000 h.
 - Rangos de reducción motriz entre 17:1 y 28:1.
 - los principales componentes de una transmisión mecánica son: el convertidor de par, la caja de cambios, el diferencial y los mandos finales.
- En la transmisión eléctrica las principales ventajas son:
 - Máxima utilización de la potencia del motor en todo el rango de velocidades.
 - Frenado dinámico.
 - Simplificación de la operación.
 - Mayor fiabilidad.
 - Los componentes principales de estos equipos son:
 - Un generador de corriente de hasta 1000 HP y alternador rectificador para las unidades de mayor potencia. La vida de esos generadores oscila entre 12000 y 20000 h.
 - Sistemas de control de estado sólido.
 - Sistema de refrigeración para disipar el calor generado en las resistencias durante la utilización del freno dinámico.
 - Motores de corriente continua en cada rueda o en cada eje para los volquetes de mayor tonelaje. La vida de estos componentes oscila entre 15000 y 18000 h.
 - El módulo motor que incluye los engranajes de reducción y el freno.
 - Los soplantes para los generadores y motores.
- **Bastidor.** El bastidor principal o chasis es la espina dorsal del volquete, y está construido con elementos de acero de alta resistencia capaces de soportar los importantes esfuerzos de torsión, flexión e impactos de los numerosos ciclos de carga, acarreo y descarga.
- **Caja.** Las cajas de los volquetes están construidas de planchas de acero de alto límite elástico que proporcionan una elevada resistencia a los impactos y al desgaste. Las vigas de refuerzo son huecas de sección rectangular por las cuales pasan los gases de escape para producir el calentamiento de la caja y así evitar la adherencia del material cuando

está húmedo o es arcilloso. El fondo de la caja y la sección longitudinal es en forma de "V" de manera que el centro de gravedad de la carga queda lo más abajo posible para incrementar la estabilidad. El declive hacia adelante proporciona una excelente retención de la carga, mientras que los declives desde el fondo de la caja hacia las paredes laterales desvían las fuerzas de los impactos de carga. El sistema de vuelco suele ser trasero mediante la elevación de dos cilindros hidráulicos.

- **Suspensión.** El sistema de suspensión de un volquete no solo tiene que absorber las oscilaciones y vibraciones causadas por las desigualdades del terreno, sino que también debe amortiguar los golpes durante la carga y distribuir el peso de ésta sobre los neumáticos. Los sistemas de suspensión deben ser simples, duraderos eficaces y de fácil mantenimiento. Básicamente se emplean tres sistemas de suspensión: ballesta o muelles de acero, amortiguadores de goma y cilindros hidroneumáticos.
- **Frenos.** El sistema de frenos de que van provistos los volquetes es esencial, pues deben soportar frenadas prolongadas al bajar pendientes mientras van totalmente cargados. Estos sistemas se componen de:
 - Frenos de servicio.
 - Frenos de emergencia.
 - Frenos de estacionamiento.
 - Retardados.
 - En lo referente a los diseños de los frenos, pueden ser: de disco múltiple, de zapata, o de disco simple.
- **Dirección y sistema hidráulico.** La dirección es totalmente hidráulica, llevándose a cabo la última acción mediante dos cilindros hidráulicos gemelos de doble acción independiente. Este sistema hidráulico general es independiente de los dos circuitos autónomos y estancos que actúan sobre los frenos delanteros y traseros. El sistema hidráulico se activa por medio de una o dos bombas en paralelo, que están en funcionamiento siempre, tanto para girar la dirección como para levantar la caja. Por otro lado, la transmisión dispone de otra bomba y circuito totalmente independiente que mantiene el flujo de convertidor, caja de cambios y refrigerador.
- **Ruedas.** Constituyen el último eslabón de la transmisión y en ellas se convierte el par en fuerza de tracción sobre el terreno en contacto con el neumático. En general, cuanto más pequeño es el diámetro de las ruedas mayores son las fuerzas de tracción.
- **Cabina.** Es el puesto del conductor, siendo criterio universal el que esté

diseñada para proporcionar visibilidad y confort al operador.



4.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

El llenado de la caja puede efectuarse mediante palas de ruedas, excavadoras hidráulicas, excavadoras de cables, rotopalas o minadores continuos. En cada caso, el volquete se estaciona de forma que la máquina de carga consiga su máxima efectividad y rendimiento. Si las unidades de transporte están bien dimensionadas, se debe conseguir la carga de éstas con máquinas cíclicas con un número de cazos comprendido entre 3 y 5.

El ciclo de transporte incluye periodos de aceleración y frenado, y desplazamientos con una velocidad mantenida que es función de las condiciones de la pista, tráfico, tracción disponible del vehículo y longitud de transporte.

Dependiendo del diseño de la caja, la descarga consiste en el vertido de la carga sobre el borde de una escombrera, en una tolva o sobre un emparrillado o grizly. Las maniobras que son necesarias pueden variar en cada caso.

El retorno al punto de carga con el volquete vacío se produce a mayor velocidad e incluye la maniobra de posicionamiento junto a la máquina de carga.

Las áreas de vertido y carga se deben acondicionar de forma que las maniobras a realizar por los volquetes sean lo más simples y cortas posibles.



4.6. **VENTAJAS**

- Flexibilidad del sistema en cuanto a distancias, pues es aplicable, generalmente, entre los 100 y 3000 m.
- Capacidad de adaptación a todo tipo de materiales a transportar.
- Facilidad para variar el ritmo de producción, aumentando la flota de volquetes o el grado de utilización.
- Necesidad de una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa.
- Posibilidad de contratación de la flota e incluso de la operación.
- Existencia de una variedad de modelos que permiten adaptarse bien a las condiciones en que debe desarrollarse la operación.
- Sistema muy conocido y, por tanto, relativamente fácil de supervisar y controlar.
- Menor inversión inicial que en otros sistemas de transporte.

4.7. **DESVENTAJAS**

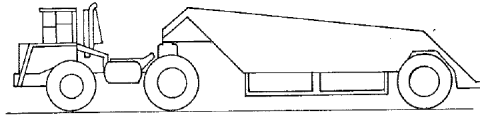
- Costes de operación elevados, con un porcentaje sobre el coste total de arranque, carga y transporte que oscila entre el 40 y 60%, según los casos.
- Complicada supervisión y optimización cuando se tiene en operación un elevado número de unidades.
- Rendimientos bajos cuando aumenta la distancia de transporte y/o el desnivel a superar.
- Gran cantidad de mano de obra especializada en operación y mantenimiento.

5. CAMIONES DE DESCARGA POR EL FONDO

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Constituyen una configuración que está **francamente en desuso** ante el avance en la eficiencia y reducción de costes de los volquetes rígidos y de los sistemas de bandas transportadoras, quedando limitada su utilización a casos muy específicos donde se requieren distancias de transporte relativamente largas y con velocidades medias y altas pero donde no es viable la utilización de sistemas de banda. Consta de un tractor de tiro, tipo tractor remolque, de tres ejes o de chasis rígido con dos ejes. La descarga se efectúa por medio de gatos hidráulicos, accionando la apertura mediante un dispositivo de pestillo.





3 - AXLE BOTTOM DUMP

Sus características básicas son:

- Relación carga útil a peso neto de aproximadamente 1,7.
- Potencia media en caballos por tonelada del orden de 8.
- Altura media de carga entre 3 y 5m.
- Capacidades de transporte de entre 70 y 180 t.



5.2. OPERACIONES BÁSICAS

Las operaciones básicas que se realizan con los volquetes son:

- Posicionamiento sobre el punto de carga.
- Recepción de la carga sobre la caja.
- Transporte al punto de vertido.
- Descarga del material.
- Retorno al punto de carga.

5.3. APLICACIONES

Aunque estos camiones han caído prácticamente en desuso por el incremento en la eficiencia y el abaratamiento de los costes de los volquetes rígidos, así como la expansión de los sistemas de bandas transportadoras, se emplearon como unidades de transporte en las explotaciones mineras convencionales y en los movimientos de rocas y tierras en obras públicas.

La selección entre los diferentes tipos de unidades se debe realizar en función de las características de la operación que se vaya a llevar a cabo.

En el caso del camión de descarga por el fondo:

- El material a transportar está bien fragmentado, es poco abrasivo y fluye fácilmente.
- Las pendientes no exceden del 3 al 5%, permitiendo una gran velocidad de marcha.
- Se requiere una gran flotación de los neumáticos.
- Las distancias de transporte van de medias a grandes.
- la descarga debe hacerse durante la marcha.



5.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los principales componentes de un volquete son:

- **Motor.** Son diésel, generalmente, turboalimentados y con post enfriador. El turbo eleva el caudal de entrada de aire, lo que permite elevar la alimentación de gasoil y, en consecuencia, la potencia. El post enfriador permite que la inyección de ese aire se haga a una temperatura adecuada, lo que mejora el rendimiento energético elevando la potencia del motor.
- **Transmisión.** Puede ser mecánica o eléctrica.
 - Las características de los volquetes de transmisión mecánica son:
 - Transmisión totalmente automática diseñada para minimizar los impactos en la línea de accionamiento.
 - De tres a seis marchas hacia adelante y una hacia atrás.
 - Transmisiones fabricadas para una duración de 5000 a 8000 h.
 - Convertidores de par capaces de proporcionar altos pares de arranque y constituidos por tres componentes.
 - Retardadores hidráulicos para disminuir las necesidades de frenado.
 - Ejes de los mandos finales con duraciones entre 15000 y 18000 h.
 - Diferenciales con vidas en servicio superiores a 12000 h.
 - Rangos de reducción motriz entre 17:1 y 28:1.
 - los principales componentes de una transmisión mecánica son: el convertidor de par, la caja de cambios, el diferencial y los mandos finales.
 - En la transmisión eléctrica las principales ventajas son:
 - Máxima utilización de la potencia del motor en todo el rango de velocidades.
 - Frenado dinámico.
 - Simplificación de la operación.
 - Mayor fiabilidad.
 - Los componentes principales de estos equipos son:
 - Un generador de corriente de hasta 1000 HP y alternador rectificador para las unidades de mayor potencia. La vida de esos generadores oscila entre 12000 y 20000 h.

- Sistemas de control de estado sólido.
 - Sistema de refrigeración para disipar el calor generado en las resistencias durante la utilización del freno dinámico.
 - Motores de corriente continua en cada rueda o en cada eje para los volquetes de mayor tonelaje. La vida de estos componentes oscila entre 15000 y 18000 h.
 - El módulo motor que incluye los engranajes de reducción y el freno.
 - Los soplantes para los generadores y motores.
- **Bastidor.** El bastidor principal o chasis es la espina dorsal del volquete, y está construido con elementos de acero de alta resistencia capaces de soportar los importantes esfuerzos de torsión, flexión e impactos de los numerosos ciclos de carga, acarreo y descarga.
 - **Caja.** Las cajas de los volquetes están construidas de planchas de acero de alto límite elástico que proporcionan una elevada resistencia a los impactos y al desgaste. Las vigas de refuerzo son huecas de sección rectangular por las cuales pasan los gases de escape para producir el calentamiento de la caja y así evitar la adherencia del material cuando está húmedo o es arcilloso. El fondo de la caja y la sección longitudinal es en forma de "V" de manera que el centro de gravedad de la carga queda lo más abajo posible para incrementar la estabilidad. El declive hacia adelante proporciona una excelente retención de la carga, mientras que los declives desde el fondo de la caja hacia las paredes laterales desvían las fuerzas de los impactos de carga. El sistema de vuelco suele ser trasero mediante la elevación de dos cilindros hidráulicos.
 - **Suspensión.** El sistema de suspensión de un volquete no solo tiene que absorber las oscilaciones y vibraciones causadas por las desigualdades del terreno, sino que también debe amortiguar los golpes durante la carga y distribuir el peso de ésta sobre los neumáticos. Los sistemas de suspensión deben ser simples, duraderos eficaces y de fácil mantenimiento. Básicamente se emplean tres sistemas de suspensión: ballesta o muelles de acero, amortiguadores de goma y cilindros hidroneumáticos.
 - **Frenos.** El sistema de frenos de que van provistos los volquetes es esencial, pues deben soportar frenadas prolongadas al bajar pendientes mientras van totalmente cargados. Estos sistemas se componen de:
 - Frenos de servicio.
 - Frenos de emergencia.
 - Frenos de estacionamiento.
 - Retardados.

- En lo referente a los diseños de los frenos, pueden ser: de disco múltiple, de zapata o de disco simple.
- **Dirección y sistema hidráulico.** La dirección es totalmente hidráulica, llevándose a cabo la última acción mediante dos cilindros hidráulicos gemelos de doble acción independiente. Este sistema hidráulico general es independiente de los dos circuitos autónomos y estancos que actúan sobre los frenos delanteros y traseros. El sistema hidráulico se activa por medio de una o dos bombas en paralelo, que están en funcionamiento siempre, tanto para girar la dirección como para levantar la caja. Por otro lado, la transmisión dispone de otra bomba y circuito totalmente independiente que mantiene el flujo de convertidor, caja de cambios y refrigerador.
- **Ruedas.** Constituyen el último eslabón de la transmisión y en ellas se convierte el par en fuerza de tracción sobre el terreno en contacto con el neumático. En general, cuanto más pequeño es el diámetro de las ruedas mayores son las fuerzas de tracción.
- **Cabina.** Es el puesto del conductor, siendo criterio universal el que esté



diseñada para proporcionar visibilidad y confort al operador.



5.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

El llenado de la caja puede efectuarse mediante palas de ruedas, excavadoras hidráulicas o minadores continuos. En cada caso, el volquete se estaciona de forma que la máquina de carga consiga su máxima efectividad y rendimiento. Si las unidades de transporte están bien dimensionadas, se debe conseguir la carga de éstas con máquinas cíclicas con un número de cazos comprendido entre 3 y 5.

El ciclo de transporte incluye periodos de aceleración y frenado, y desplazamientos con una velocidad mantenida que es función de las condiciones de la pista, tráfico, tracción disponible del vehículo y longitud de transporte.

Dependiendo del diseño de la caja, la descarga consiste en el vertido de la carga sobre el borde de una escombrera, en una tolva o sobre un emparillado o grizly. Las maniobras que son necesarias pueden variar en cada caso.

El retorno al punto de carga con el volquete vacío se produce a mayor velocidad e incluye la maniobra de posicionamiento junto a la máquina de carga.

Las áreas de vertido y carga se deben acondicionar de forma que las maniobras a

realizar por los volquetes sean lo más simples y cortas posibles.

5.6. VENTAJAS

- Flexibilidad del sistema en cuanto a distancias, pues es aplicable, generalmente, entre los 100 y 3000 m.
- Capacidad de adaptación a todo tipo de materiales a transportar.
- Facilidad para variar el ritmo de producción, aumentando la flota de volquetes o el grado de utilización.
- Necesidad de una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa.
- Posibilidad de contratación de la flota e incluso de la operación.
- Existencia de una variedad de modelos que permiten adaptarse bien a las condiciones en que debe desarrollarse la operación.
- Sistema muy conocido y, por tanto, relativamente fácil de supervisar y controlar.
- Menor inversión inicial que en otros sistemas de transporte.

5.7. DESVENTAJAS

- Costes de operación elevados, con un porcentaje sobre el coste total de arranque, carga y transporte que oscila entre el 40 y 60%, según los casos.
- Complicada supervisión y optimización cuando se tiene en operación un elevado número de unidades.
- Rendimientos bajos cuando aumenta la distancia de transporte y/o el desnivel a superar.
- Gran cantidad de mano de obra especializada en operación y mantenimiento.

6. UNIDADES ESPECIALES

6.1. TRANSPORTES ESPECIALES

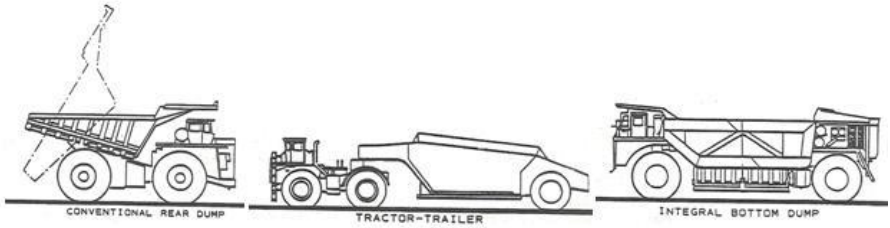








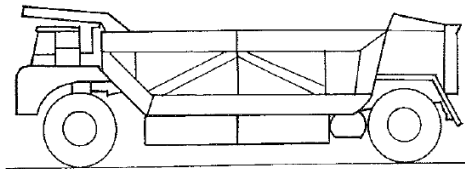
6.2. UNIDADES INTEGRALES DE DESCARGA POR EL FONDO











2 - AXLE BOTTOM DUMP