

Breve Descripción del Equipo Pesado de Construcción

Tomo II



Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez
Febrero de 2023

Contenido

Presentación.....	4
1. Equipos de barrenación	5
Wagon drills	5
Aplicaciones de los wagon drills.....	6
Especificaciones de wagon drills	6
Videos de wagon drills	9
Track drills	9
Videos de track drills	13
Jumbo de barrenación.....	14
Aplicaciones.....	16
Especificaciones	16
Videos de jumbos de barrenación	26
2. Lanzadoras de concreto	27
Definición	27
Descripción.....	27
Tipos de lanzadoras de concreto.....	28
Videos de lanzadoras de concreto	30
3. Rozadoras.....	31
Tipos de rozadoras	31
Partes principales de una rozadora.....	33
Aplicaciones de las rozadoras	34
Clasificación de las rozadoras.....	34
Videos de rozadoras.....	37
4. Colocadoras de concreto asfáltico o Finishers.....	38
Partes principales de una finisher	39
Aplicaciones de las finishers.....	40
Modelos de finisher	41
Videos de finisher.....	46
5. Plantas para producción de agregados.....	47
Trituradoras primarias.....	48
Trituradoras secundarias.....	50
Trituradoras terciarias.....	53
Equipo complementario.....	54
Alimentadores	54

Cribas.....	55
Bandas transportadoras.....	56
Videos de trituradoras	58
6. Plantas de asfalto.....	59
Plantas de bachas o lotes	59
Plantas de tambor	64
Videos sobre plantas de asfalto	75
7. Contrapoceras	76
Aplicaciones de las contrapoceras	76
Funcionamiento de las contrapoceras	76
Partes principales	78
Videos de contrapoceras.....	82

Presentación

En continuación con los equipos presentados en el Tomo I: Tractores, cargadores frontales, excavadoras, excavadoras convertibles, camiones fuera de carretera, camiones articulados, motoconformadoras, motoescrepas y equipo de compactación, en este Tomo II, se incluyen los equipos de barrenación (wagon drills, track drills y jumbos de barrenación), lanzadoras de concreto, rozadoras, colocadoras de concreto asfáltico (finishers), plantas para producción de agregados, y plantas de asfalto. Como caso particular se presenta la contrapocera.

El propósito de estos apuntes, al igual que el Tomo I, sigue siendo el que los alumnos del primer curso del área de construcción del plan de estudios de la carrera de ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, conozcan los equipos, las herramientas de trabajo que utilizan y sus aplicaciones.

Si bien algunos de los equipos presentados no entran estrictamente en la categoría de “pesados”, se incluyen porque se considera que son indispensables en la construcción de obras de infraestructura.

Agradezco la colaboración del P.I. Benjamín León quien como parte de su servicio social apoyó en la realización de los presentes apuntes.

1. Equipos de barrenación

Wagon drills

Los llamados wagon drills, son equipos neumáticos ligeros, generalmente portátiles (aunque hay modelos grandes), que se utilizan para llevar a cabo perforaciones en lugares de difícil acceso. Son máquinas pequeñas, remolcables con una estructura que puede ser plegable. Su medio de locomoción es mediante llantas. El equipo posee mando de rotación, de tracción, de regulación de empuje, de la válvula de aire, manómetros de control y freno de urgencia. Funcionan mediante aire comprimido. La figura 1.1 muestra un wagon drill.



Figura 1.1 Wagon drill.

Fuente: <https://www.serysol.com.mx/wagon-drill/>.



Figura 1.2 Wagon drill en perforación para introducción de drenes.
Fuente: Fotografía propia. Construcción carretera Jala-Compostela.



*Figura 1.3 Wagon drill con su correspondiente equipo de aire comprimido.
Fuente: Fotografía propia. Construcción carretera Jala-Compostela.*

Aplicaciones de los wagon drills

Son equipos muy versátiles: se pueden utilizar en la perforación para la colocación de anclas o drenes en taludes y contención de excavaciones y para explotación de canteras en distintas posiciones.

Especificaciones de wagon drills

Se presentan a continuación tablas y hojas técnicas de wagon drills de diferentes marcas.

Tabla 1.1 Características de wagon drills de la marca RMT (Rama Mining Tools).

Modelo	Variante	Herramienta de perforación	Profundidad de perforación (m)	Diámetro de perforación (mm)
RMT 25 (TH)	Top Hammer	RMT 120F Drifter	20-40	48-76
RMT 25 (DTH)	DTH Hammer	3" 4" Hammers	Arriba de 40	85-130

Fuente: Elaboración propia con datos de la página <https://www.rminingtools.com/mining-tools/wagon-drills>.

Tabla 1.2 Características de wagon drills de la firma Grupo Compresores y Maquinaria.

Modelo	Motor	Tipo	Consumo de aire (pcm)	Presión máxima de trabajo (psi)	Fuerza de levantamiento (kg)
Rhino Drill AS60P	60 kg de torque	Neumático 2HP	70	85	1,300
Rhino Drill AS95P	95 kg de torque	Neumático 4HP	70	85	1,300
Rhino Drill Slim	60 kg de torque	Neumático 2HP	70	85	1,300

Fuente: Elaboración propia con datos de la página <https://compresoresymaquinaria.com/perforadora-wagon-drill/>.



Figura 1.3 Wagon drills RMT25(TH) y RMT25 (DTH).
Fuente: <https://www.rminingtools.com/mining-tools/wagon-drills>



Figura 1.4 Hoja técnica wagon drills marca Stenuick.
Fuente: <http://www.stenuick.com/uploads/117.pdf>.

Tabla 1.3 Especificaciones de perforadoras wagon drill de la marca Rhino Drill.

Modelo	Motor	Tipo	Consumo de aire (pcm)	Presión máxima de trabajo (psi)	Fuerza de levantamiento (kg)
Rhino Drill AS60P Torque estandar	60 kg de torque	Neumático 2HP	70	85	1,300
Rhino Drill AS95P Alto torque	95 kg de torque	Neumático 4 HP	70	85	1,300
Rhino Drill	60 kg de torque	Neumático 2 HP	70	85	1,300

Fuente: Elaboración propia con datos de la página <https://compresoresmaquinaria.com/perforadora-wagon-drill/>

Videos de wagon drills

1. Nociones básicas de Perforación
Duración: 6:11 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=Li8sp99SVDM>
2. Perforación con Máquina Stenuick en Mina a Cielo Abierto
Duración: 4:32 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=3LrgFGc8TGk>
3. Perforación Vertical Sobre Terreno de Relleno Sanitario | Parque Cuitláhuac Iztapalapa | Rhino Drill
Duración: 4:37 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=W8CaU6ocp8A>
4. ¿COMO USAR PERFORADORA WAGON DRILL? | Montaje y Desmontaje de Tubería | RHINO DRILL
Duración: 2:15 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=EX6KRpDIIYk>
5. ¿COMO USAR PERFORADORA WAGON DRILL? | Funcionamiento de Válvulas | RHINO DRILL
Duración: 1:30 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=gvqrtwtFykQ>

Track drills

El track drill es un equipo para perforación que tiene una torreta que sostiene una barra dotada de una broca de acero especial para horadar la roca. Su sistema de locomoción es a base de orugas.

El track drill se desplaza mediante un sistema de orugas, contiene un equipo que produce aire comprimido mismo que conduce a través de una serie de mangueras para accionar una broca colocada en el extremo de una barra metálica. Algunos equipos cuentan con un carousel para que las barras metálicas se pueden acoplar de manera automática y lograr profundidades de barrenación considerables. Cuenta asimismo con un sistema de recolección de polvo. Los modelos grandes tienen una cabina donde se ubica el operador.

La figura 1.5 muestra un track drill grande. Puede hacer perforaciones de hasta 6 pulgadas de diámetro a una profundidad de 31 metros. Está accionado con un compresor de aire de 534 ft/min, con una potencia de 385 HP a 1,800 r.p.m.



Figura 1.5 Track drill.

Fuente: <https://www.constructionequipment.com/caterpillar-md5150-rock-drill>.

En la figura 1.6 se muestra un track drill neumático de la marca Wolf. Puede trabajar con martillos de tope o de fondo (Ver video número 4). Abarca diámetros de perforación de 2 a 6 pulgadas, una profundidad máxima de 30 metros, consumo de aire de 600 a 700 cfm (pies cúbicos por minuto), presión de trabajo de 100 a 350 psi (libras por pulgada cuadrada) dependiendo del tipo de martillo.

La perforación DTH (martillo en fondo) consiste en un martillo de perforación en la base de un tren de perforación. El martillo es accionado por aire comprimido, que impulsa un pistón a través de la barra de perforación, creando un impacto que se introduce en la roca para perforarla y romperla. El martillo de tope por otra parte se ubica en la parte superior de la barra de perforación.

La figura 1.7 muestra algunas herramientas de perforación con martillo de cabeza y con martillo de fondo.

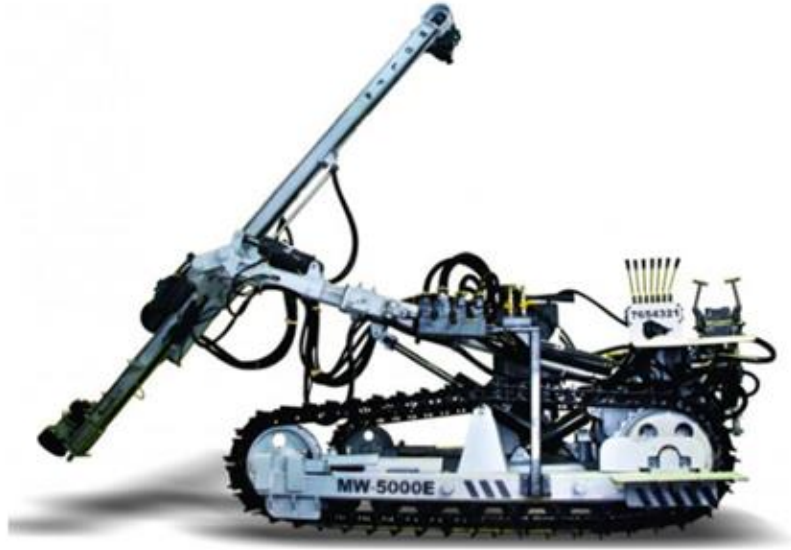


Figura 1.6 Track drill MW 5000 de la marca Wolf.
Fuente: <https://www.serysol.com.mx/trackdrill-hidrotrack/>



Figura 1.7 Herramientas de perforación con martillo de cabeza y con martillo de fondo.
Fuente: <http://sinodrills.es/construction.html>

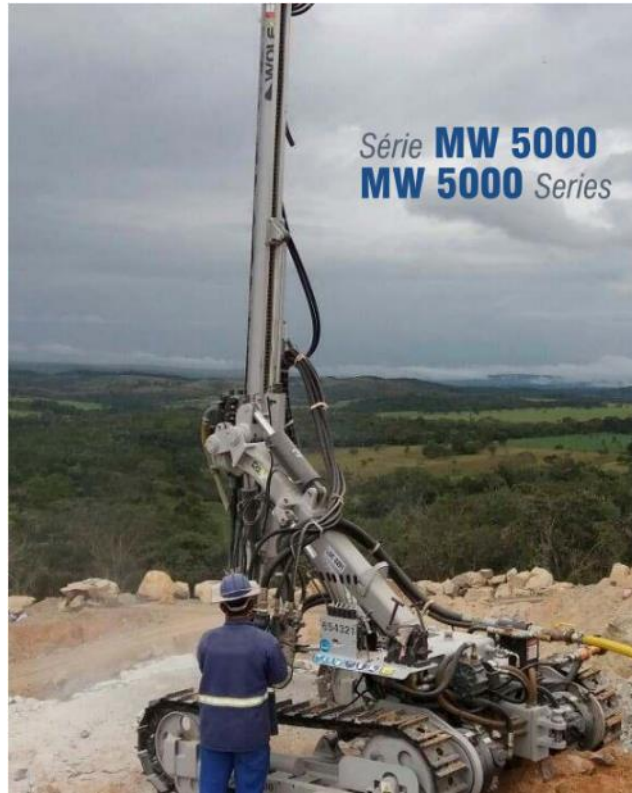


Figura 1.8 Portada de las especificaciones de track drills de la marca brasileña Wolf.
 Fuente: <https://aa4a649e47.clvaw-cdnwnd.com/ea748c958795724628e1a8d34bfe19d9/200000406-0788f08861/TRACK%20DRILL%20MW500E%20WOLF.pdf?ph=aa4a649e47>

	PERFORADORAS			CABEZAL DE ROTACIÓN	
PERFURATRIZES	MW 140 / MW 140 LS°	MW 126 / 126 LS°	MW 131 / 131 LS°	MW 80 A	MW 80 A HP
MODELO <i>MODELO</i>					
Consumo de Ar <i>Consumo de Aire</i>	600 - 750 pcm / cfm 18m³ / min	700 pcm / cfm 19m³ / min	750 pcm / cfm 21m³ / min	300 pcm / cfm 8,5m³ / min	410 pcm / cfm 11,5m³ / min
Pressão de Trabalho <i>Presión de Trabajo</i>	7 bar / 100 psi	7 bar / 100 psi	7 bar / 100 psi	7 bar / 100 psi	25 bar / 350 psi
Potência de Impacto <i>Potencia de Impacto</i>	9,3 kW	11,1 kW	11,1 kW	-	-
Frequência de Impacto <i>Frecuencia de Impacto</i>	2.350 imp / min	2.500 imp / min	2.500 imp / min	-	-
Rotação <i>Rotación</i>	Independente <i>Independiente</i>	Independente <i>Independiente</i>	Independente <i>Independiente</i>	Independente <i>Independiente</i>	Independente <i>Independiente</i>
Diâmetro de Perfuração <i>Diametro de Perforación</i>	2" - 3.1/2"	2" - 3.1/2"	2" - 3.1/2"	2.1/2" - 4.1/2"	2.1/2" - 6"
Principais Aplicações <i>Principales Aplicaciones</i>	Geotécnica e Construção Civil <i>Geotécnica y Construcción Civil</i>	Geotécnica e Construção Civil <i>Geotécnica y Construcción Civil</i>	Geotécnica e Construção Civil <i>Geotécnica y Construcción Civil</i>	Geotécnica e Construção Civil <i>Geotécnica y Construcción Civil</i>	Geotécnica e Construção Civil <i>Geotécnica y Construcción Civil</i>

*Também disponível com limpeza separada "LS". *También disponible con barrido de agua "LS".*
 Informações sujeitas a alteração conforme condições de trabalho. *Información sujeta a cambios según las condiciones de trabajo.*

Figura 1.9 Especificaciones de los cabezales de rotación de track drills de la marca brasileña Wolf.

Fuente: <https://aa4a649e47.clvaw-cdnwnd.com/ea748c958795724628e1a8d34bfe19d9/200000406-0788f08861/TRACK%20DRILL%20MW500E%20WOLF.pdf?ph=aa4a649e47>

Modelo	Diámetro de perforación (in)	Profundidad máxima (m)	Motor	Potencia (HP)	Compresor (cfm)	Cambiador de varillas del carrousel (mm)	Perforadora
MD5050	2.5 - 4	31	Tier 3 4 cilindros turbochargado	203@2,100r pm	250	45 o 51	HPR4519 25 HP
MD5075	3 - 5	31	C9 Tier 3	300@1,800r pm	350	45 o 51	HPR4519 25 HP
MD5090	3.5 - 5	22.1	C9 Tier 3	300@1,800r pm	300	45 o 51 Manual rod rack or optional linear rod changer	HPR4519 25 HP
MD 5125	3.5 - 6	30	Cat C11 Tier 3	325@1,800r pm	400	51, 60 o 68 Cambiador de varillas lineal	HPR5128 37 HP
MD5150	3.5 - 6	3	Cat C11 Tier 3	385@1,800r pm	534	51, 60 o 68	HPR5128 38 HP

Fuente: Elaboración propia con datos de la página <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C841079>

Videos de track drills

1. INGERSOLL RAND ECM-350 TRACK DRILL
Duración: 1:29 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=dDRIo10YgUo>
2. Perforación con track drill para ancla de fricción, carretera Acapulco-Cuernavaca km 253+180 lado b
Duración: 2:20 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=jpPcYoN-Kc>
3. Atlas Copco / Gardner Denver
Duración: 3:55 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=vNUAYKeYjgg>
4. Perforaciones con martillo de fondo
Duración: 9:14 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=E7w3CqxLqjo>
5. Cat MD5150C Track Drill - Virtual Walkaround
Duración: 6:03 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=igT-8DGYIMk>

Jumbo de barrenación

También llamado jumbo de barrenación, es una máquina para perforación frontal que está compuesta de brazos hidráulicos (dependiendo del modelo puede tener de 1 a 4 brazos hidráulicos), sobre los que se montan martillos perforadores. También se puede montar sobre estos brazos hidráulicos una canasta para permitir que se suban trabajadores y que tengan acceso a zonas difíciles de alcanzar.

La figura 1.10, muestra un jumbo de barrenación típico. La figura 1.11 muestra las partes principales de un jumbo de barrenación.



Figura 1.10 Jumbo de perforación Boomer XL3D.

Fuente: <https://www.epiroc.com/es-mx/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-xl3d>

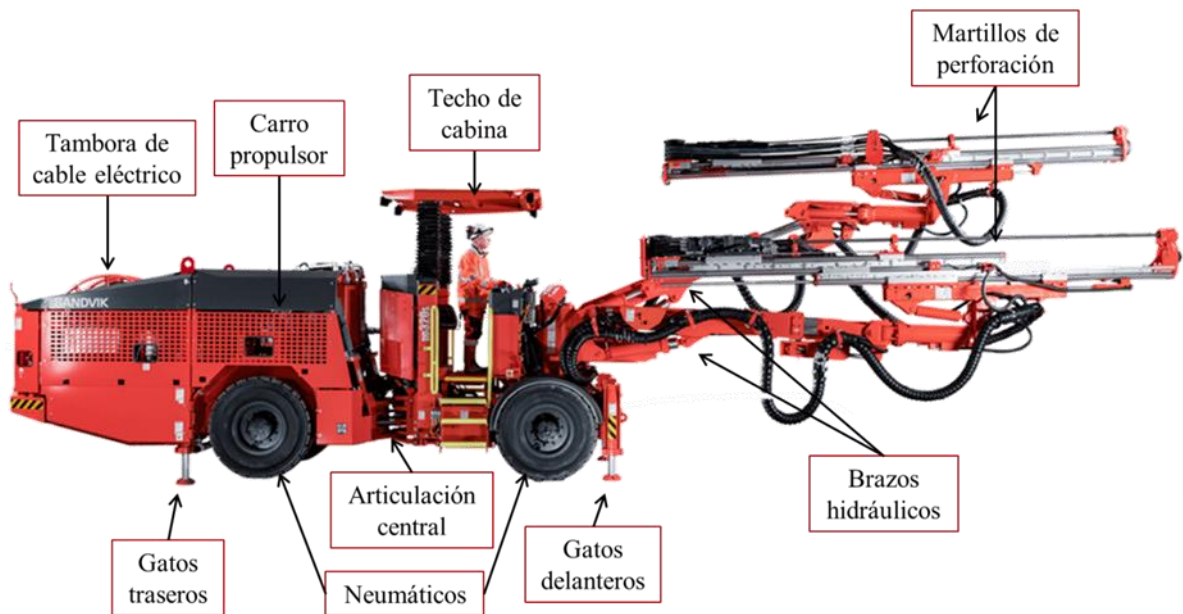


Figura 1.11. Partes principales de un jumbo de barrenación.

Fuente: <https://www.mineralacantera.com/>

Cuando trabajan se estacionan y su accionamiento es eléctrico, aunque pueden disponer de un motor diésel para su desplazamiento. Precisan de un aporte de agua para arrastrar los residuos de la perforación y enfriar la broca de perforación.

Algunos cuentan tanto con una cabina para el operador como con un sistema para su control vía remota para disminuir riesgos en algunas maniobras que pueden ser peligrosas.



Figura 1.12 Jumbo de perforación DD321 Sandvik.

Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-emperadores/equipos-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollo/equipo-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollodd321/>



Figura 1.13 Imagen de Jumbo de perforación de la marca Cannon Mining.

Fuente: <https://www.cannonmining.com.mx/productos-cannon-mining/>

Aplicaciones

Los jumbos de barrenación se utilizan principalmente para realizar labores subterráneas de perforación de manera rápida y en muchos casos automatizada.



Figura 1.14 Imagen de Jumbo de perforación DD422iE Sandvik.

Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-emperadores/equipos-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollo/equipo-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollodd422ie/>

El uso más común de los jumbos de perforación es en los túneles y minas subterráneas: Las máquinas modernas realizan la barrenación de manera automatizada conforme a un diagrama preestablecido que señala la ubicación de cada uno de los barrenos para insertar posteriormente las cargas explosivas.

Algunas empresas que producen esta maquinaria son Sandvik, Epiroc y Komatsu.

Especificaciones

Se muestran a continuación algunas características y especificaciones de esta máquina.

Tabla 1.4 Especificaciones básicas de jumbos de barrenación de la marca Sandvik.

Modelo	Cobertura (m ²)	Longitud de barreno (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Peso (kg)
DD422iE	60	5.27	2.50	3.15	27,500
DD421	60	4.66	2.31	3.42	24,500
DD321	49	4.66	2.15	2.35	22,000
DD212	25	2.83	1.40	1.90	10,850

Fuente: Elaboración propia con datos de las fichas técnicas de la maquinaria mencionada.

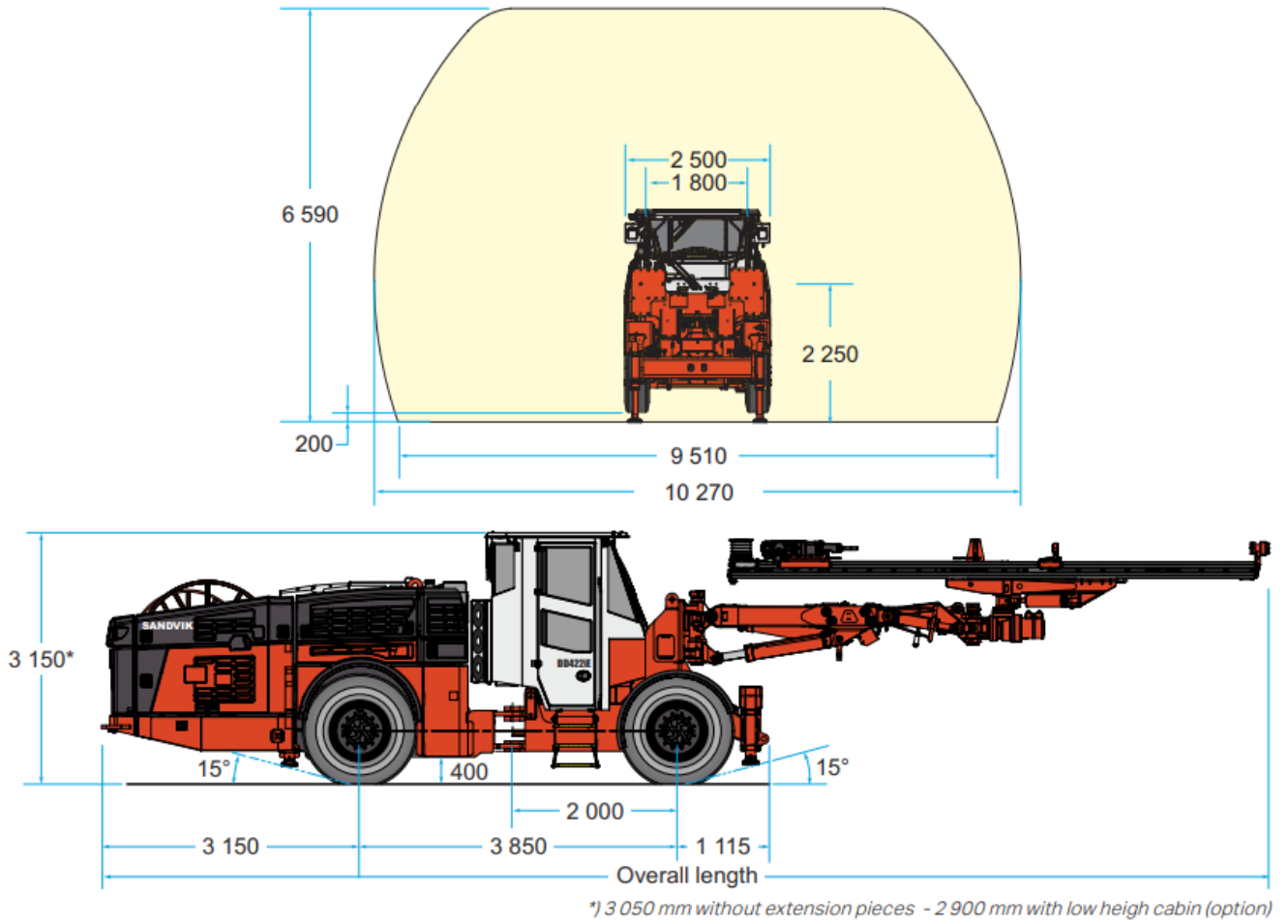
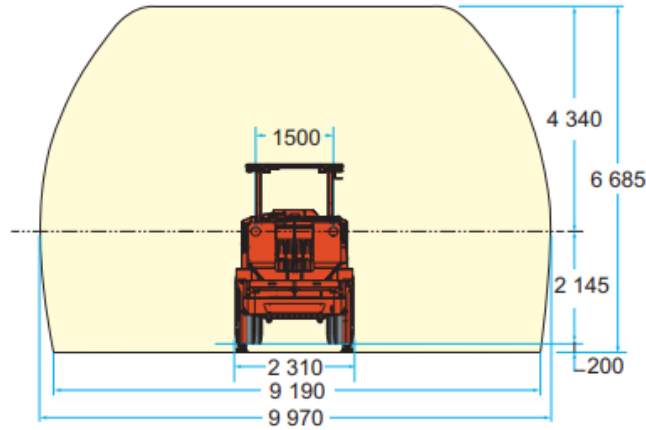


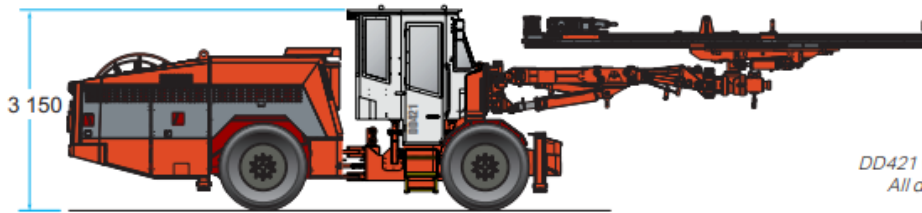
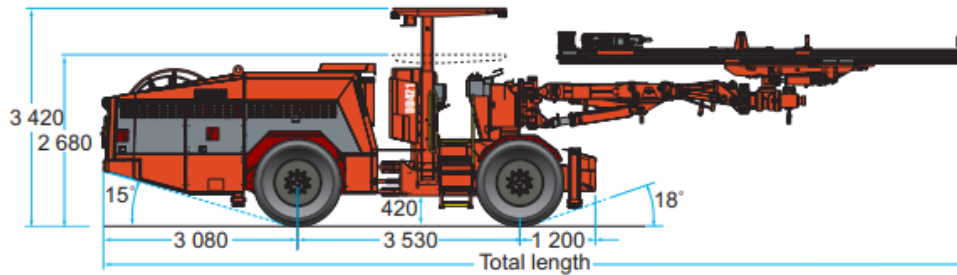
Figura 1.15 Jumbo de perforación DD422iE de la empresa SANDVIK. Cotas en [mm].

Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-empenadores/equipos-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollo/equipo-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollodd422ie/>



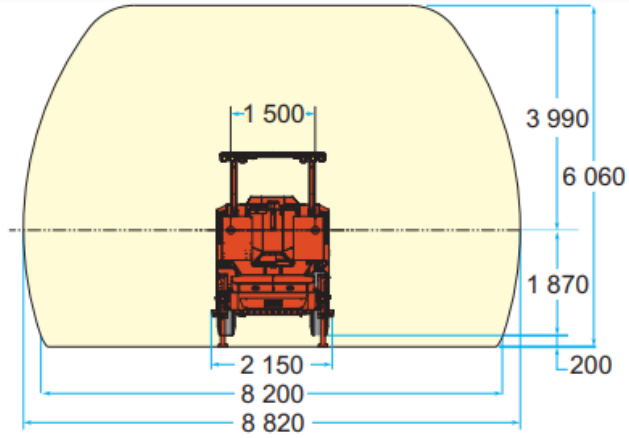
All dimensions in mm

	TF512	TF514	TF516	TFX6/12	TFX8/14	TFX10/16
Total length	mm 13 050	13 250	13 700	12 800	12 900	13 500



DD421 with cabin option
All dimensions in mm

Figura 1.16 Jumbo de perforación DD421 de la empresa SANDVIK. Cotas en [mm].
Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-emperadores/equipos-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollo/equipo-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollodd421/>



	TF512	TF514	TF516	TFX6/12	TFX8/14
Overall length mm	12 350	12 550	13 000	11 900	11 900

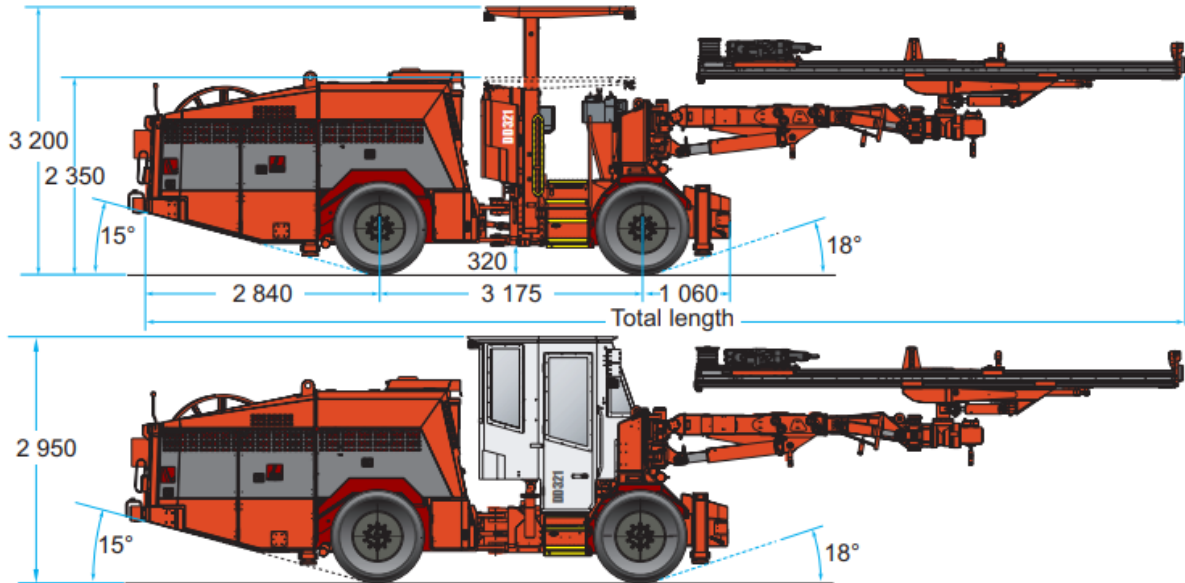


Figura 1.17 Jumbo de perforación DD321 de la empresa SANDVIK. Cotas en [mm].
 Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforacion-subterranea-y-emperadores/equipos-de-perforacion-de-desarrollo/equipo-de-perforacion-de-desarrollodd321/>

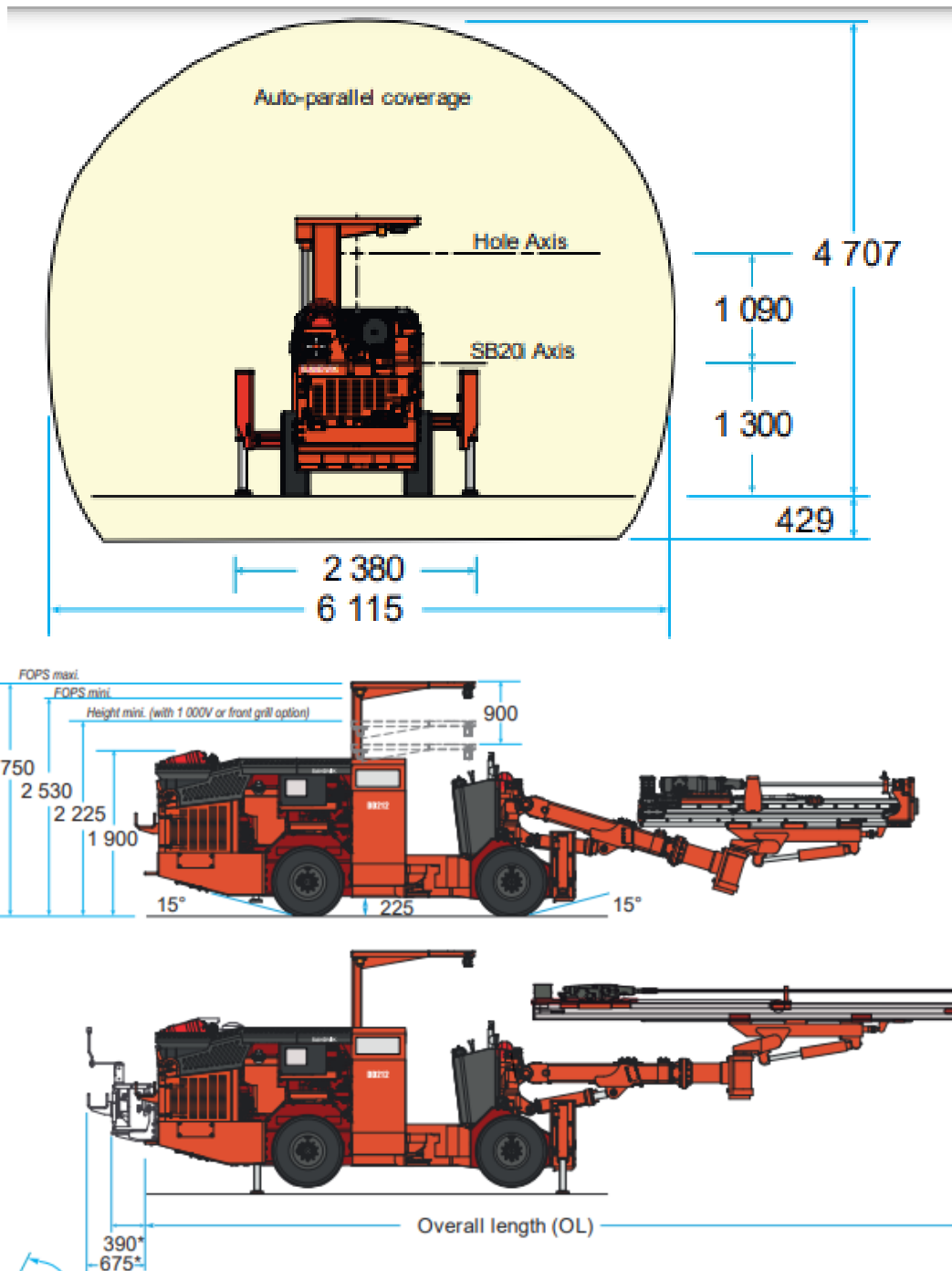


Figura 1.18 Jumbo de perforación DD212 de la empresa SANDVIK. Cotas en [mm].
Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforacion-subterranea-y-emperradores/equipos-de-perforacion-de-desarrollo/equipo-de-perforacion-de-desarrollo-dd212/>

El equipo hidráulico de un brazo serie Vein Runner de Joy está diseñado para la perforación de orificios verticales, horizontales y en ángulo en avances de desarrollo o producción subterránea. Incluye una perforadora hidráulica para perforar tuneles con sección de hasta 5.61 m (ancho) by 5.3 m (altura) (18 pies 4 pulg. por 17 pies 5 pulg.).



Características estándar

- Tren de potencia totalmente mecánico para trabajo pesado
- Perforadora hidráulica Montabert HC50
- Brazo de la serie Joy
- Control de perforación Montabert Intelsense
- Viga de aluminio Joy
- Transmisión Dana R20000 con convertidor de torque
- Motores diésel con certificaciones EPA y MSHA
- Motor eléctrico de 45 kW (60 hp) para accionar bombas de percusión y rotación
- Controles de palanca directos
- Paralelismo del brazo
- Compresor de aire
- Bomba de presión de agua

Especificaciones generales

	Jumbo Vein Runner II	
Peso	13,000 kg	28,660 libras
Ancho máximo	1540 mm	61 pulg.
Radio de giro		
Interior	3179 mm	125 pulg.
Exterior	4982 mm	196 pulg.
Ángulo de giro	40°	
Rotación del brazo	360°	
Extensión del brazo	914 mm	36 pulg.
Extensión de avance	1219 mm	48 pulg.
Cobertura del brazo		
Altura	5353 mm	211 pulg.
Ancho	5612 m	221 pulg.
Perforadora hidráulica	Montabert HC50	
Llantas	10.00 x 20	
Cable eléctrico - Tipo G-GC	76.2 m	250 pies

Figura 1.19 Jumbo hidráulico Vein Runner II de la empresa KOMATSU

Fuente: https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/hard-rock-equipment/folleto-de-jumbos-de-perforaci%C3%B3n-frontal.pdf?sfvrsn=7c6f0a6b_64

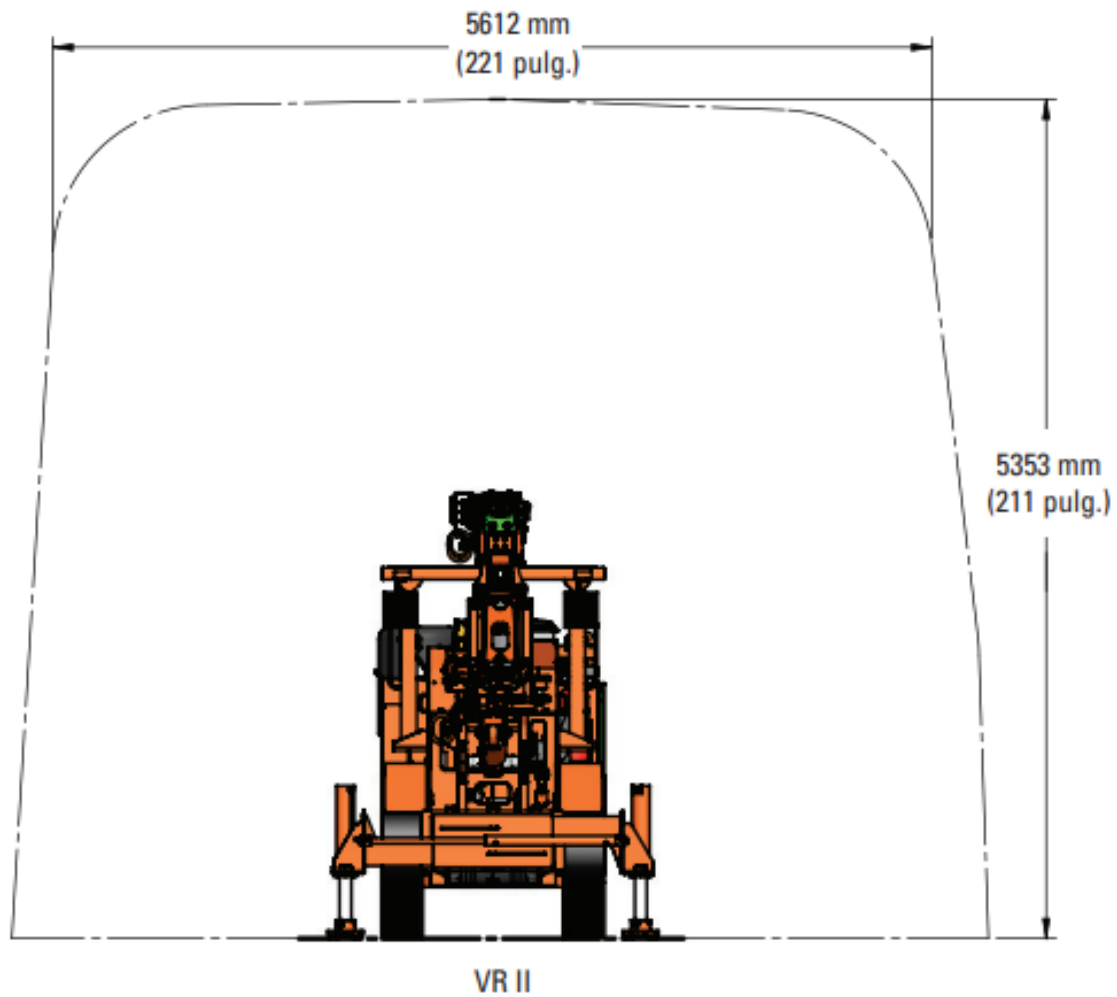


Figura 1.20 Cobertura de Jumbo hidráulico Vein Runner II de la empresa KOMATSU.
Fuente: https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/hard-rock-equipment/folleto-de-jumbos-de-perforaci%C3%B3n-frontal.pdf?sfvrsn=7c6f0a6b_64



Drift Runner 1 SB Jumbo



Drift Runner 2 SB Jumbo

Especificaciones generales

	Jumbo DR-1 SB		Jumbo DR-2 SB	
Peso	14,880 kg	32,800 libras	18,370 kg	40,500 libras
Ancho máximo	1963 mm	77 pulg.	2227 mm	88 pulg.
Radio de giro				
Interior	3899 mm	153.5 pulg.	4090 mm	161 pulg.
Exterior	6389 mm	252 pulg.	6649 mm	262 pulg.
Ángulo de giro	38°		38°	
Rotación del brazo	360°		360°	
Extensión del brazo	1219 mm	48 pulg.	1219 mm	48 pulg.
Extensión de avance	1520 mm	60 pulg.	1520 mm	60 pulg.
Cobertura del brazo				
Altura	6341 mm	250 pulg.	6360 mm	250 pulg.
Ancho	5744 mm	226 pulg.	8891 mm	350 pulg.
Perforadora hidráulica	Montabert HC50		Montabert HC50 (2)	
Neumáticos	12.00 x 20		12.00 x 20	
Cable eléctrico	76.2 m	250 pies	76.2 m	250 pies

Figura 1.21 Jumbos Drift Runner 1 SB y 2 SB de la empresa KOMATSU.

Fuente: https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/hard-rock-equipment/folleto-de-jumbos-de-perforaci%C3%B3n-frontal.pdf?sfvrsn=7c6f0a6b_64

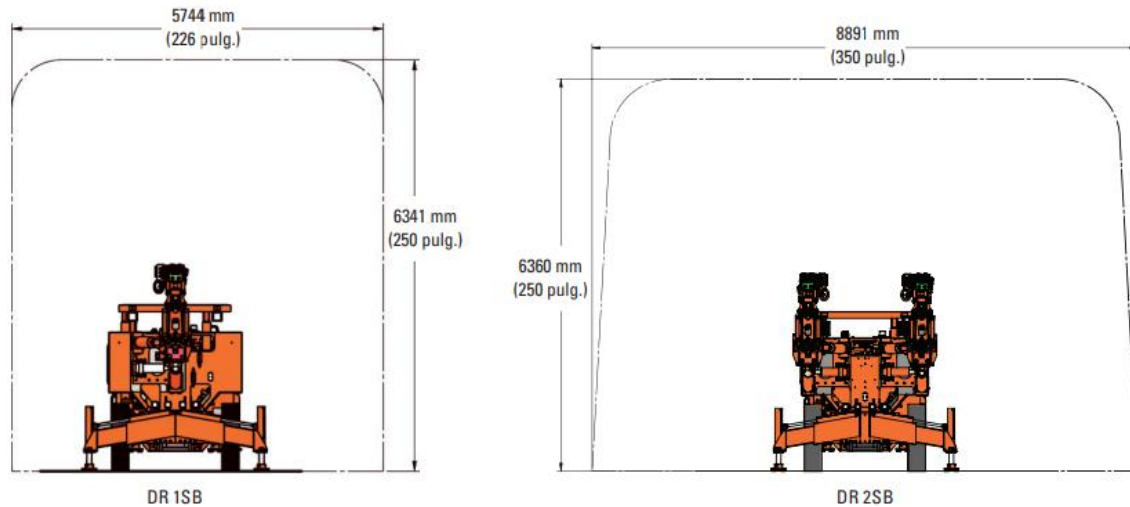
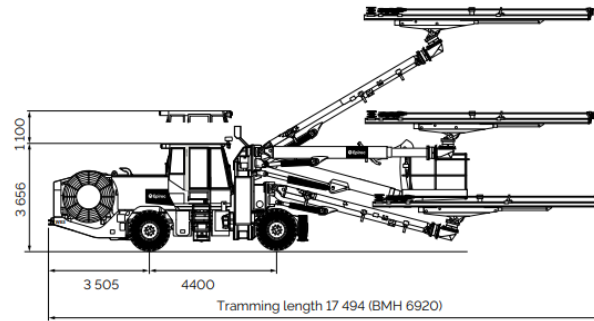
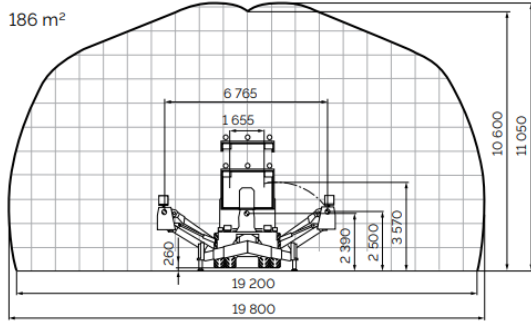


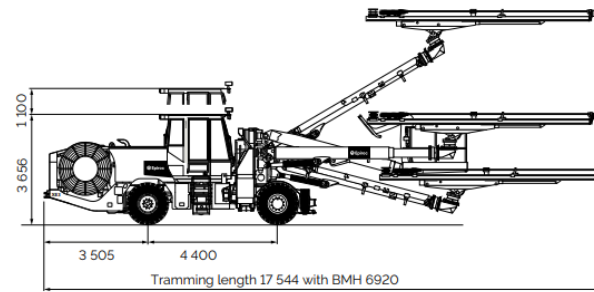
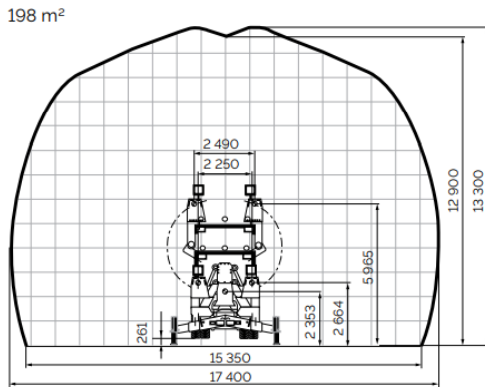
Figura 1.22 Cobertura de Jumbos Drift Runner 1 SB y 2 SB de la empresa KOMATSU.
 Fuente: https://mining.komatsu/docs/default-source/product-documents/underground/hard-rock-equipment/folleto-de-jumbos-de-perforaci%C3%B3n-frontal.pdf?sfvrsn=7c6f0a6b_64



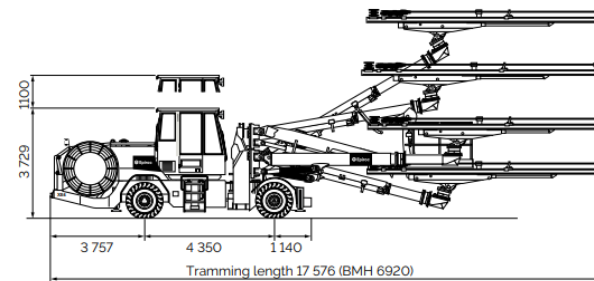
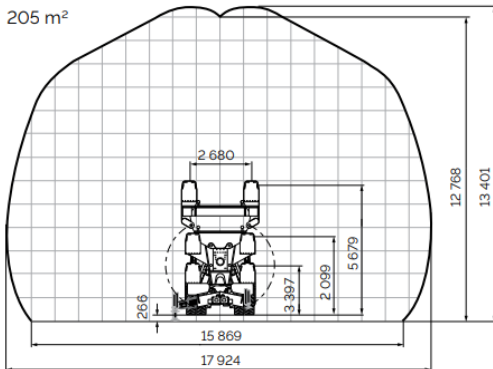
Figura 1.23 Boomer XE4 de la empresa EPIROC.
 Fuente: <https://www.epiroc.com/es-mx/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-xe-we>



Boomer WE3: Left coverage area, right measurements.



Boomer XE3: Left coverage area, right measurements.



Boomer XE4: Left coverage area, right measurements.

Figura 1.24 Cobertura y dimensiones de Boomers XE/WE de la empresa EPIROC.
 Fuente: <https://www.epiroc.com/es-mx/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-xe-we>

Tabla 1.5 Principales características de los Boomers XE/WE de la empresa EPIROC.

Dimensions	A	B	C
Width	2 926 mm	2 926 mm	3 136 mm
Height with cabin	3 664 mm	3 656 mm	3 729 mm
Height, cabin up	4 756 mm	4 756 mm	4 760 mm
Length, tramming	17 494 mm BMH 6920	17 544 mm BMH 6820	17 576 mm BMH 6920
Ground clearance	449 mm	450 mm	277 mm
Turning radius outer/inner	11 900/6 300 mm	11 900/6 300 mm	12 500/6 000 mm

Fuente: <https://www.epiroc.com/es-mx/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-xe-we>

Videos de jumbos de barrenación

1. 3 boom jumbo
Duración: 5:03 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=b75H2M2ieOc&t=283s>
2. Varios videos de equipo de perforación de desarrollo DD422IE
Duración: Variada
<https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-perforaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-y-empenadores/equipos-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollo/equipo-de-perforaci%C3%B3n-de-desarrollodd422ie/>
3. Joy Vein Runner II Jumbos Hidráulicas - Minería Subterránea
Duración: 2:22 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=8Zrjdquxy8>
4. Nombre: La Barrenación o Perforación y su Equipo - Nivel 2. Lección 4.1
Duración: 1:30 minutos (del minuto 0:54 al 1:24)
<https://www.youtube.com/watch?v=9sjvkPB316M>
5. Perforacion y Voladura Subterranea
Duración: 3:01 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=estClry2zsM>
6. Sandvik DD422i
Duración: 2:05 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=qS9QLnFU0ko>

2. Lanzadoras de concreto

Definición

El ACI (American Concrete Institute) define el concreto lanzado como un mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. Dicha superficie puede ser concreto, piedra, terreno natural, mampostería, acero, madera, poliestireno, etc. A diferencia del concreto convencional, que se coloca y luego se compacta (vibrado) en una segunda operación, el concreto lanzado se coloca y se compacta al mismo tiempo, debido a la fuerza con que se proyecta desde la boquilla.¹

El equipo para realizar esta operación se conoce con el nombre de lanzadora de concreto.

Descripción

La máquina consta de una tolva receptora del material que se va a lanzar, un rotor que conjuntamente con una tubería de salida y la manguera que conduce el material por lanzar constituyen el sistema de proyección, un tablero eléctrico y un sistema de traslación a base de llantas neumáticas.

La figura 2.1 muestra una lanzadora de concreto, que puede trabajar el concreto lanzado por vía seca y húmeda, hasta 5 m³ con motor eléctrico, neumático y diésel.²



Figura 2.1 Lanzadora de concreto.

Fuente: <http://www.concretta.mx/>

¹ <http://www.imcyc.com/cyt/abril02/conclanzado.htm>

² <http://www.concretta.mx/>

La figura 2.2 muestra el principio de operación de una lanzadora de concreto en seco.

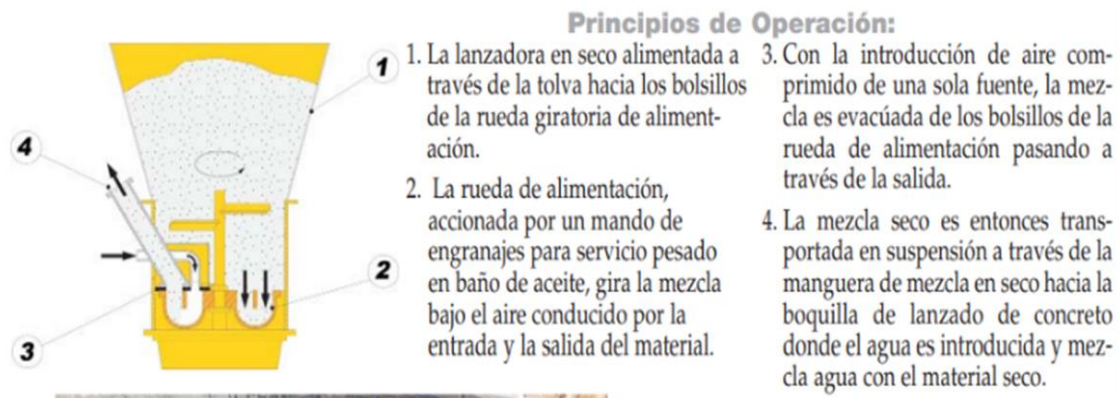


Figura 2.2 Principio de operación de una lanzadora de concreto en seco.
Fuente: <https://www.reedpumps.com/pdf/lovaspan0107.pdf>

Aplicaciones

Las lanzadoras de concreto son muy útiles en el revestimiento de túneles, estabilización de taludes y, en general, donde se requiera recubrir una superficie con mortero o concreto hidráulico como por ejemplo en albercas, reparaciones estructurales.

Tipos de lanzadoras de concreto

Existen 2 sistemas de realizar el lanzamiento:

- **Vía seca:** Con este sistema, se transporta el material a través de la manguera en estado seco gracias a la ayuda de un compresor y, al final de la manguera se le añade el agua necesaria para su mezcla. Con este sistema, se depende de la experiencia del lanzador para la correcta mezcla del agua necesaria. La figura 2.3 muestra esquemáticamente este tipo de lanzadora.

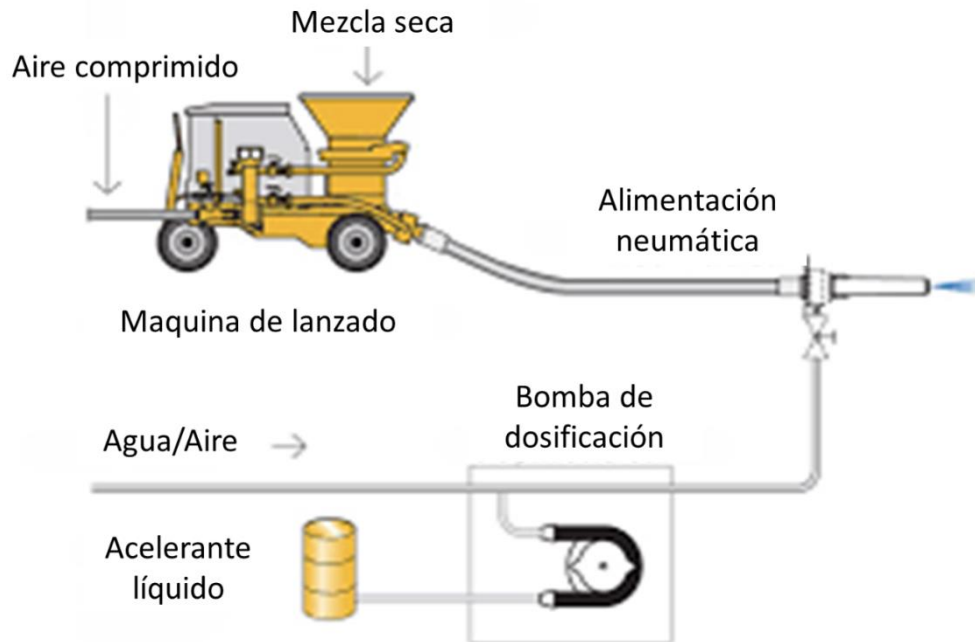


Figura 2.3 Esquema de lanzado en seco.

- **Vía húmeda:** Este sistema es el más utilizado en la actualidad. Consiste en transportar mediante una bomba estacionaria la mezcla diseñada en planta y en la punta de la manguera dispersar el material mezclándolo con aire pasando por una boquilla especial. La figura 2.3 muestra de manera esquemática este método.

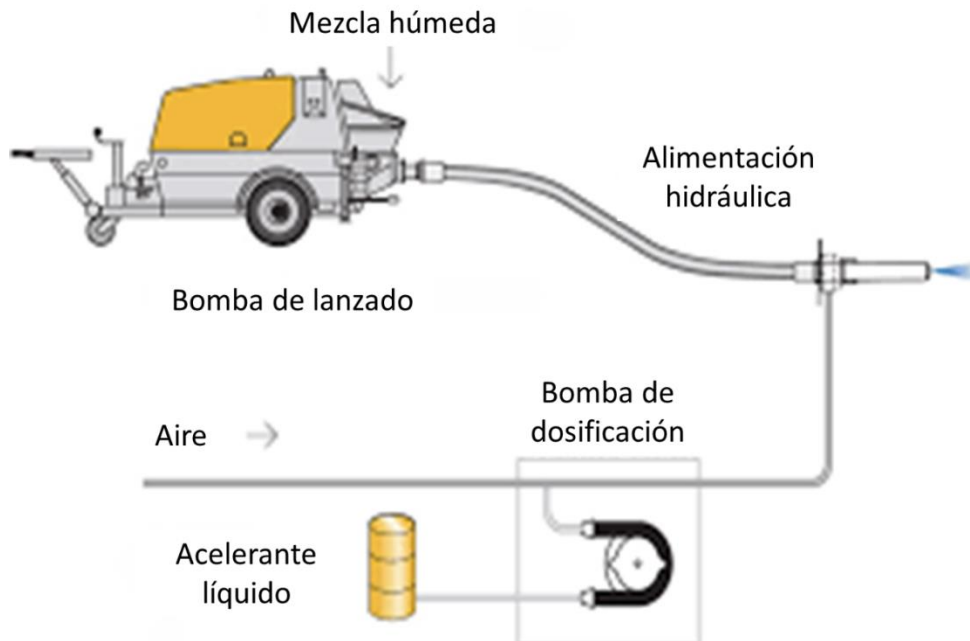


Figura 2.4 Esquema de lanzado por vía húmeda.



Figura 2.5 Lanzado de concreto.

Fuente:

https://www.google.com/search?q=gunitado+via+seca+y+via+hmeda&newwindow=1&sxsrf=ALiCzsaJspRz2TMJ5DvDtSxbj2hH9uKxJg:1655222635069&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewizzb_pgK34AhV-D0QIHYS8DOAQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1440&bih=789&dpr=1#imgsrc=oxGVpa3FFqOM0M&imgdii=sTzRzDVpG-9PdM

Videos de lanzadoras de concreto

1. Máquinas de gunitar vía seca gunitadoras
Duración: 3:54 min.
https://www.youtube.com/watch?v=Tbq4q_1xDtk&t=234s
2. Concreto Lanzado - (Hormigón proyectado)
Duración: 2:39 min.
https://www.youtube.com/watch?v=c_-8ZRIYKY

Muro De Contención Con Hormigón Proyectado
Duración: 5:48 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=dW-X1EInIeY>
3. Demostración Shotcrete ExpoHormigón 2013
Duración: 5:31 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=4LbqooAAHAM>
4. Máquinas de gunitar vía seca gunitadoras
Duración: 3:54 min.
https://www.youtube.com/watch?v=Tbq4q_1xDtk
5. Gunitado por vía húmeda en Cerro Quemado
Duración: 1:25 MIN.
<https://www.youtube.com/watch?v=nk3Obpw2CYI&t=85s>

3. Rozadoras

Son máquinas electrohidráulicas que tienen como herramienta principal un cabezal giratorio con picos para excavar el material, un brazo articulado para abarcar una determinada área con el cabezal, una plataforma de carga en la parte inferior de la máquina con aspas giratorias para recoger los escombros y una caja de almacenamiento para el transporte de los escombros. La máquina está montada sobre orugas para su transporte.



*Figura 3.1. Rozadora modelo MR361 de la marca Sandvik.
Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr361/>*

Tipos de rozadoras

Existen básicamente dos tipos de rozadoras, de tipo Milling y Ripping.

- Milling: En estas máquinas el cabezal de corte gira en línea con el eje del brazo articulado, la fuerza de corte se aplica lateralmente. Para terrenos duros necesita de unos gatos de apoyo para tener una buena estabilidad.
- Ripping: En estas máquinas el cabezal de corte gira perpendicularmente al brazo articulado, la fuerza de corte se aplica de manera frontal. La herramienta de corte ataca la roca utilizando todo el peso de la máquina y esto hace posible la excavación de rocas más duras.

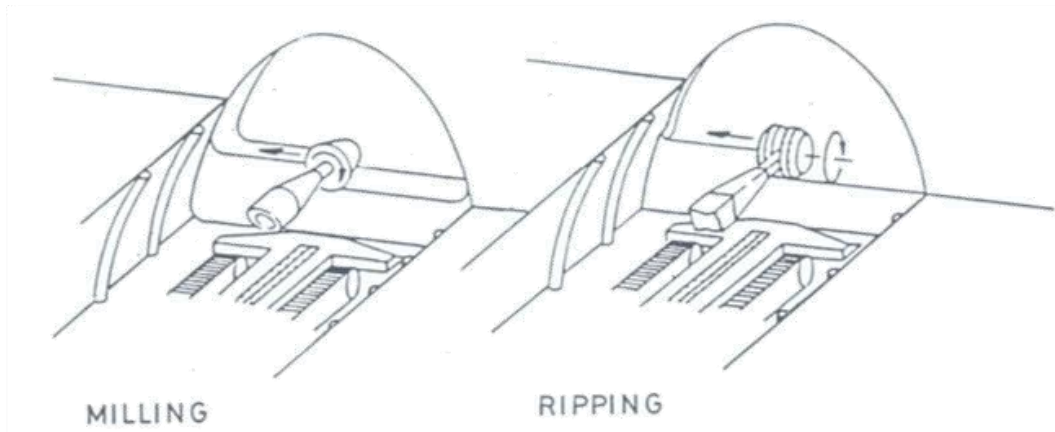


Figura 3.2 Sistema Milling y Ripping.

Fuente: https://nuevatecnologiasymateriales.com/wp-content/uploads/2016/03/005_Rozadoras.pdf

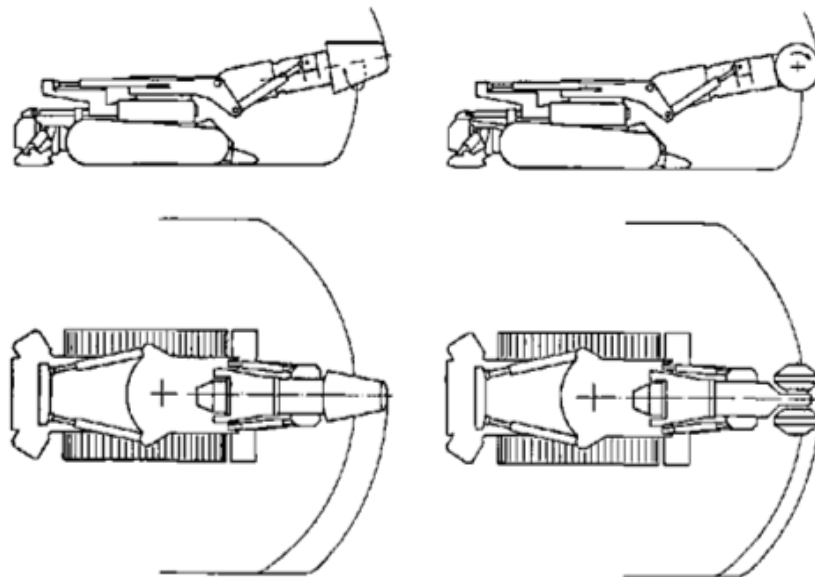


Figura 3.3 Modos de corte de un sistema Milling y Ripping.

Fuente: https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/4819d06b0ca810d_ek.pdf

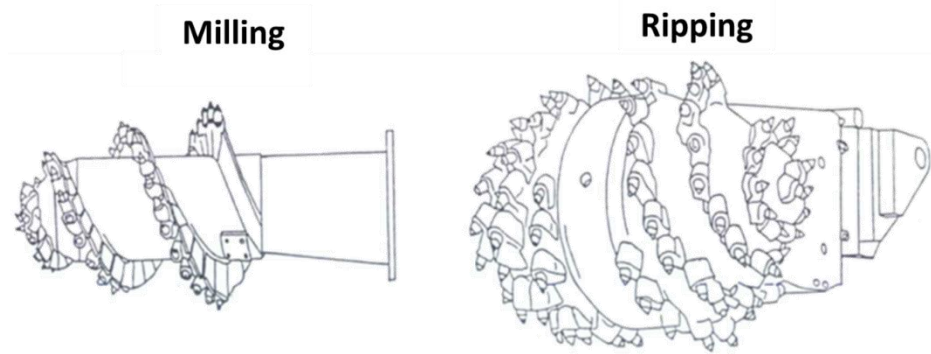


Figura 3.4 Cabezales de rozadoras tipo Milling y Ripping

Fuente: https://nuevatecnologiasymateriales.com/wp-content/uploads/2016/03/005_Rozadoras.pdf

Partes principales de una rozadora

La figura 3.5 muestra las partes principales de una rozadora, destacan la cabeza de corte, la plataforma de carga y el tren de rodaje.

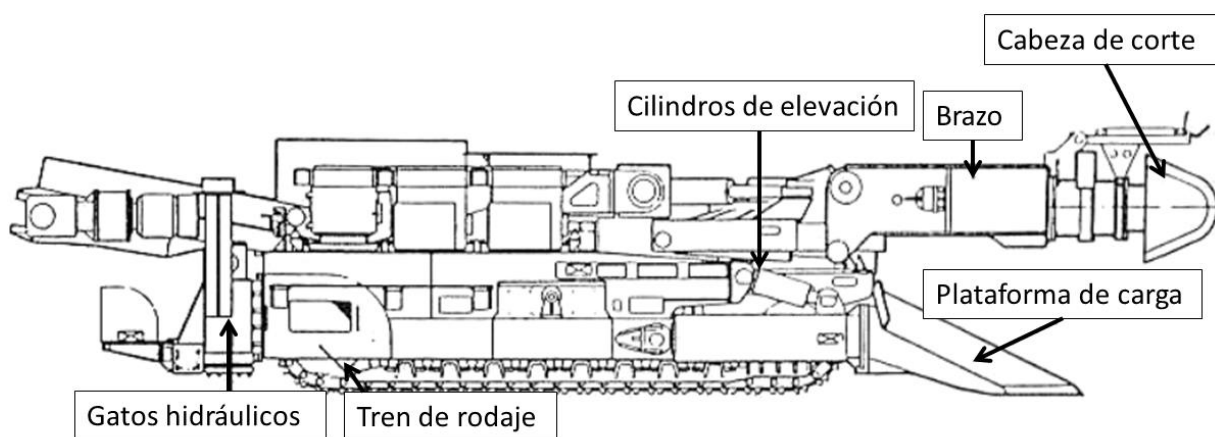


Figura 3.5 Partes principales de una rozadora de tipo Milling

Fuente: https://nanopdf.com/download/maquinas-rozadoras_pdf

Nota: Las partes principales de una rozadora tipo Ripping son idénticas a las de tipo Milling solo que la forma del cabezal (cabeza de corte), es distinto.

Aplicaciones de las rozadoras

Se utilizan fundamentalmente para la excavación de túneles y cavernas subterráneas en materiales que no sean roca maciza, como por ejemplo en roca empacada en materiales finos.

Un ejemplo concreto en México es la utilización de este tipo de máquinas en la ampliación de la línea 12 del metro.

Clasificación de las rozadoras

Se les puede clasificar por su peso, que a su vez está relacionado con su potencia y con el tipo de roca que pueden excavar (Ver tabla 3.1).

Tabla 3.1. Clasificación por peso de rozadoras.

	Peso (t)	Potencia de la cabeza de corte (kW)	Dureza máxima de roca (kg/cm ²)
Ligeras	< 20	< 50	< 300
De peso medio	20 - 40	< 110	< 800
Pesadas	40 - 60	110 - 220	< 1000
Muy pesadas	60 - 80	200 - 300	< 1200

Fuente: https://nuevatecnologiasymateriales.com/wp-content/uploads/2016/03/005_Rozadoras.pdf

En las siguientes figuras, se muestran varios modelos de rozadoras.



Figura 3.6 Rozadora para minería tipo Ripping modelo MR361 de la marca Sandvik

Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr361/>

Tabla 3.2 Datos técnicos de la rozadora MR361 de la marca Sandvik

Peso	67,000 kg
Dimensiones (longitud-ancho-altura)	11,000-3,100-2,300 mm
Altura de corte máxima	5,000 mm
Ancho del corte	7,500 mm
Potencia del motor de corte	230 Kw
Velocidad máxima de acarreo	15 m/min
Potencia instalada	452 Kw

Fuente: Elaboración propia con datos de la página <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr361/>

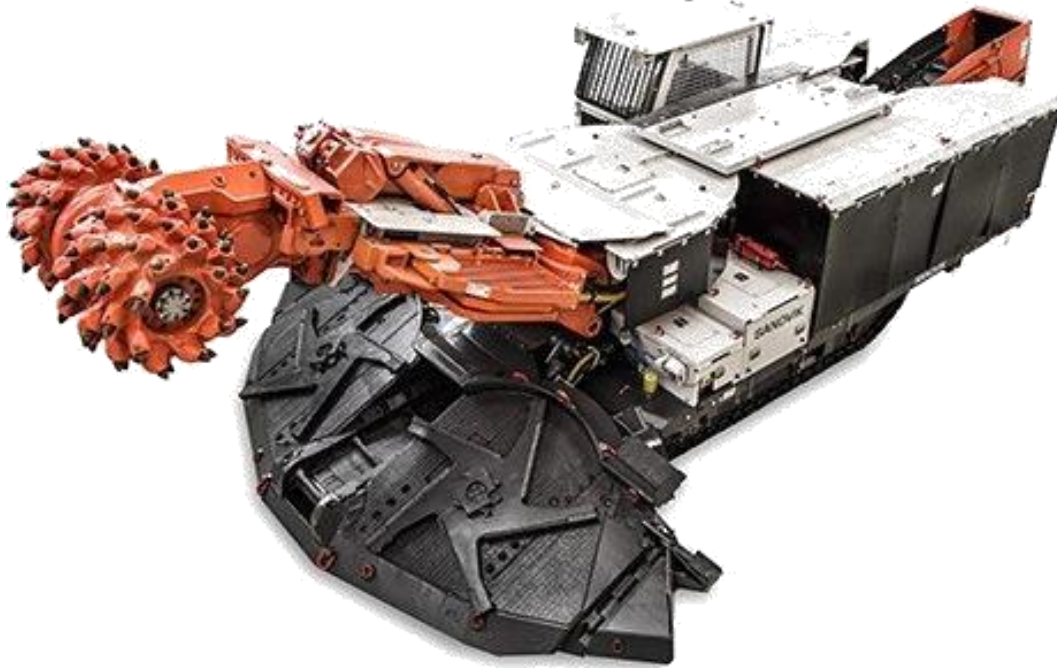


Figura 3.7 Rozadora para minería tipo Ripping modelo MR341 de la marca Sandvik

Fuente: <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr341/>

Tabla 3.3 Datos técnicos de la rozadora MR341 de la marca Sandvik

Peso	60,000 kg
Dimensiones (Longitud-Ancho-Altura)	10,900-4,200-2,850 mm
Altura del corte (máxima)	4,900mm
Altura del corte (mínima)	3,000mm
Ancho del corte	4,200 a 7,500mm mínimo/máximo
Potencia del motor de corte	200 Kw
Presión del suelo	0.17 MPa
Capacidad de carga	300 m3/h
Velocidad máxima de acarreo	6.8 m/min
Potencia instalada	4004 Kw

Fuente: Elaboración propia con datos de la página <https://www.rocktechnology.sandvik/es-la/productos/equipos-de-corte-mec%C3%A1nico/rozadoras-para-miner%C3%ADa/rozadora-para-miner%C3%ADa-mr341/>.



Figura 3.8. Rozadora para minería tipo Milling modelo EBZ200H de la marca Sany
Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/sany/product-52887-1793489.html>.



Figura 3.9. Rozadora para minería tipo Milling modelo XTR4/180 de la marca XCMG
Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/xcmg/product-50713-2479961.html>

Videos de rozadoras

1. EXCAVACIÓN DE TÚNEL CON ROZADORA
Duración: 0:38 min
<https://m.facebook.com/TERRABridgeGeotecnia/videos/excavaci%C3%B3n-de-t%C3%B3nel-con-rozadoras-rozadoras-pueden-ser-utilizadas-para-arranca/671756843792908/>.
2. Rozadora
Duración: 1:11 min
https://www.youtube.com/watch?v=2Owe2_4qso&t=67s
3. Rozadora 3
Duración: 0:36 min
<https://www.youtube.com/watch?v=88ZWigpWWqA&t=36s>
4. Mega Máquinas Perforadoras Haciendo Tuneles Ultima Tecnologia #1
Duración: 8:23 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=mR4OIIK5Jj4>

4. Colocadoras de concreto asfáltico o Finishers

También conocida como pavimentadora, asfaltadora, máquina de pavimentación o “finalizador”, es una máquina móvil compuesta principalmente de una tolva para la recepción del material por aplicar, un sistema de orugas o ruedas para trasladarse, un motor que suministra energía a la máquina, un mecanismo transportador que traslada la mezcla asfáltica a un tornillo sin fin y una regla niveladora que sirve para controlar el ancho y el espesor de la capa de mezcla asfáltica que se esté colocando, además de proporcionarle una pre compactación. Por tanto, se puede decir que la máquina consta de dos partes: La unidad tractiva que recibe en la tolva el material, lo traslada hacia el tornillo sin fin y la regla, reglón o extendedora. Esta última tiene un sistema vibratorio que nivela y compacta la mezcla una vez depositada en la superficie. También cuenta con elementos calefactores para mantener la temperatura cuando el material que se trabaja es concreto asfáltico.

Las finisher sobre ruedas tienen mayor movilidad por lo que se recomiendan en lugares donde se requiere mucho movimiento y reubicación constante de la máquina, en tanto que las que se mueven sobre orugas o cadenas tienen mayor fuerza tractiva y por tanto pueden manejar cargas más pesadas.

La figura 4.1 muestra una finisher en operación.

La figura 4.2 muestra una vista delantera y trasera de una finisher.



Figura 4.1. Finisher en operación.

Fuente: <https://sp.depositphotos.com/55129643/stock-photo-workers-making-asphalt-with-shovels.html>.



Figura 4.2. Vista frontal y trasera de una finisher.

Fuente: <https://es.dreamstime.com/pavimentadora-isom%C3%A9trica-del-asfalto-m%C3%A1quina-de-extensi%C3%B3n-bajo-fondo-blanco-ilustraci%C3%B3n>

Partes principales de una finisher

Las partes principales de una finisher son la tolva receptora de material, el alimentador o distribuidor que transporta la mezcla asfáltica al tornillo transportador y la regla niveladora, así como el motor que proporciona la potencia para trasladar la máquina y accionar las diferentes partes móviles.

Las figuras 4.4 y 4.5 muestran las partes principales delanteras y traseras de la finisher.



Figura 4.4 Partes delanteras de una finisher modelo AP1055D de la marca Caterpillar.

Fuente: https://vehiculo.mercadolibre.com.mx/MLM-1417735766-finisher-pavimentadora-caterpillar-ap1055d-acepto-automovil-_JM#position=4&search_layout=grid&type=item&tracking_id=fc95a352-bb2b-4aa8-81c6-bf2005991f1e.

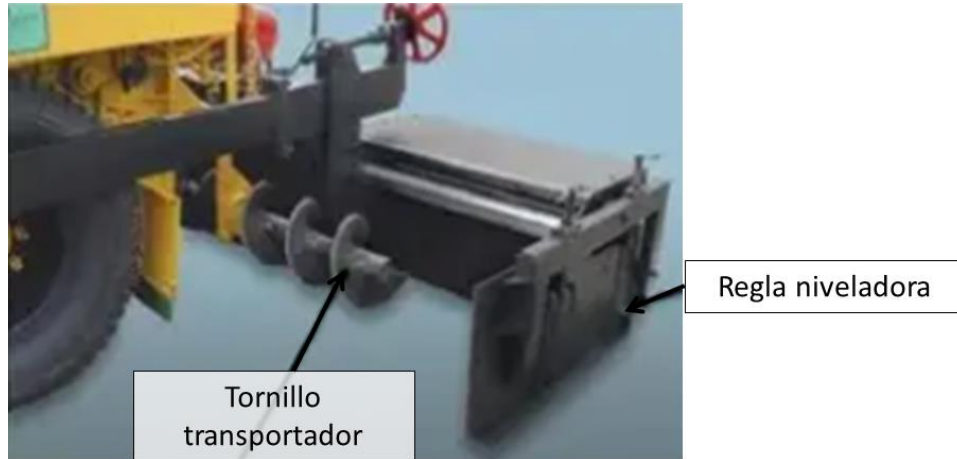


Figura 4.5 Partes traseras de una finisher.

Fuentes: <https://es.scribd.com/document/126315808/Finisher-OK>

Aplicaciones de las finishers

Se utiliza principalmente para aplicar mezclas asfálticas en la superficie de rodamiento de los pavimentos, aunque también puede manejar materiales granulares para la construcción de bases hidráulicas y asfálticas en pavimentos.



Figura 4.3. Pavimentadora finisher modelo PF3172 de la marca Blaw-Knox.

Fuente: https://vehiculo.mercadolibre.com.mx/MLM-795917242-pavimentadora-finisher-blaw-knox-pf3172-ano-2000-meqcer-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=467f5582-c71c-4456-94cb-1f36fdc69b03&gid=1&pid=1

Modelos de finisher

Se presentan a continuación algunos modelos y características de máquinas finisher en el mercado.



Figura 4.6 Finisher modelo AFT 300-2 de la marca Ammann.

Fuente: <https://www.ammann.com/la-es/compare-model?pid=582289>



Tabla 4.1 Características de los modelos finisher de la marca Ammann.

Modelo	AFT 300-2	AFW
Peso de funcionamiento	7000 kg	18000 kg
Longitud de la maquina	4760 mm	6380 mm
Altura de maquina	2020 mm	3900 mm
Ancho de maquina	1432 mm	2550 mm
Ancho de pavimentado	1.20 – 2.40 m	2.55 – 6.00 m
Rendimiento teórico	300 t/h	750 t/h
Velocidad de pavimentado	27 m/min	30 m/min

Fuente: <https://www.ammann.com/la-es/compare-model?pid=582289>



Figura 4.8 Finisher modelo súper 800 de la marca Vögele.

Fuente: <https://construmac.com/vogele/>.



*Figura 4.9 Finisher modelo Super 1600 classic line de la marca Vögele.
Fuente: <https://construmac.com/vogele/>*



*Figura 4.10 Finisher modelo F2500CS de la marca Dynapac.
Fuente: <https://dynapac.com/en/products/paving/dynapac-f2500cs1#image-tabs1>*



Figura 4.11 Finisher modelo SD2550CS de la marca Dynapac.
 Fuente: <https://dynapac.com/en/products/paving/dynapac-sd2550cs#image-tabs2>.

Tabla 4.2 Comparación de características entre los modelos de la marca Dynapac

Modelo	F2500CS	SD2550CS
Peso de funcionamiento	18 t	20 t
Longitud de la maquina	6630 mm	6380 mm
Altura de maquina	3900 mm	3900 mm
Ancho de maquina	3400 mm	3470 mm
Ancho de pavimentado	2.55 – 9.00 m	2.55 – 14.00 m
Rendimiento teórico	750 t/h	1100 t/h

Fuente: <https://dynapac.com/en/products/paving?tab=products>

Tabla 4.3 Características de pavimentadoras de cadenas de la marca Caterpillar.

Modelo	Potencia bruta (kW)	Gama de pavimentación estándar (m)	Peso en orden de trabajo (kg)
AP355F	55	1.75 a 3.42	8,730 con SE34 VT
AP655	151	2.55 A 8.0 con el modelo SE50 VT	19,530 con el modelo SE50 VT
AP 1055	186	3 A 10 con el modelo SE60 VT XW	17,015 (peso de embarque solo pavimentadora)
AP555F	106	2.55 a 5.0 SE50 V, SE50 VT	13,800 solo pavimentadora
AP655F	151	3.0 a 6.0 SE60 V, SE60 V XW, SE60 VT XW	15,584 solo pavimentadora
AP1055F	168	3.0 a 6.0	20,452 con SE60 V

Fuente: Elaboración propia con datos de la página https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/asphalt-pavers/track-asphalt-pavers.html

Tabla 4.4 Características de pavimentadoras de ruedas de la marca Caterpillar.

Modelo	Potencia bruta (kW)	Gama de pavimentación estándar (m)	Peso en orden de trabajo (kg)
AP300F	55	1.75 a 3.42	8,200 con SE 34 VT
AP600	151	2.55 a 8.0 con SE50 VT	17,794 con SE50 VT
AP500F	106	2.55 a 5.0 con SE50 V, SE50 VT	13,161 solo pavimentadora
AP600F	129	2.55 a 5.0 con SE50 V, SE50 VT	13,845 solo pavimentadora
AP1000F	168	3.0 a 6.0	19,044 con SE60 V

Fuente: Elaboración propia con datos de la página https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/asphalt-pavers/wheel-asphalt-pavers.html.

Tabla 4.5 Características de los reglones para concreto asfáltico marca Caterpillar.

Modelo	Peso estándar (kg)	Gama de pavimentación estándar (m)	Ancho máximo de pavimentación (m)
Reglón vibratorio SE50 V	3,284	2.55 a 5.0	6.5
Reglón de barra de pisón SE50 VT	3,295	2.55 a 5.0	8.0
Reglón de barra de pisón SE60 VT XW	4,490	3.0 a 6.0	10.0

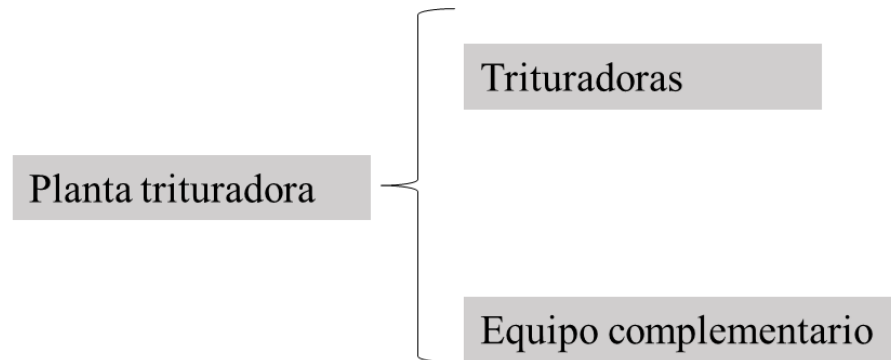
Fuente: Elaboración propia con datos de la página
https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/asphalt-pavers/screeds.html

Videos de finisher

1. Unimaq | Pavimentadora de Asfalto CAT
 Duración: 1:57 min.
https://www.youtube.com/watch?v=w3BC_QIJdtc&t=51s
2. Construcción de Pavimento Asfáltico 13 Finisher
 Duración: 0:56 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=ggka8qN-2tQ>
3. PROCESO CONSTRUCTIVO Y MAQUINARIA PARA APLICAR UNA CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE
 Duración: 7:51 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=IhNbCEBO8N8>
4. Operator Describes Benefits of Caterpillar AP655F Paver
 Duración: 2:09 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=ILv3PbzDfjo>.
5. Dynapac Paver model:SD2500CS Electric Screed V600TVE
 Duración: 2:21 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=Lhky2Mac2-s>.
6. Dynapac SD2500CS Asphalt Paver - Year: 2019 (Refnr. BM4283)
 Duración: 6:56 min.
https://www.youtube.com/watch?v=1Y5iXI_dgjQ.
7. TERMINADORA DE ASFALTO
 Duración: 12:40 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=UZHUm1hbtI0>.

5. Plantas para producción de agregados

La planta para producción de agregados o planta trituradora, consiste de una o varias trituradoras de diferentes tipos, más el equipo complementario para manejar el material: tolvas, alimentadores, cribas, bandas transportadoras, entre otros. Ver figura 5.1.



*Figura 5.1 Componentes de una planta trituradora.
Fuente: Elaboración propia.*

La figura 5.2, muestra una vista general de una planta trituradora.



*Figura 5.2 Vista aérea de una planta trituradora de gran capacidad (600 ton/h).
Fuente: https://www.mekaglobal.com/upload/files/27-05-2020_74255_03--soluciones-en-trituraci%C3%B3n-y-clasificaci%C3%B3n-sikistirildi.pdf*

Trituradoras primarias

La etapa primaria de trituración para reducir la roca que proviene del banco de material o de la pedrera a tamaños entre 12 y 4 pulgadas, se lleva a cabo mediante dos tipos de trituradoras: Las trituradoras de quijadas y las trituradoras giratorias, estas últimas mayormente utilizadas en la minería.

La trituradora de quijadas como la que se muestra en la figura 5.3, consta de una quijada fija y otra móvil accionada por un volante excéntrico que, al realizar un movimiento de aproximación y alejamiento con respecto a la quijada fija, aprisiona el material y, por la presión que ejerce, lo reduce gradualmente de tamaño.



Figura 5.3 Vista exterior de una trituradora de quijadas en la cual se aprecia el volante que acciona la quijada móvil.

Las quijadas de la trituradora, que son placas metálicas, están provistas de piezas de desgaste de aceros con aleaciones especiales resistentes a la abrasión. La placa móvil está dotada de un mecanismo de seguridad llamado “toggle” que es una placa estructuralmente débil que falla si algún elemento no triturable como pudiera ser el diente de acero de un cucharón entra al área de trituración. Es, por así decirlo, el fusible de la trituradora.

El material que entra a la trituradora primaria de quijadas proviene de un alimentador, generalmente vibratorio, que dosifica la cantidad de material para prevenir algún atasco en el equipo.

Vista desde arriba, ver figura 5.4, la trituradora de quijadas es un rectángulo formado por la quijada fija, la quijada móvil y las paredes del bastidor. Las medidas de este rectángulo, expresadas en pulgadas, dan origen a la denominación de la trituradora de quijadas. Se tienen así, entre otras medidas

comerciales, trituradoras 10" x 16", 10" x 21", 10" x 30", 12" x 36", 15" x 24", 20" x 36" (una de las más utilizadas en obras civiles), 25" x 40", 30" x 42", 36" x 46", 44" x 48", 50" x 60" y 66" x 84".

La figura 5.5, muestra un corte transversal esquemático de una trituradora de quijadas. Los videos que se sugieren al final de este tema dan una clara idea de su funcionamiento.

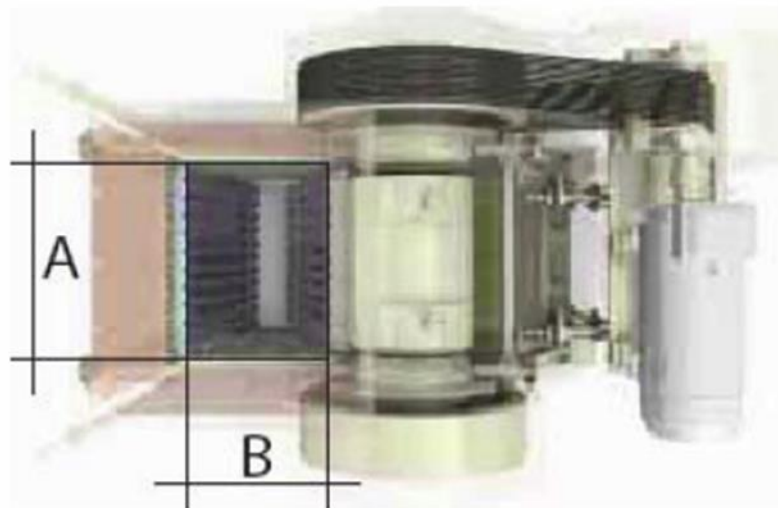


Figura 5.4 Trituradora de quijadas vista desde arriba. Su designación es mediante el ancho y largo de la boca de admisión expresada en pulgadas.

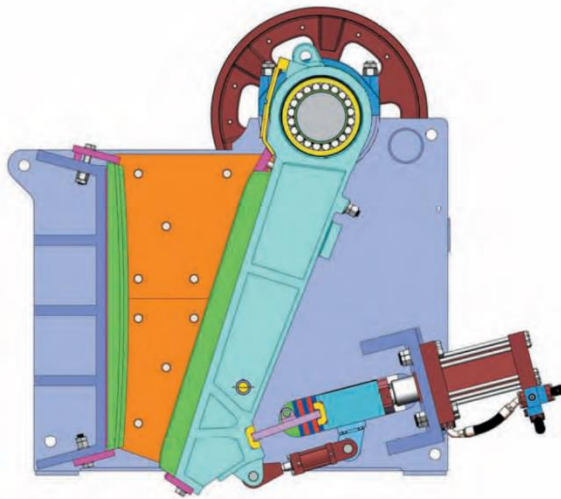


Figura 5.5 Corte transversal esquemático de una trituradora de quijadas.

Trituradoras secundarias

Mediante la trituración secundaria, se logra reducir los fragmentos pétreos de entre 4 y 12 pulgadas, a tamaños entre 3 y 1 pulgadas. Para esto, se utilizan trituradoras de conos y de impacto, que también pueden utilizarse en una etapa terciaria. En algún tiempo se utilizaron en esta etapa trituradoras de rodillos, pero cayeron en desuso por su ineficiencia.

La figura 5.6 muestra la vista exterior de una trituradora de conos.



Figura 5.6 Trituradora de conos.

La trituradora de conos consta de una flecha en la que se apoya un pilón o cabeza sostenido en la parte inferior por un mecanismo excéntrico que se acciona a través de una flecha horizontal que trae la energía del motor y, a base de un piñón y corona dentada produce un movimiento de campaneó para realizar los efectos de impacto y compresión.

Tanto el bastidor como el cono cabeza están contruidos de acero fundido, aunque últimamente hay diseños de placa soldada. El tazón, que es fijo y la nuez o cono móvil están recubiertas de acero al manganeso. El dispositivo de seguridad contra productos no triturables está constituido por una serie de resortes perimetrales o gatos hidráulicos.³

La figura 5.7 muestra la estructura interna de una trituradora de conos. La figura 5.8 el proceso de trituración.

³ Técnicas modernas en la producción de agregados pétreos. Ing. Pedro Luis Benítez Esparza. FUNDEC, A.C. Facultad de Ingeniería, UNAM.

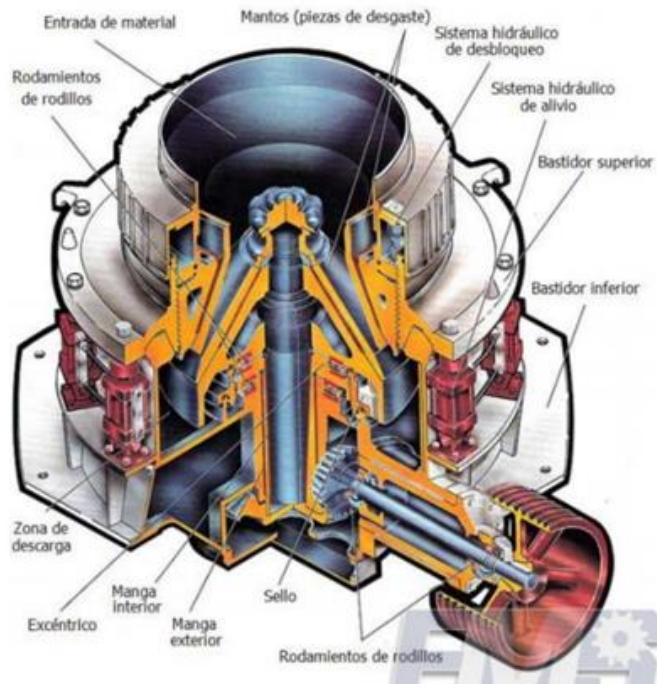


Figura 5.7 Estructura interna de una trituradora de conos.

Fuente: <https://trituradorasroca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-de-cono-Serie-HP.html>

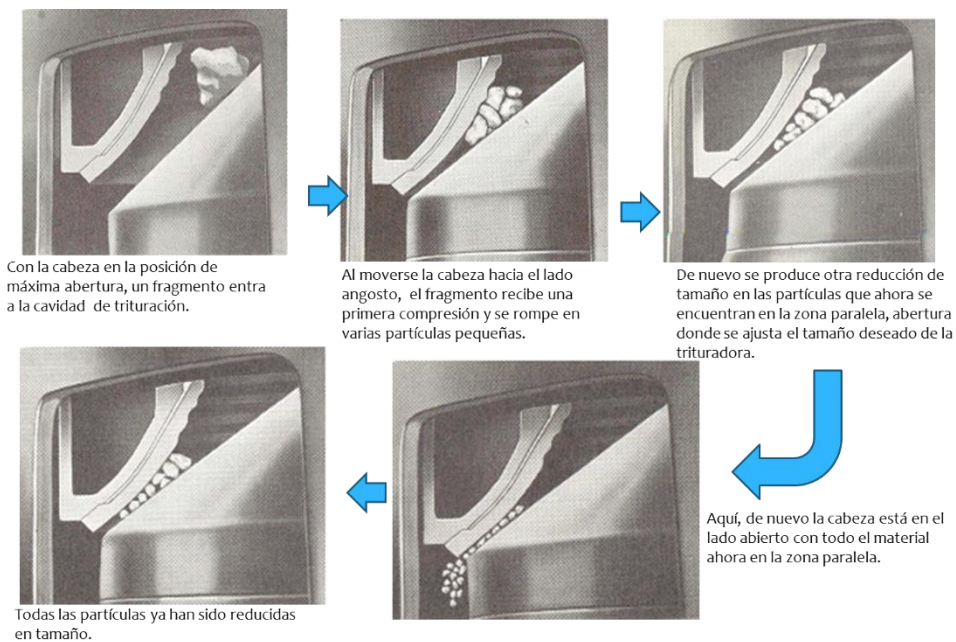


Figura 5.8 El proceso de trituración en una trituradora de conos.

Fuente: <https://trituradorasroca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-de-cono-Serie-HP.html>

La trituradora de impacto consiste en un rotor provisto de placas o barras que al girar a gran velocidad proyecta los fragmentos pétreos contra unas placas para lograr su reducción de tamaño. Este tipo de trituradora puede emplearse tanto para la etapa secundaria como para la terciaria. Son recomendables para trituración de materiales no abrasivos como yesos, calizas y dolomitas. La figura 5.9 muestra una trituradora de impacto. La figura 5.10 muestra una vista interior de dicha trituradora.



Figura 5.9 Trituradora de impacto.

Fuente: Imagen de www.solostocks.cl



Figura 5.10 Vista interior de una trituradora de impacto.

Fuente: <https://www.mekaglobal.com/es/productos/trituradores-y-cribas/trituradores/triturador-de-impacto-secundario>

Trituradoras terciarias

En la etapa terciaria, se reducen los fragmentos pétreos de tamaños entre 3" y 1" a tamaños en el rango de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{4}$ ". Esto puede lograrse con trituradoras de conos o con trituradoras de martillos las cuales, como ya se mencionó, pueden ser también utilizadas para la etapa secundaria.

Las trituradoras de conos terciarias en ocasiones designadas como VFC (very fine crushing) exteriormente son idénticas a las secundarias solo que la cámara de trituración es más estrecha para lograr fragmentos de menor tamaño.

La figura 5.11 muestra una trituradora de martillos.

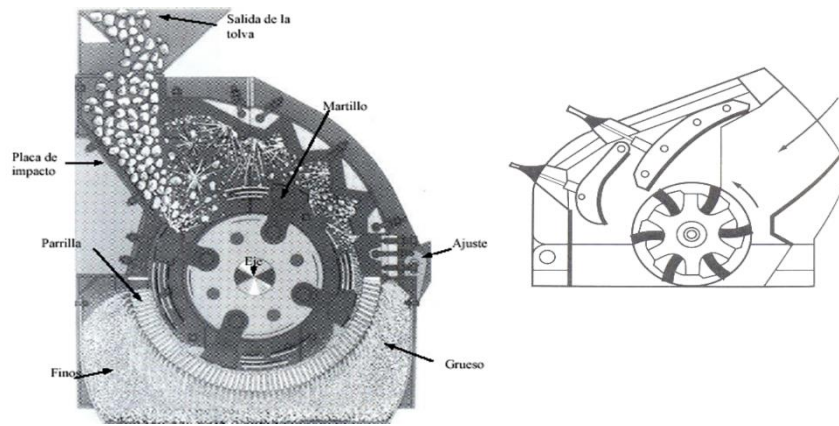


Figura 5.11 Trituradora de martillos

Cuando se requieren tamaños de agregados aún más pequeños, se puede recurrir a un proceso de molienda con molinos de barras o de bolas y lograr tamaños menores de $\frac{1}{4}$ ". El molino consiste en un tambor cilíndrico cargado con barras o bolas metálicas que, al girar, por el efecto de cascada, pulverizan el material.

Las figuras 5.12 y 5.13 ilustran un molino de barras y otro de bolas respectivamente.

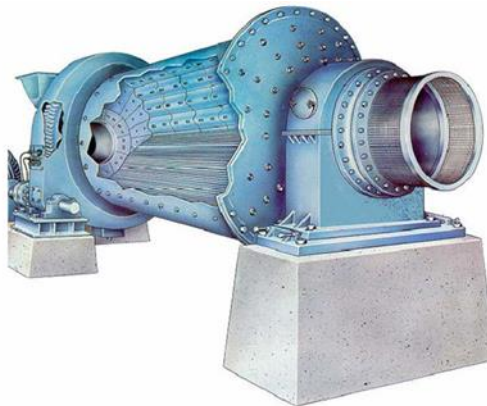


Figura 5.12 Molino de barras.

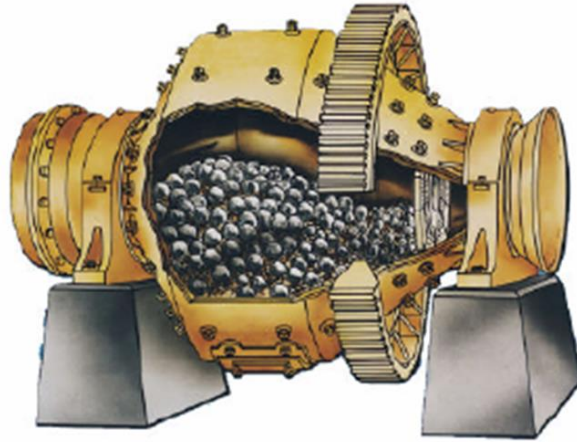


Figura 5.13 Molino de bolas.

Se recomienda ampliamente ver los videos sugeridos al final del capítulo para comprender el funcionamiento de las trituradoras.

Equipo complementario

Alimentadores

El alimentador es un elemento complementario en la planta de trituración cuya función es regular la entrada del material a la trituradora primaria. Hay de varios tipos: de mandil, reciprocante o de plato, de banda y, el más utilizado en obras civiles: el alimentador vibratorio tipo grizzly con o sin rejilla. Su accionamiento puede ser eléctrico o hidráulico. La figura 5.14 muestra un alimentador vibratorio tipo Grizzly.

Los alimentadores vibratorios están montados sobre resortes, utilizan el efecto de vibración para mover el material hacia la trituradora. El diseño de la plancha sólida y la rejilla, permiten la doble función de alimentar y pre cribar el material.



Figura 5.14 Alimentador vibratorio tipo Grizzly.

Fuente: <https://www.mogroup.com/es/portafolio/alimentadores-grizzly/>

La tabla 5.1 muestra las especificaciones de los alimentadores marca Metso VF Series TM.

Tabla 5.1 Especificaciones técnicas de los alimentadores Grizzly Metso VF Series™

Modelo	Ancho (m)	Longitud (m)	Potencia (Kw)	Tamaño máximo de alimentación (mm)
VFS44-2VTM	1.3	4.9	15	700
VF561-2V	1.3	6.1	30	900
VF661-2V	1.6	6.1	30	1,200
VF866-2V	2.0	6.6	55	1,500

Fuente: Elaboración propia con datos de la página: <https://www.mogroup.com/es/portafolio/alimentadores-grizzly/>

Cribas

Las cribas son mallas de alambre entretejido de diferente calibre y con diferentes aberturas que sirven para clasificar los agregados durante el proceso de reducción de tamaño y para la separación final del producto. Para cribar, también se pueden utilizar placas metálicas perforadas.

Las cribas pueden ser de uno, dos y tres pisos según los requerimientos del proceso de trituración. Para seleccionar una criba, es necesario determinar el área de cribado necesaria.

La figura 5.15 muestra los modelos de cribas vibratorias inclinadas para trabajos pesados de la marca DEISTER.

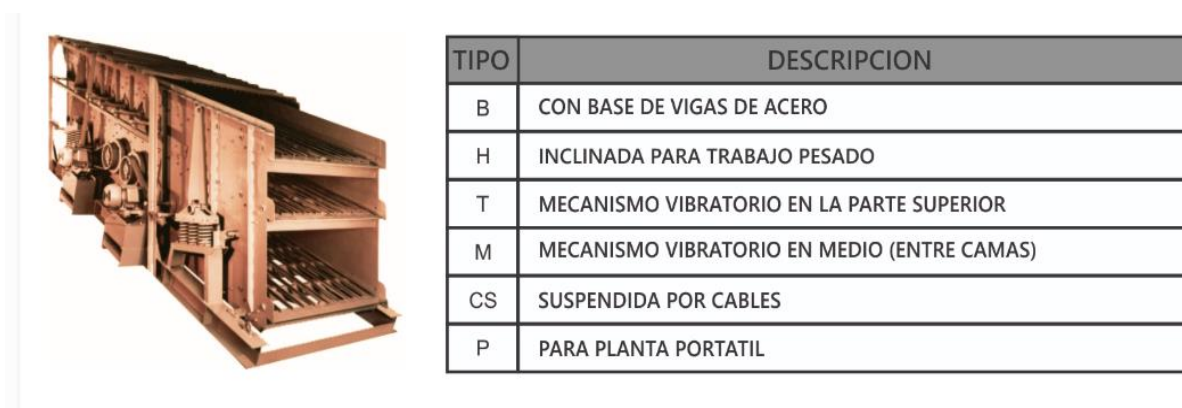
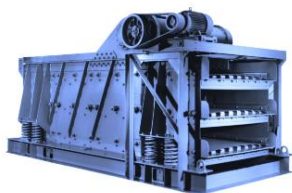


Figura 5.15 Cribas vibratorias inclinadas para trabajo pesado.

Fuente: https://www.cribas.mx/equipo_vibratorio.php

La figura 5.16 muestra los modelos de cribas vibratorias horizontales para espacios reducidos, de la marca DEISTER.



TIPO	DESCRIPCION
B	CON BASE DE VIGAS DE ACERO
T	SISTEMA DE SOPORTE A BASE DE RESORTES TIPO TRUNNION
F	HORIZONTAL PARA TRABAJO PESADO
O	MECANISMO VIBRATORIO EN LA PARTE SUPERIOR
M	MECANISMO VIBRATORIO EN MEDIO (ENTRE CAMAS)
U	MECANISMO VIBRATORIO EN LA PARTE INFERIOR
3	TRIPLE FLECHA
P	PARA PLANTA PORTATIL

Figura 5.16 Cribas vibratorias horizontales para espacios reducidos..

Fuente: https://www.cribas.mx/equipo_vibratorio.php

Bandas transportadoras

Para mover los agregados pétreos dentro de la planta de trituración, se utilizan las bandas transportadoras o transportadores de banda.

Las bandas transportadoras constan de una cinta o banda de hule reforzada con capas de lona o de nylon en diferentes anchos, montados en trenes con un número de rodillos variable, generalmente tres con diversas inclinaciones uniformemente espaciadas y accionadas por una polea de cabeza motriz que a su vez es accionada por un moto-reductor eléctrico que le imprime a la banda una velocidad lineal que va de 30 a 180 metros por minuto. La estructura de soporte es de tipo celosía para transportadores grandes y tipo viguetas de canal para los transportadores medianos y pequeños.⁴

La figura 5.17 muestra el esquema de instalación de una banda transportadora.

La figura 5.18 muestra un conjunto de bandas para una planta de producción de agregados pétreos.

⁴ Técnicas modernas en la producción de agregados pétreos. Ing. Pedro Luis Benítez Esparza, FUNDEC, A.C. FI, UNAM.

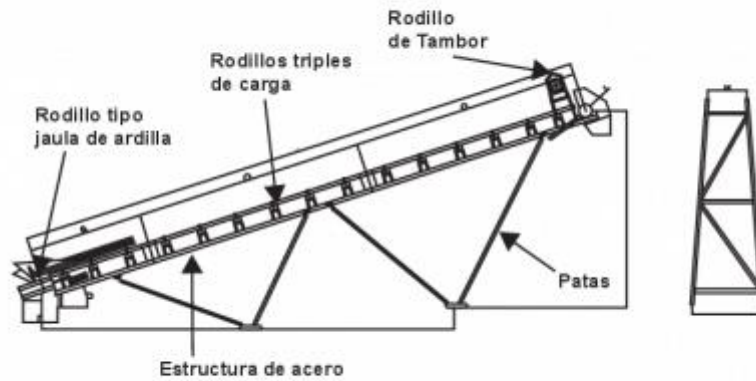


Figura 5.17 Esquema del montaje de una banda transportadoras.
 Fuente: <https://www.trituracionymolienda.com.mx/bandas/>.



Figura 5.18 Bandas transportadoras para una planta de producción de agregados pétreos.
 Fuente: <https://www.trituracionymolienda.com.mx/bandas/>

Videos de trituradoras

1. ¿Cómo Funciona Una Trituradora De Mandíbula?
Duración: 2:12 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=Oo7XaoGES7U>
2. Trituradora de Mandíbulas (FUNCIONAMIENTO)
Duración: 4:35 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=39cIdQ-VOf0>
3. Planta Trituradora de Agregados
Duración: 5:10 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=nFRAS2-xCGc>
4. ¿Cómo trabaja la trituradora de cono CS.flv
Duración: 3:06 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=GW6K-LTK19U>
5. Trituradora De Cono Symons
6. Duración: 3:06 min.
7. <https://www.youtube.com/watch?v=cQFeG7c9iMA>
8. Sandvik Cono Chancador en acción!
Duración: 1:07 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=ARenzvrVeRE>
9. animación de martillo triturador, principio de funcionamiento, Cómo funciona el molino de martillos
Duración: 1:11 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=0T9M12fEtdE>
10. criba vibrante o vibratoria.
Duración: 3:19 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=g2Lyg3iVH8o>
11. PROCESO DE TRITURADO DE PIEDRA
Duración: 4:10 min.
https://www.youtube.com/watch?v=8PDD7NwXp_s

6. Plantas de asfalto⁵

Información general

El concreto asfáltico en caliente se produce generalmente en una planta central y se transporta al lugar de pavimentación en camiones. Una planta de asfalto es un grupo de máquinas de alta tecnología capaz de mezclar, calentar y homogeneizar los agregados pétreos y el cemento asfáltico que conforman el concreto asfáltico, cumpliendo al mismo tiempo con la normativa medioambiental vigente, especialmente en materia de emisiones a la atmósfera.

Los dos tipos de plantas más comunes son las *plantas de tambor* o *plantas continuas* y las *plantas discontinuas* o *por bachas*. Las plantas de mezcla de tambor son una tecnología más reciente que las plantas por bachas y, por lo general, su funcionamiento es más económico. Las plantas de tambor se introdujeron en la década de 1970 y dominaron el mercado de las plantas nuevas. Aproximadamente el 95% de las plantas nuevas son del tipo de tambor. Sin embargo, alrededor del 75% de las plantas en operación son de tipo discontinuo. En el año 2000 se informó que entre 5,000 y 6,000 plantas discontinuas seguían en funcionamiento, pero las ventas de nuevas plantas discontinuas estaban casi paralizadas.

Aunque el proceso de mezclado de las plantas de bachas y de tambor es claramente diferente, hay muchos elementos similares que sólo varían en detalle entre los dos tipos de plantas. Los elementos similares son los recolectores de polvo, el almacenamiento del asfalto, las básculas para camiones y los silos de almacenamiento. Las básculas para camiones se encuentran en el lugar de carga del producto de la planta. Se mide el peso de los camiones en vacío y con carga para determinar el peso de la carga. Las básculas de camiones deben estar calibradas y certificadas.

Plantas de bachas o lotes

Las plantas de lotes, que datan de los inicios de la industria del asfalto, dosifican y mezclan el asfalto líquido y los agregados pétreos en lotes individuales. Sus componentes principales en el orden del flujo de los materiales son (Ver figuras 6.1 y 6.2)

- Secador de tambor
- Elevador en caliente
- Criba de agregados calientes
- Tolvas de agregados calientes
- Sistema de manipulación de asfalto
- Mezclador de asfalto
- Colectores de polvo
- Silos de almacenamiento

Se describen a continuación cada uno de los componentes.

⁵ Parte de este capítulo es una traducción del libro *Construction Planning, Equipment, and Methods* de Robert L. Peurifoy. Seventh Edition. Asimismo, las figuras en blanco y negro provienen de la misma fuente.

Sistema de alimentación en frío

Las tolvas de alimentación en frío proporcionan un almacenamiento de agregados y un flujo uniforme de material de tamaño adecuado para la mezcla. El sistema de alimentación en frío suele constar de tres a seis depósitos abiertos montados juntos como una sola unidad. El tamaño de las tolvas debe estar equilibrado con la capacidad operativa de la planta. Los contenedores individuales tienen paredes laterales inclinadas para favorecer el flujo de material. En el caso de agregados pegajosos, puede ser necesario disponer de vibradores de pared. Las tolvas individuales pueden ser alimentadas desde pilas de agregados clasificadas por medio de un cargador frontal o de una banda transportadora. En la parte inferior de cada depósito hay una compuerta para controlar el flujo de material (Ver figura 6.3) y una unidad de alimentación para medir el flujo. El operador de la planta ajusta el flujo de agregados de cada tolva para garantizar un flujo de material suficiente para mantener una carga adecuada de agregados en las tolvas calientes. Los transportadores de banda son el equipo más común para transportar los agregados desde los silos fríos hasta el tambor del secador, aunque también se pueden encontrar alimentadores vibratorios y de delantal.

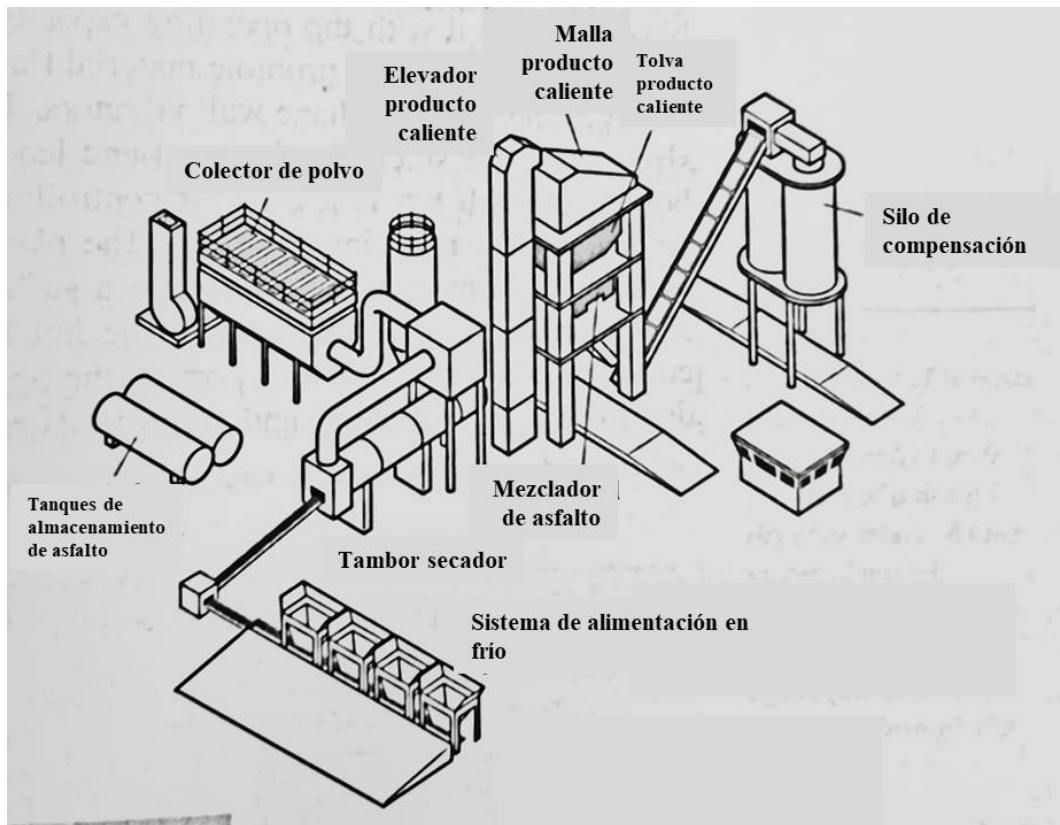


Figura 6.1 planta típica de mezcla en caliente.

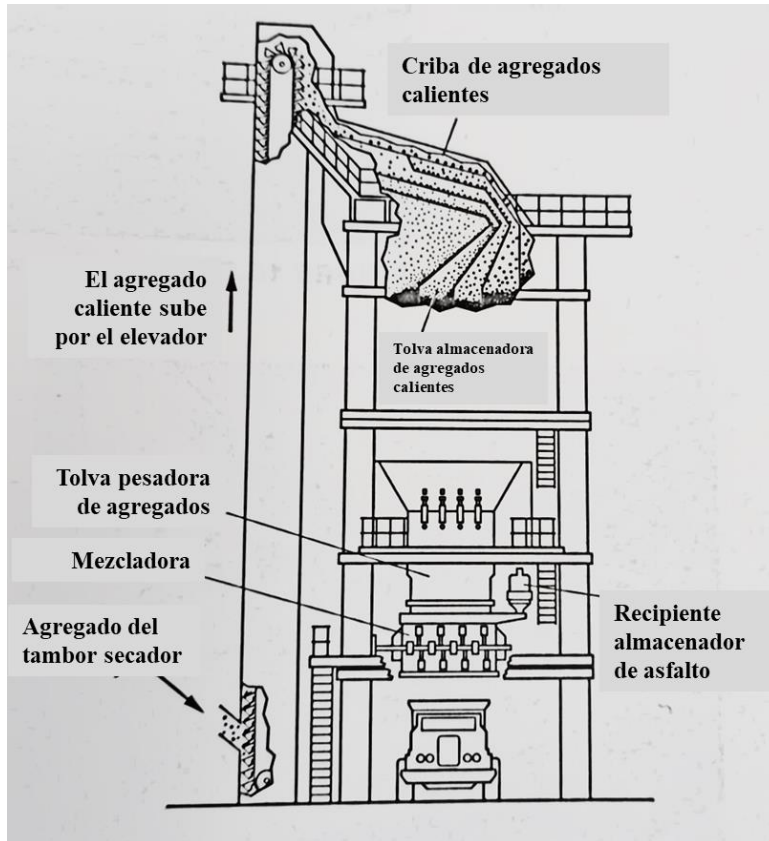


Figura 6.2 Proceso final de la producción de mezcla asfáltica.

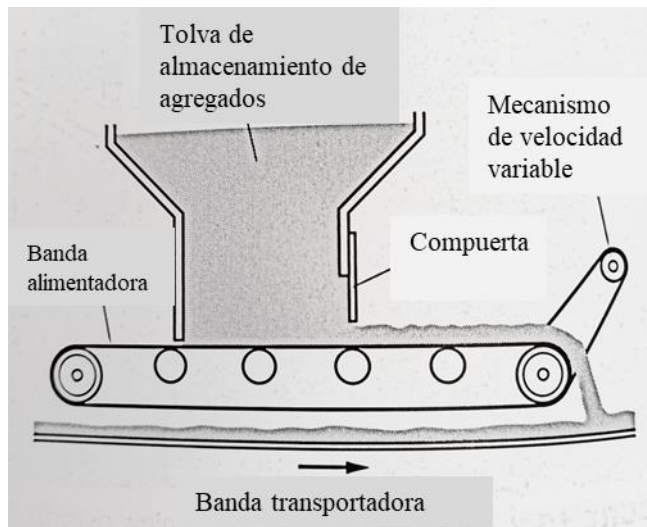


Figura 6.3 Compuerta de la tolva fría para controlar el flujo de material.

Secador de tambor

La finalidad del secador de tambor es calentar y secar los agregados de la mezcla. La temperatura de estos controla la temperatura resultante de la mezcla. Si los agregados se calientan en exceso, el asfalto se endurecerá durante la mezcla. Si los agregados no se calientan adecuadamente, es difícil recubrirlos completamente con asfalto. Por lo tanto, los agregados deben calentarse lo suficiente en este paso del proceso para producir una mezcla final a la temperatura deseada.

Los agregados se introducen en el extremo del tambor secador opuesto al quemador y se desplazan por el tambor en sentido contrario al flujo de gas (Ver figura X.4). El tambor está inclinado hacia abajo desde el extremo de alimentación de los agregados hasta el extremo del quemador. Esta inclinación hace que los agregados se desplacen por el tambor por gravedad. Al girar el tambor, los ángulos de acero montados en el interior levantan el agregado y lo vierten a través del gas caliente y la llama del quemador. Finalmente, los agregados calientes se descargan en un elevador de cangilones que los lleva a las cribas calientes en la parte superior de la torre de la planta de bachas.

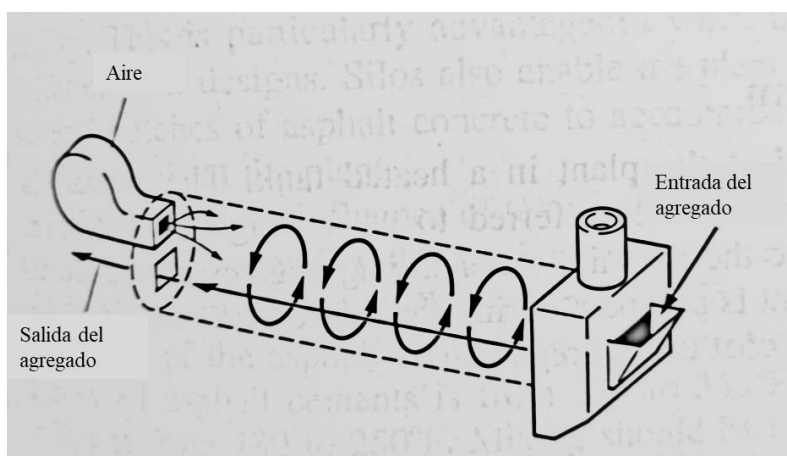


Figura X.4 Secador típico de contracorriente.

Malla de agregados calientes

La unidad de cribado vibratorio de la planta de lotes suele tener una disposición de 3 pisos y medio. Esto permite el control de la granulometría de cuatro tamaños de áridos en cuatro depósitos calientes diferentes. Las unidades de cribado expulsan el material de gran tamaño fuera del ciclo de producción. Aunque las cribas proporcionan un control de la granulometría, no funcionarán adecuadamente a menos que la proporción y el flujo de la alimentación en frío sean correctos. Si las cribas están sobrecargadas, el material que debería pasar a través de una criba y entrar en una tolva caliente, es llevado en su lugar a la tolva del siguiente tamaño de agregado más grande. Esta situación destruye la formulación de la mezcla y debe evitarse.

Tolvas calientes

Los agregados procedentes de las cribas calientes se almacenan en las tolvas calientes hasta que se produce el lote de concreto asfáltico. Uno de los elementos clave en el funcionamiento de una planta de procesamiento por lotes o bachas es garantizar que los silos calientes tengan suficiente material para alimentar la mezcladora para la producción de un lote de concreto asfáltico. Una de las ventajas potenciales de una planta de lotes en comparación con una planta de tambor es que los lotes se mezclan individualmente desde los contenedores calientes. Esto permite que la mezcla de agregados

de un lote sea diferente a la del siguiente. Sin embargo, esto depende de que se disponga de agregados del tamaño adecuado en las tolvas calientes. Frecuentemente, en condiciones de alta producción, el agregado en los silos calientes no será dimensionado adecuadamente para los cambios bruscos en la granulometría de la mezcla. Por lo tanto, la flexibilidad de la mezcla por lotes se ve comprometida. Los grandes cambios en la granulometría de los agregados deben realizarse generalmente alterando el flujo de agregados desde los silos fríos para que la cantidad adecuada de material se almacene en los silos calientes.

Tolva de pesaje

El agregado de las tolvas calientes se deja caer en una tolva de pesaje situada debajo de las tolvas y encima del molino. Para controlar el pesaje del agregado mezclado, la tolva de pesaje se carga un recipiente caliente a la vez. El peso del agregado en la tolva es acumulativo, y el relleno mineral se agrega en último lugar. Después de la carga, las compuertas de la tolva de pesaje se abren para descargar el agregado en el molino.

Manejo del asfalto

El cemento asfáltico se almacena en la planta en un tanque calentado. El asfalto se bombea al tanque de pesaje, a veces denominado cubo de pesaje, listo para ser descargado en el molino. Después de añadir los agregados a la mezcladora, el cemento asfáltico se bombea durante el proceso de mezclado a la mezcladora a través de las barras de pulverización para recubrir los agregados.

Mezclador

La mayoría de las plantas de procesamiento por lotes utilizan una mezcladora de doble eje para mezclar el lote. (Ver figura 6.5). Para conseguir un mezclado uniforme, la zona viva del molino debe estar completamente llena de mezcla. La zona viva va desde el fondo de la caja hasta la parte superior del arco de paletas.

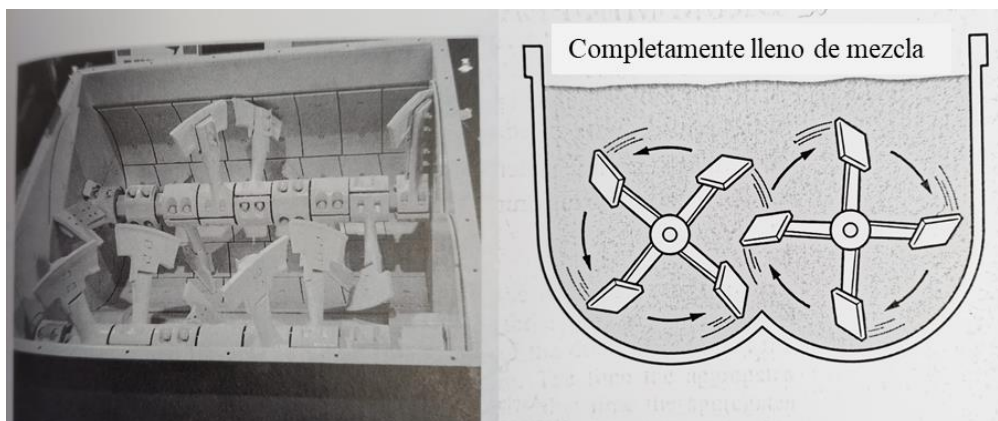


Figura 6.5 Caja de doble eje para mezclar el concreto asfáltico.

El proceso de mezclado suele durar aproximadamente 1 minuto, 15 segundos para la carga con los materiales secos y 45 segundos de tiempo de mezclado con el cemento asfáltico. El tiempo real de mezcla requerido se evalúa con base en la inspección del recubrimiento de agregados gruesos resultante. Las especificaciones de funcionamiento de la planta requieren un tiempo de mezclado suficiente para recubrir completamente el 90 o el 95% del agregado, dependiendo del tamaño del mismo.

La capacidad de la planta es una función del tamaño de la mezcladora y del tiempo de mezclado. Las cantidades típicas de los lotes oscilan entre 1.5 y 5 toneladas. Una planta de lotes con una mezcladora de 5 toneladas puede producir 300 toneladas de mezcla por hora si se puede mantener un funcionamiento continuo.

La planta está estructurada de forma que la compuerta de descarga de la mezcladora sea lo suficientemente alta como para permitir el paso de camiones directamente por debajo para ser cargados.

Como alternativa, se puede utilizar un elevador en caliente para transportar la mezcla a los silos de almacenamiento. Estos silos permiten que la planta funcione independientemente de la disponibilidad inmediata de los camiones. Esto es especialmente ventajoso cuando la planta sirve a trabajos con diferentes diseños de mezcla. Los silos también permiten al operador de la planta premezclar y almacenar varios lotes de concreto asfáltico para adaptarse a una distribución desigual de llegadas de los camiones en la planta.

Debido a la influencia de la temperatura en la calidad de la mezcla, el comprador suele especificar la temperatura de la mezcla, medida inmediatamente después de la descarga de la mezcladora. El rango de especificación variará según el tipo y el grado del cemento asfáltico. En el caso de las mezclas de grado denso, el rango para todos los cementos asfálticos es de 107 a 177 grados centígrados. El rango para las mezclas de grado abierto es de 82 a 121 grados centígrados. La mezcla debe realizarse a la temperatura más baja que permita lograr un recubrimiento completo del asfalto en el agregado y que permita una trabajabilidad satisfactoria. En algunos casos, durante tiempo de frío o en el caso de largas distancias de acarreo, el concreto asfáltico se calienta 5 grados centígrados adicionales para permitir la pérdida de temperatura durante el transporte.

Plantas de tambor

Los principales componentes de una planta de mezcla en tambor (mezcla continua) son (Ver figura 6.6):

- Sistema de alimentación en frío.
- Sistema de manipulación del asfalto.
- Tambor de secado y mezcla.
- Elevador.
- Colector de polvo.
- Silo de almacenamiento.

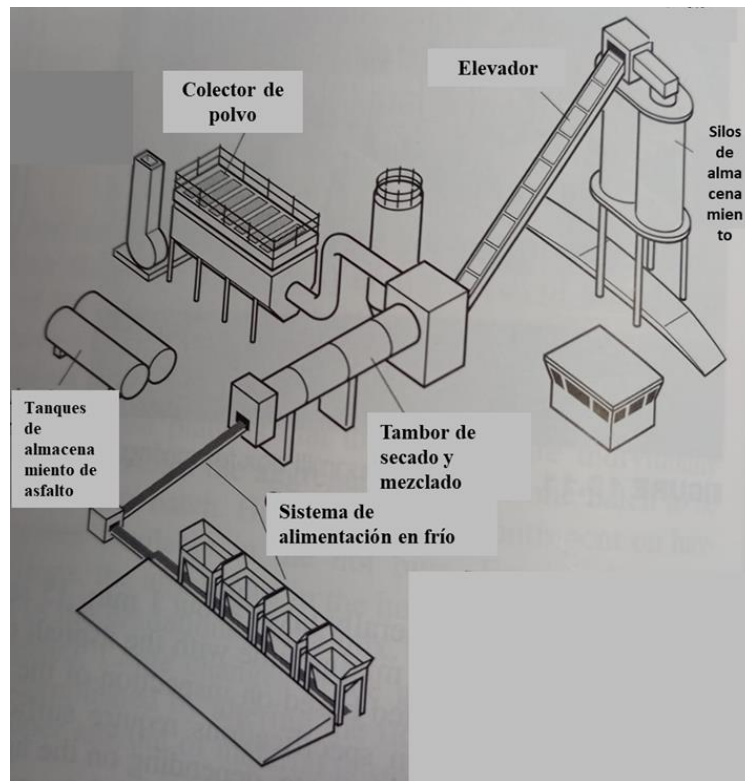


Figura 6.6 Arreglo típico de planta de asfalto de mezcla continua.

Sistema de alimentación en frío

En una planta de tambor, todo el secado y la mezcla se realizan dentro del tambor, y la mezcla de concreto asfáltico se descarga directamente del tambor en silos de almacenamiento de manera continua. No hay posibilidad de ajustar la mezcla de agregados durante el pesaje en una tolva, como puede hacerse con una planta de lotes.

Por lo tanto, el agregado de cada una de las tolvas de alimentación en frío debe pesarse antes de introducir el material en el tambor. Dado que los agregados se pesan antes del secado, el contenido de humedad de estos en las tolvas frías debe controlarse y los pesos deben ajustarse para garantizar que la masa seca de los agregados sea correcta. Las básculas montadas en las cintas transportadoras miden el peso de los agregados.

Tambor mezclador

El tambor de mezcla (véase la figura 6.7) consta de un tubo largo con aletas para hacer girar los agregados y la mezcla, un quemador para calentar los agregados y una barra de pulverización para aplicar el asfalto. El funcionamiento básico de la planta de tambor es que los agregados se dosifican

en un extremo del tambor. El tiempo que pasan en el tambor oscila entre 3 y 4 minutos. Durante ese tiempo, los agregados deben secarse completamente y calentarse hasta alcanzar la temperatura de mezclado. Cerca del extremo de descarga del tambor, el cemento asfáltico se rocía sobre los agregados.



Figura 6.7 Tambor secador mezclador.

La cantidad de agregados y la dosificación adecuada de cemento asfáltico se supervisa mediante controles automáticos. Durante la rotación del tambor, las aletas en su interior producen una acción de mezcla entre el agregado, (o material reciclado si se usa), y el cemento asfáltico.

El tambor de estas plantas suele tener una pendiente del orden del 4%. Las velocidades de rotación son normalmente de 5 a 10 rpm y los diámetros comunes son de 1 a 3.65 metros, con longitudes entre 4.60 y 18 metros. La relación entre longitud y diámetro es de 4 a 6. Los tambores más largos se encuentran en aplicaciones de reciclaje. La pendiente del tambor, la longitud, la velocidad de rotación y las aletas, así como la naturaleza de los agregados, controlan el tiempo requerido por el material para pasar a través del tambor secador mezclador.

La tasa de producción de la planta es inversamente proporcional al contenido de humedad de los agregados. Por ejemplo, un aumento del contenido de humedad del 3 al 6% en una planta de lotes con un tambor de 2.44m de diámetro reduce la tasa de producción de 500 a 300 toneladas/hora.

Originalmente, las plantas de tambor se diseñaban como operaciones de flujo paralelo, en las que los agregados y el aire calentado se desplazaban en la misma dirección hacia abajo del tambor. Los diseños posteriores han aumentado la tasa de producción de las plantas de tambor utilizando disposiciones de contraflujo de aire en las que el aire calentado escapa por la parte superior del tambor donde se introducen los agregados. Las plantas a contracorriente pueden funcionar con un 12% más de producción.

Silos de almacenamiento

Dado que las plantas de tambor producen un flujo continuo de concreto asfáltico, la producción debe almacenarse en silos para su envío subsiguiente a los camiones. Estos silos tienen una compuerta inferior para descargar directamente el concreto asfáltico en los camiones.

Los silos suelen estar aislados para conservar el calor. Los silos más sofisticados pueden estar completamente sellados, e incluso llenarse con un gas inerte para reducir la oxidación del cemento asfáltico mientras se almacena el concreto asfáltico. Uno de los problemas de los silos de almacenamiento es la posibilidad de que el cemento asfáltico fluya desde el material de la parte superior del silo hacia el fondo. Esto da lugar a una mezcla para pavimentación de baja calidad.

Colectores de polvo

Para evitar contribuir a la contaminación del aire, las plantas de asfalto están equipadas con sistemas de control de polvo. Los dos sistemas comunes son el método de venturi de agua y la filtración denominada "casa o caja de bolsas" de tela.

El enfoque húmedo requiere la disponibilidad de suministro de agua adecuado. Este enfoque introduce agua en el punto donde el gas cargado de polvo se mueve a través de la garganta estrecha de una cámara con forma de venturi. El polvo queda atrapado en el agua y, por lo tanto, se separa del gas de escape. Una desventaja del enfoque húmedo es que el material recolectado no se puede recuperar para usar en la mezcla.

La filtración en seco mediante filtros de mangas recoge mecánicamente los finos de los áridos y puede redirigirlos de nuevo a la mezcla. El sistema funciona forzando el gas cargado de polvo a través de bolsas filtrantes de tela que cuelgan en una cámara de filtros (ver figura 6.8). Mediante un impulso inverso de aire o agitando mecánicamente las bolsas, el polvo recogido se retira del filtro. El polvo cae en unas tolvas situadas en la parte inferior de la cámara de filtros y es trasladado por unos sinfines a un alimentador de paletas de descarga. El alimentador de paletas es necesario para mantener la estanqueidad del filtro de mangas.

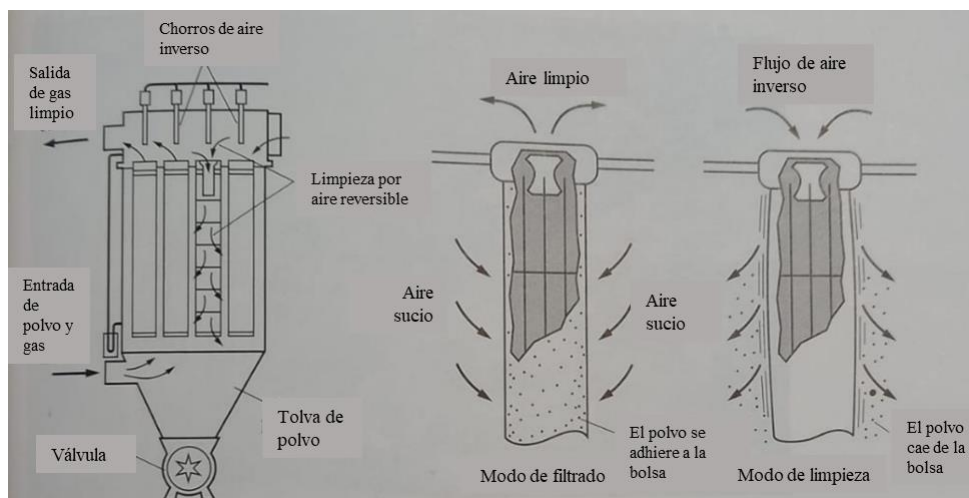


Figura 6.8 Esquema de un sistema colector de polvo con caja de bolsas.

Las bolsas de filtro están fabricadas con tejidos que pueden soportar temperaturas de hasta 204 grados centígrados, pero hay que tener cuidado con el sistema de filtros de mangas, ya que las temperaturas excesivas pueden fundir las mangas y/o provocar un incendio.

Almacenaje y calentamiento del asfalto

Cuando el asfalto líquido se combina con los agregados pétreos para formar la mezcla, la temperatura del asfalto debe estar en el rango de 150 grados centígrados. Por lo tanto, tanto el tambor mezclador como la planta por bachas tienen sistemas para mantener el asfalto líquido a la temperatura requerida. Si el asfalto es despachado a una temperatura más fría, el sistema debe ser capaz de incrementar la temperatura del asfalto enviado. Los dos métodos comúnmente utilizados para calentar el asfalto líquido son el fuego directo y el calentamiento con aceite caliente.

El calentamiento a fuego directo consiste en un quemador que arde dentro de un tubo en el tanque de almacenamiento del asfalto. Con este sistema se debe mantener suficiente asfalto en el tanque para que el tubo del quemador esté siempre sumergido. Este sistema tiene una mayor eficiencia térmica que el proceso con aceite caliente el cual consiste en un sistema de calefacción en dos etapas: En la primera el aceite por transferir se calienta y, ya caliente, se hace circular a través de tubos dentro del tanque de asfalto.

La viscosidad del cemento asfáltico debe ser lo suficientemente baja como para permitir el bombeo; dado que los diferentes asfaltos tienen diferentes relaciones de temperatura-viscosidad, la temperatura de almacenamiento está en el rango de 160 °C para asfaltos blandos a 177°C para asfaltos duros. En el caso de los asfaltos de alto rendimiento, el productor o el proveedor deben proporcionar la temperatura de almacenamiento que haga que el cemento asfáltico tenga la viscosidad adecuada para el bombeo.

Termina aquí la traducción indicada en la referencia.

Plantas de asfalto comerciales

La marca TRIASO, ofrece plantas de asfalto básicas, plus y de contraflujo con capacidades de 80, 140 y 200 toneladas métricas por hora.

A continuación, se muestran varias figuras de sus componentes.

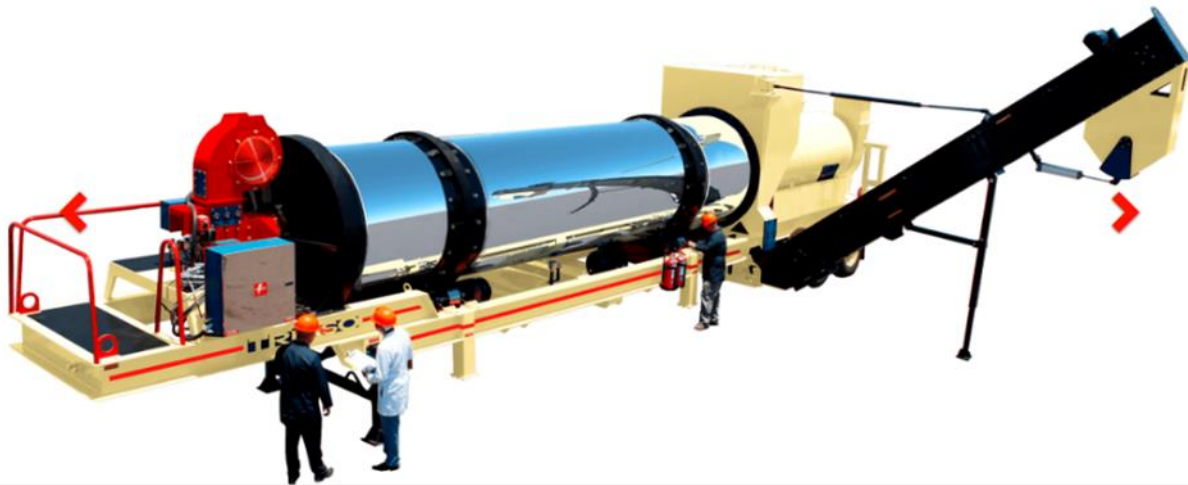


Figura 6.9 Tambor mezclador de 140 t/h con su elevador desplegado.

Fuente: <https://www.triaso.com.mx/planta-basica.html>



Figura 6.10 Unidad de tolvas triple con su banda recolectora desplegada.

Fuente: <https://www.triaso.com.mx/planta-basica.html#eight>



Figura 6.11 Tanque de asfalto de 60,000 litros básico.
Fuente: <https://www.triaso.com.mx/planta-basica.html#sixteen>



Figura 6.12 Caseta de control remolcable.
Fuente: <https://www.triaso.com.mx/caseta-control-pc.html>



Figura 6.13 Alimentador de aditivos en polvo, con tolva.
Fuente: <https://www.triaso.com.mx/aditivos-polvo-pc.html#>



Figura 6.14 Casa de bolsas acoplable de 24,000 Acfm.

Fuente: <https://www.triaso.com.mx/casas-bolsas.html>

NOTA: TRIASO ofrece varios tipos y materiales para las casas de bolsas como se muestra a continuación:⁶

Por capacidad:

- Tamaños estándar desde 12,000 hasta 30,000 Acfm.
- Tamaños especiales de cualquier capacidad mayor a 30,000 Acfm.

Por tipo de limpieza:

- Tipo de 'Aire inverso'
- Tipo de 'Pulse Jet'

Por tipo de bolsa:

- De poliéster
- De Nomex
- De Poliamida (P84)

Por forma de transporte:

- Sobre plataforma
- Remolcable

⁶ Fuente: <https://www.triaso.com.mx/casas-bolsas.html>

Plantas de asfalto ASTEC



Figura 6.15 Planta de asfalto portátil Mod. "NOMAD".

Se aprecian las tolvas de frío, el tambor mezclador calentador, el tanque de asfalto, la caja de extracción, el transportador, la tolva de descarga y la caseta de operación.

Fuente: file:///C:/Users/Arturo%20Olvera/Downloads/Astec-Nomad-EN.pdf



Figura 6.16 Planta de asfalto Astec SIX PACK, portátil.

Con capacidades de producción de 180, 270 y 362 toneladas métricas por hora.

Fuente: file:///C:/Users/Arturo%20Olvera/Downloads/Astec-Six-Pack-SP.pdf

Tabla 6.1 Plantas de asfalto móviles marca CIBER; capacidad de producción.

Modelo	Capacidad de producción (ton/h)
iNOVA 1000	50 a 100
iNOVA 1200	80 a 120
iNOVA 1500	75 a 150
iNOVA 1502	75 a 150
iNOVA 2000	100 a 200
iNOVA 1500 C	75 a 150
iNOVA 1000 C	50 a 100
iNOVA 1502 C	75 a 150
iNOVA 2000 C	100 a 200

Fuente: Propia con información de la página <https://www.wirtgen-group.com/ocs/es-mx/ciber/plantas-de-asfalto-continuas-moviles-107-c/>.



**ABP 240-320 UNIVERSAL
PREMIUM**



**ABP 240-400 HRT
PREMIUM**



**ABT 140-180 QUICKBATCH
TRANSPORTE OPTIMIZADO**



**ABT 240-300 SPEEDYBATCH
TRANSPORTE OPTIMIZADO**

Figura 6.17 Plantas de asfalto marca AMMAN, discontinuas.

Fuente: https://www.ammann.com/wp-content/uploads/batch_asphalt_mixing_plants_brochure_ppb-1591-03-s1_201103.pdf



Figura 6.18 Plantas de asfalto marca AMMAN, discontinuas.
 Fuente: https://www.ammann.com/wp-content/uploads/batch_asphalt_mixing_plants_brochure_ppb-1591-03-s1_201103.pdf

Videos sobre plantas de asfalto

1. ¿Qué Son Los Componentes De Una Planta De Asfalto Y Cómo Funciona?
Duración: 6:03 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=A1Q2lnQaOOM>
2. ¿Como funciona una planta de asfalto Ammann?
Duración: 4:20 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=zmrhkyOrsEo>
3. Prime 140 (es) - Planta de asfalto continua ultra móvil - Ammann Group
Duración: 2:39 min
https://www.youtube.com/watch?v=t3A4_cfbZAA
4. Yo soy la Prime 140 de Ammann (es) - Planta de asfalto continua ultra móvil
Duración: 3:38 min.
https://www.youtube.com/watch?v=p0_eA9PkdMk
5. Planta de Asfalto marca SIMMEX versión SIMPLEX
Duración: 3:47 min.
<https://www.youtube.com/watch?v=byE77SpTIKQ>

7. Contrapoceras

También llamadas “Raise boring”, son máquinas de perforación vertical que están conformadas principalmente por un motor, un sistema de perforación y un cabezal escariador. Ver figuras 7.1 y 7.2.



Figura 7.1. Contrapocera de la marca CAUSA

Fuente: <http://www.causa.com.mx/Servicios.html>

Aplicaciones de las contrapoceras

Se utilizan principalmente en la minería y en la construcción de las obras de generación de energía eléctrica en las centrales con este nombre: Con ellas se pueden construir lumbreras o pozos a túneles, este proceso se lleva a cabo entre diferentes niveles.

Funcionamiento de las contrapoceras

Su forma de uso habitual es ubicando la máquina en la parte superior por sobre del túnel y realizando una perforación con barrenas y tricono (del nivel superior al inferior) de un diámetro pequeño hasta llegar al túnel (ver figura 7.3 panel 1). A la punta de este elemento se le retira el tricono y se le incorpora un escariador o rima que tiene un mayor diámetro que el tricono, y se procede a realizar la misma perforación, pero ahora desde el túnel al nivel superior (de abajo a arriba). Ver figura 7.3 paneles 2 y 3.

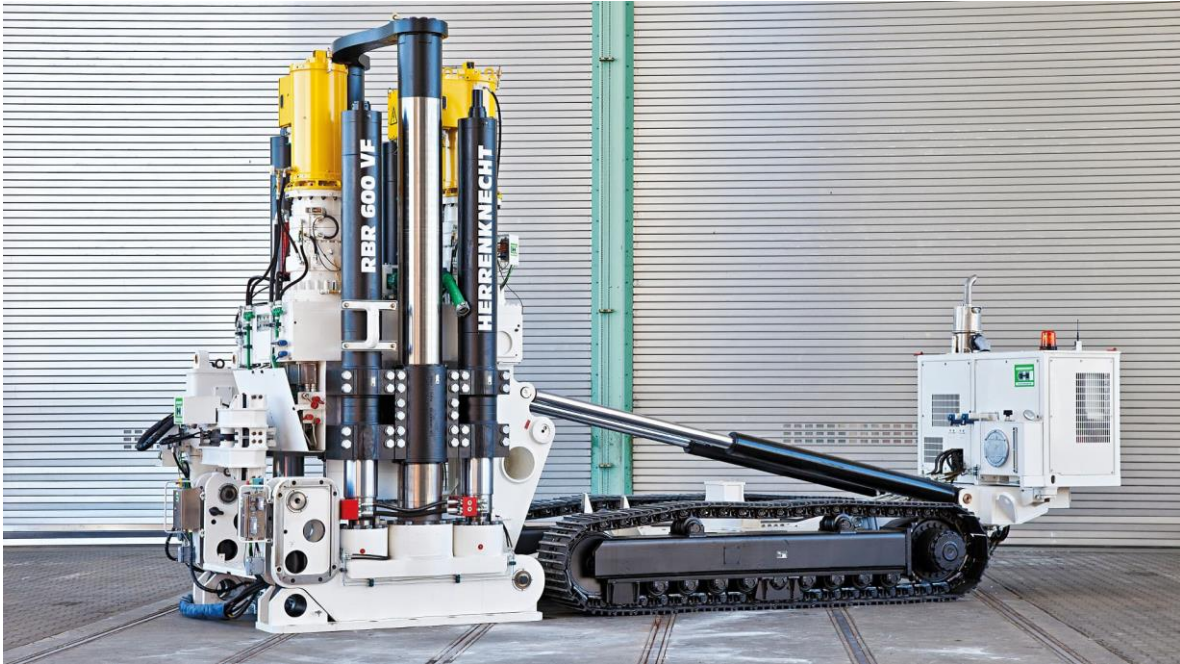


Figura 7.2. Contrapocera de la marca Herrenknecht

Fuente: <https://www.herrenknecht.com/de/produkte/productdetail/raise-boring-rig-rbr/>

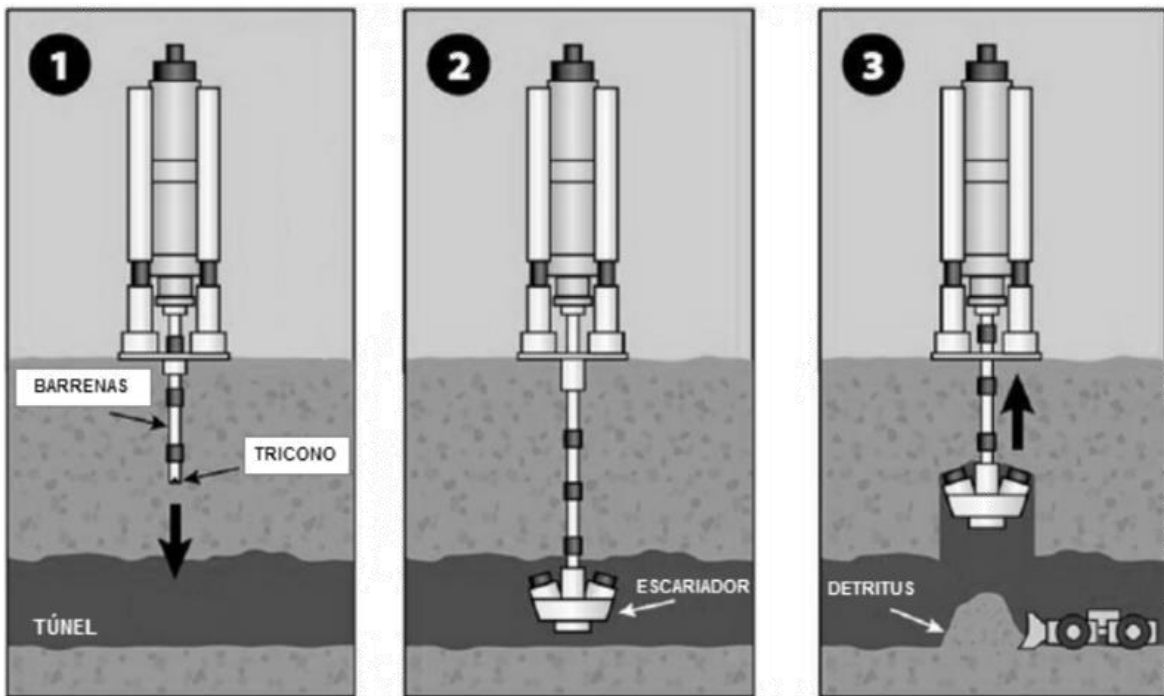


Figura 7.3. Proceso de excavación con Contrapocera

Fuente: <https://www.aples.net/sistemas-de-perforacion/raise-borer-vertical/>

Partes principales

La figura 7.4 muestra las partes principales de una contrapocera. La figura 7.5 muestra las brocas de perforación tricono.

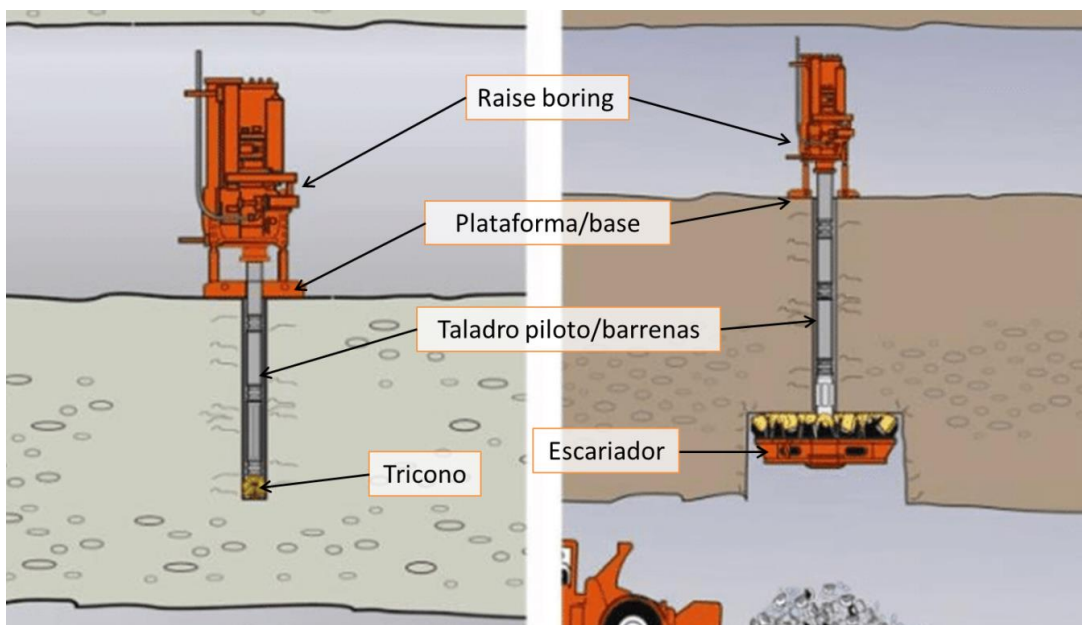


Figura 7.4 Partes principales de una contrapocera

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Escavao-com-Raise-Boring-Machine-adaptado-de-10_fig1_310020797

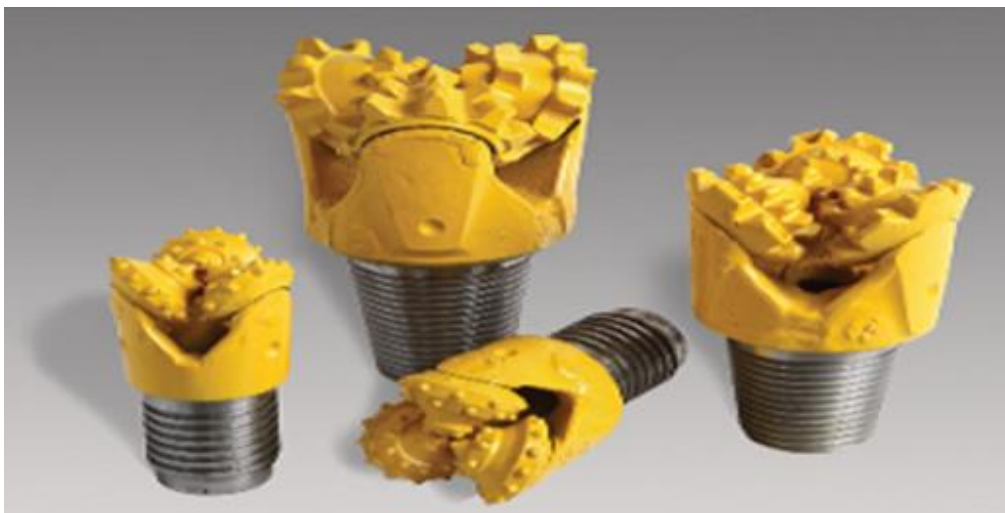


Figura 7.5 Tricono

Fuente: <https://prezi.com/wwwy8tybjm3v/contrapocera-raise-borer/#:~:text=Es%20el%20sistema%20de%20ejecuci%C3%B3n,superior%2C%20estar%20en%20la%20superficie.>



Figura 7.6. Escariador/rima

Fuente: <https://prezi.com/wwwy8tybjm3v/contrapocera-raise-borer/#:~:text=Es%20el%20sistema%20de%20ejecuci%C3%B3n,superior%2C%20estar%20en%20la%20superficie.>

Para trasladar la contrapocera, se usa un sistema de orugas, como se aprecia en la figura 7.7.



Figura 7.7 Orugas de contrapocera

Fuente: <https://prezi.com/wwwy8tybjm3v/contrapocera-raise-borer/#:~:text=Es%20el%20sistema%20de%20ejecuci%C3%B3n,superior%2C%20estar%20en%20la%20superficie.>

Con respecto a la figura 7.8, las orugas transportan la contrapocera al sitio (panel 1). Por medio de unos gatos hidráulicos se eleva la contrapocera (panel 2). Se retiran las orugas (panel 3). Con los mismos gatos hidráulicos se baja la contrapocera a nivel de piso (panel 4).

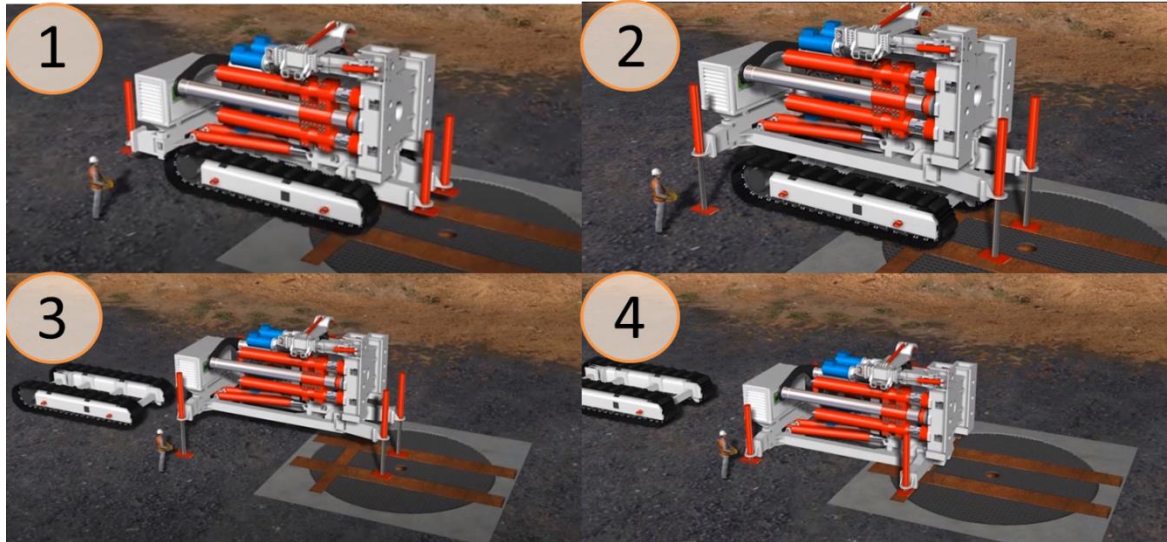


Figura 7.8 Proceso de desmonte de la contrapocera y las orugas de transporte.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0Vgi7rHNvXw&t=41s>

Se recomienda ampliamente ver el video “Cómo funciona el Raise Boring Rig (RBR)” cuyo enlace se encuentra en la sección de “videos” de este documento.

Modelos de contrapoceras

La marca TUMI Raise boring presenta varios modelos de Contrapoceras, como puede verse en las figuras siguientes:



Figura 7.9 Contrapocera modelo 400 LP/SP de la marca TUMI Raise boring.

Fuente: https://tumirb.com/images/productos/SBM_400_es.pdf

En la tabla 7.1 se presentan los modelos 400LP y 400SP, que son iguales entre sí, con la diferencia que una tiene un diámetro de taladro piloto más grande que el otro, al igual que una mayor profundidad de excavación.

Tabla 7.1. Capacidades de las contrapoceras 400 LP/SP de la marca TUMI Raise boring.

CAPACIDADES		LP	SP
Capacidad (*)	Longitud	1,900 pies / 570 m	1,200 pies / 370 m
	Diametro	4 pies / 1.2 m	7 pies / 2.1 m
Potencia Total Instalada		200 hp / 150 kW	
Empuje de Escariado (**)		384,000 lbf / 1,700 kN	
Torque Máximo		60,000 lbf-pies / 81 kN-m	
Ajuste del Ángulo de Perforación		45° - 90°	

Fuente: https://tumirb.com/images/productos/SBM_400_es.pdf



Figura 7.10 Contrapocera modelo TR3000 de la marca Terratec

Fuente: <https://terratec.co/files/TERRATEC-RBM-Brochure.pdf>

Tabla 7.2 Cuadro de capacidades de contrapocera modelo TR3000 de la marca Terratec.

Diámetro de taladro :	3,000 mm
Longitud de taladro:	500 m
Potencia total instalada:	352 kW

Fuente: <https://terratec.co/files/TERRATEC-RBM-Brochure.pdf>

Videos de contrapoceras

1. Cómo funciona el Raise Boring Rig (RBR)
Duración: 7:13 min
<https://www.youtube.com/watch?v=0ssd6ZmATi8>
2. Raise Boring – Marti baut Schächte
Duración: 3:54 min
https://www.youtube.com/watch?v=al3o_IjBkN4&t=234s
3. RAISE BORING BY TUMI CONTRATISTAS MINEROS SBM MACHINES
Duración: 5:01 min
<https://www.youtube.com/watch?v=VIFcwnSDVR0&t=301s>
4. RAISE BORING TECHNOLOGY - EDILMAC DEI FRATELLI MACCABELLI S.r.l.
Duración: 1:15 min
https://www.youtube.com/watch?v=N_A9irzSh4Q&t=75s