

ÍNDEX DE CONTINGUTS

ANNEX B. La màquina trituradora i el seu paper dins la pedrera	2
B1. Historia de la màquina trituradora.....	2
B2. Descripció general de la màquina i del seu funcionament	3
B3. Variants, tamanys i utilitats.....	4
B3.1. Trituradores primàries.....	4
B3.2. Sedassos o mallats.....	5
B3.3. Trituradores secundàries.....	5
B3.4. Criba	6
B3.5. Classificació.....	7
B3.6. Processament del llot	7
B3.7. Emmagatzematge.....	7
B3.8. Productes de valor afegit	8
B3.9. Sorra i grava.....	8
B3.10. Futur	9
B3.11. Avantatges i inconvenients. Simple i doble efecte.....	10
B3.11.1. Trituradores de doble efecte.....	10
B3.11.2. Trituradores de simple efecte	11
B3.11.3. Descripció del moviment del porta mandíbules mòbil	12
B3.11.4. Comparació	13

ANNEX B. La màquina trituradora i el seu paper dins la pedrera

B1. Historia de la màquina trituradora

A la indústria, les trituradores són màquines que usen una superfície de metall per a trencar o comprimir materials i transformar-los en petites fraccions o masses més denses. Al llarg de la història industrial, la major part de la trituració i dels processos de mineria van ser duts a terme per la força humana, aplicant la força a les puntes dels pics usats pels miners, malls i altres eines d'impacte utilitzades. Abans que els explosius fossin usats de manera generalitzada a mitjats del segle XIX amb la invenció de la dinamita, la major part de la trituració i tria es feia a mà o bé mitjançant martells o, com a molt, usant martells alimentats per energia hidràulica. A partir del moment en que l'ús d'explosius va estendre's, va ser necessari el desenvolupament d'una part de trituració post minera.

La trituradora de pedra es va idear ja fa molts anys; la primera trituradora de roca fou la de corró impulsada a vapor (1806) i es va anar perfeccionant a mida que la maquinària de vapor va evolucionar fins a arribar a les màquines elèctriques. Al 1858, als Estats Units s'inventà la trituradora Blake i més tard al 1878 es desenvolupà la trituradora d'acció giratòria contínua, trencant amb la fins llavors discontinua producció de la trituradora d'acció de mandíbula. Al 1895, William inventà una trituradora d'energia de baix impacte.



Figura A2.1. Màquina trituradora al 1942-1944, sense datar i al 1930.

La trituradora de mandíbula ha evolucionat durant més de 100 anys, encara que no ha experimentat cap canvi revolucionari en la seva estructura, ja que té una estructura senzilla, fàcil de reproduir, de fàcil manteniment, baixos costos de producció i cost, de manera que fins ara la trituradora de mandíbula és àmpliament usada en la producció de processament de minerals, materials de construcció, silicats i indústria química.

B2. Descripció general de la màquina i del seu funcionament

El funcionament d'aquestes màquines és molt senzill, es tracta d'una màquina la qual realitza la seva funció a través d'un moviment de va i ve; és a dir, tenim dues plaques d'acer, una de fixa i una altra de mòbil, la mòbil s'apropa i s'allunya alternativament de la fixa a una velocitat preestablerta, produint un efecte d'aixafament que és l'encarregat de trencar les pedres. El moviment de va i ve s'aconsegueix a través d'un eix excèntric el qual fa que la mandíbula mòbil no descrigui un moviment rectilini pròpiament dit, sinó un moviment en forma d'el·lipse. Aquest moviment el·líptic es dona a causa de que l'eix excèntric suporta la mandíbula mòbil i d'aquesta manera la mandíbula puja i baixa anant endavant i enrere descrivint l'esmentat moviment el·líptic.

Un altre punt fonamental de la màquina és el volant d'inèrcia; aquest és l'encarregat d'emmagatzemar l'energia necessària pel trencament de la pedra i així mantenir un moviment més uniforme de la mandíbula.

Tornant al moviment d'el·lipsi de la màquina, aquest fa que apareguin dins la cambra de trituració dues forces, una de compressió, que és la principal, i una altra no desitjada de fregament provocada per l'arrossegament de la pedra per la mandíbula. Aquest moviment d'arrossegament fa que les plaques d'acer de les mandíbules es gastin més de pressa i per tant aquest tipus de màquina no seria el més indicat per a materials molt abrasius. De tota manera, amb un disseny adequat de les plaques es pot arribar a reduir el desgast d'aquestes.



Figura A2.2. Vista d'una màquina trituradora en una pedrera.

Aquestes màquines acostumen a dur dos volants d'inèrcia a la perifèria de l'eix excèntric, i un d'ells té tallades les ranures on aniran col·locades les corretges, i per tant a la vegada que fa de volant d'inèrcia fa de politja. L'altre volant fa la funció de volant d'inèrcia, sense cap altra funció que la de fer un moviment més suau del sistema. A través de l'energia inercial emmagatzemada en els dos volants, es disminueix la potència del motor elèctric necessari per moure el sistema.

El motor és un altre dels punts importants de la màquina, ja que aquest és l'encarregat de moure tot el sistema amb l'ajut dels volants d'inèrcia. L'eix de la màquina, com ja s'ha esmentat anteriorment, és un eix excèntric, i en els seus extrems van allotjats els volants d'inèrcia. L'eix va recolzat a les parets de la màquina a través d'uns coixinets de grans dimensions, seguidament començaria l'excentricitat. Aquesta excentricitat normalment sol ser de valors molt petits en un rang de 2 a 5 cm. En el tram d'eix excèntric es col·loca la

mandíbula en si, aquesta mandíbula està suspesa per dos coixinets, que solen ser d'un major tamany que els coixinets de recolzament per tal de poder ser muntats.

La part de la màquina fonamental per tal d'evitar sobrecarregues de treball és el fusible, en molts models aquest mateix fusible també serveix de sistema per tancar i obrir les mandíbules. El fusible no és res més que un tall de material més dèbil que la força màxima a que s'ha calculat la màquina, ja sigui amb un aliatge de menor resistència o simplement practicant forats en el material per tal de debilitar-lo. El funcionament d'aquest fusible fa que si dins les mandíbules cau algun objecte no fracturable es trenqui el fusible en comptes de cremar el motor elèctric o trencar qualsevol altre part de la màquina.

La molla de retorn és també un element important, ja que durant el funcionament normal de la màquina permet que la mandíbula retorni a la seva apertura inicial. En el cas d'obstrucció de la màquina per un element que excedeix la resistència de la màquina, i per tant que provoca el trencament del fusible, la molla de retorn fa obrir completament la mandíbula i permet retirar la obstrucció de la màquina.

L'estructura de la màquina és molt simple, es tracta de dues parets laterals la funció principal de les quals és suportar tot el conjunt muntat a l'eix. La funció de paret davantera es realitzada per la mandíbula fixa, i la funció de la paret posterior és realitzada per la mandíbula mòbil. Totes les parets estan recobertes per plaques d'acer especial per tal de resistir els continuats impactes de les pedres, a més de resistir els materials abrasius que passen per l'interior de la cavitat de trituració.

Pel que fa a les parets laterals, per la part exterior hi ha models que porten nervis per tal de reforçar l'estructura i d'altres no, dependrà del disseny de les parets laterals. El que sí es comú en tots els models o almenys la majoria, es trobar nervis y forats per tal d'alleugerir les parts mòbils i la maquina en general.

B3. Variants, tamany i utilitats

Tal i com es comenta a l'Annex 1, el material extret en una pedrera ha de ser processat diverses vegades abans no tingui un tamany adequat per al seu ús a la indústria. Calen diverses etapes de trituració i tria dels materials per a produir el producte final.

B3.1. Trituradores primàries

La trituració (com a acte de trencar una roca de grans dimensions en partícules més petites) és la part del processament d'agregats on més intensivament s'aplica energia, i és normalment cara. Això fa que sigui molt important tenir cura a l'hora de seleccionar l'equipament de trituració a usar.

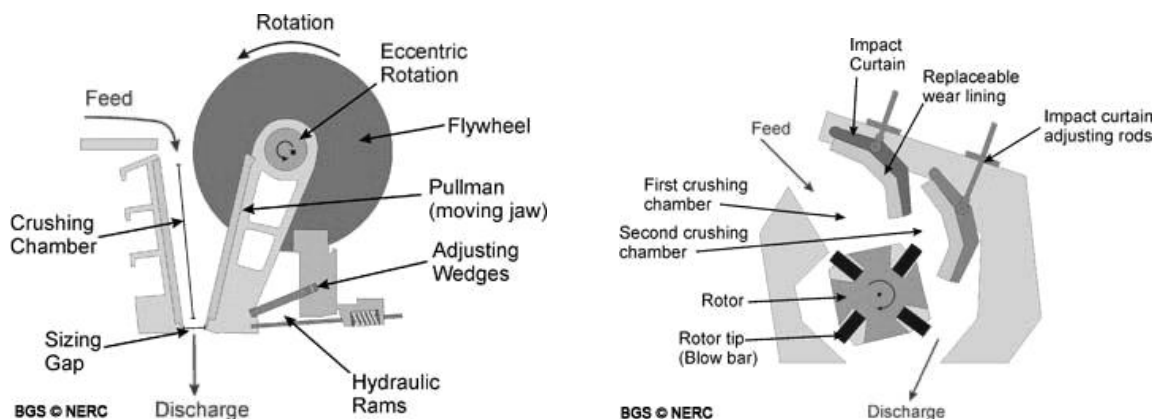


Figura A2.2. Trituradora de mandíbula (esquerra) i d'impacte d'eix horitzontal (dreta).

L'agregat final ha de tenir una distribució adequada per al mercat de la mida de partícula final. La trituració comença amb la trituració primària, on usualment s'empren trituradores de mandíbula, trituradores giratòries, de corró o de tipus impactador depenent de les característiques de la roca. Les de mandíbula i les giratòries poden processar roca dura i abrasiva, mentre que les impactadores estan restringides a roques de tipus no de silici com ara les calcàries, tot i que poden donar rendiments força elevats (fins a 1000 tones per hora) i mides finals de més d'1mm. Les trituradores de rodets o corró no són gaire usades actualment, tot i que poden ser trobades en algunes antigues pedreres de roca calcària.

Els materials són carregats a la trituradora primària per camions de grans dimensions que transporten les roques extretes de la pedrera, i el material triturat es transporta a la planta de processament mitjançant cintes transportadores.

B3.2. Sedassos o mallats

Els sedassos o mallats s'usen per permetre que els fragments de roca i grava que no requereix trituració passin de llarg de les següents etapes de trituració. La majoria de les pedreres instal·len un mallat just després de la trituradora primària (serveixen per anar triant el material i poder-lo separar en funció de la seva mida i així enviar-lo a la següent fase o a la pila corresponent). El material es fa passar a través d'una malla vibratòria que permet a les partícules de menys de 20mm de diàmetre passar-hi a través; així aquest material ja no passa per al resta d'etapes de trituració sinó que anirà directament a les crives de selecció de mida.

B3.3. Trituradores secundàries

Les trituradores secundàries trenquen les roques en mides que ja són apropiades per al mercat. Diverses trituradores poden ser emprades en funció del tipus de roca. Les trituradores d'impacte d'eix vertical trenquen la roca per impacte amb mitjançant fulles anomenades martells en un tambor giratori. El material rebota i dona voltes dins el tambor fins que té una mida prou petita com per poder-ne sortir. La mida del producte final es pot triar mitjançant l'ajust de la distància entre les pales del rotor i les barres trencadores (anomenades paladar) unides a la vora del tambor (unides a la carcassa, els paladars són mòbils i així es poden ajustar per tal de produir diferents tamanys de pedra).

Aquest tipus de trencament per impacte amb metall és adequat per a roques toves, com ara les calcàries, ja que l'elevada taxa de desgast en les puntes del rotor fa que aquest mètode sigui inadequat per a roques abrasives. Mentre que les trituradores d'impacte tenen l'avantatge de donar la forma cúbica que es requereix

per a la indústria del formigó, poden produir grans quantitats de material sobrant no aprofitable, fins al 40% de la producció en algun cas, la qual cosa resulta en un excés de residus en forma de pols.

Les trituradores de con es veuen afavorides en les pedreres de roques abrasives. El material s'introdueix per la part superior del con i es mou al llarg de la bretxa entre el con i la paret exterior fixa. A mesura que el con es fa girar en un eix excèntric, la mida de la bretxa es fa més gran i més petita; la qual cosa resulta en una acció de trituració. Les mides que es poden aconseguir són de 50 mm cap avall, i es poden ajustar canviant l'altura del con dins les concavitats. Amb tot, el requisit per als productes finals més petits es traduirà en la producció de majors quantitats de fines (partícules fines, no aprofitables; pols).

És normal que en algunes pedreres de roca dura s'aixafi la roca per tercera vegada abans de dimensionar (trituració terciària). Es pot esperar que a cada etapa de trituració (primària i secundària) la mida del material sigui reduïda entre un 60% i un 80%. Aquesta reducció es pot millorar exigint més de cada trituradora, però això augmenta la quantitat de fines produïda, disminueix el rendiment i augmenta la potència requerida i els costos de la trituració. Per tant, la trituració terciària s'usa per a produir la mida i forma finals dels agregats.

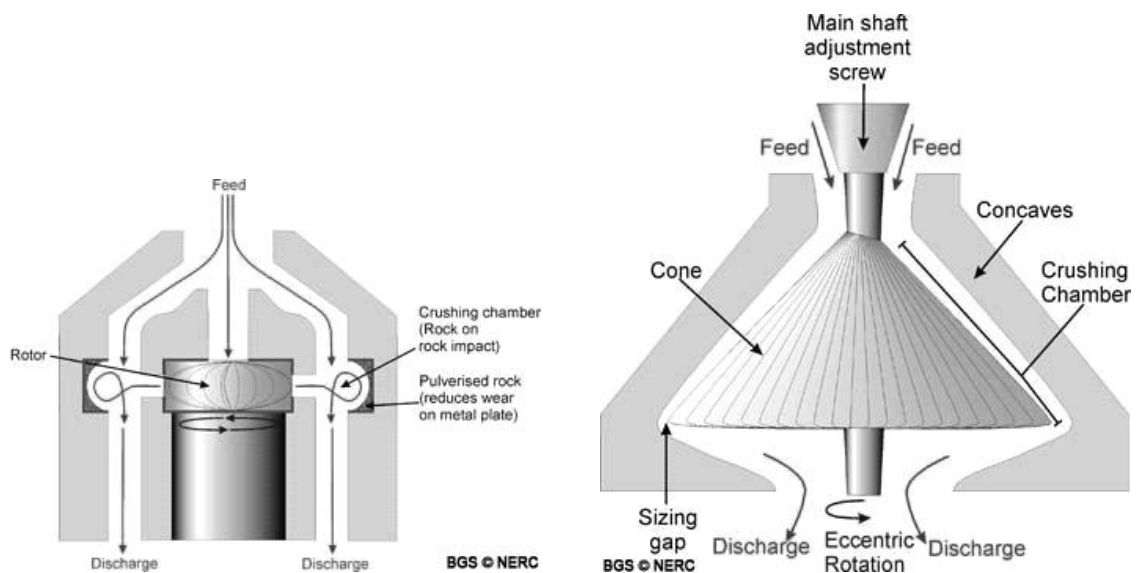


Figura A2.3. Trituradora d'impacte d'eix vertical (esquerra) i de con (dreta).

B3.4. Criba

Les cribes són pantalles de dimensionat, i entre elles hi ha muntats els mallats o sedassos necessaris. Utilitzen malles vibratòries amb obertures de mida específiques per a separar el material de majors dimensions del de mides més petites. Sovint s'afegeix aigua al material per tal de permetre als diferents materials de granulometria controlada ser separats fins a un tamany de 0,5mm màxim. Fins a un total de tres cobertes s'usen en cada pantalla per a produir diverses fraccions de mida en una sola operació. Es pot usar també una cascada de pantalles en sèrie per tal que el material que és massa gruixut per a un conjunt de cobertes es passi a la següent pantalla, permetent així que una gran varietat de materials de diferents mides siguin triats. Els materials que són massa grans per a passar a través de cap d'aquestes pantalles són retornats a les trituradores terciàries i poden ser passats per les pantalles de dimensionat i les trituradores terciàries diverses vegades.



Figura A2.4. Detall d'una Criba.

B3.5. Classificació

Tot i que el sistema més usat per a la classificació és la Criba, per tal de dimensionar materials de menys de 0,5 mm de diàmetre, es pot usar una força centrífuga per a separar materials de diferent massa. Una mescla de material i aigua es fan girar en un con; mentre que les partícules més grans es van reunint al centre del con, les partícules més petites o de baixa densitat són llançades als costats i s'eliminen recollint-les de la part superior. Això permet que la sorra comercialitzable sigui separada de residus de llim i argila.

B3.6. Processament del llot

El llot bombejat conté un màxim de 40% de llim en volum. Un cop s'ha eliminat l'aigua dels productes agregats, és important netejar el llot i l'argila de suspensió de manera que l'aigua pugui ser reciclada o bé alliberada. Aquesta separació s'aconsegueix normalment simplement mantenint l'aigua bruta en llacunes de sediments, cosa que permet que el llot s'assenti i l'aigua neta pugui ser recuperada. També s'usen espessidors, grans tancs circulars de poca profunditat amb base cònica i filtre-premses són comunament usats. Els espessidors tenen rastells que roten lentament i ajuden a la sedimentació i transporten el material sòlid cap avall cap al punt de descàrrega central. L'aigua reciclada es desborda per la part superior del tanc. S'empren també floculants, que ajuden a les partícules a agrupar-se afavorint-ne una deposició més ràpida. El material fangós del fons del tanc s'envia a una llacuna de llim o bé es dirigeix a una altra premsa. Un filtre premsa el fang per eliminar-ne l'aigua restant i produir un material de rebuig anomenat coca de filtre, que es pot usar en la restauració del jaciment.

B3.7. Emmagatzematge

Els productes agregats s'emmagatzemen en piles a nivell del sòl i també a les badies o dipòsits elevats. Algunes badies d'emmagatzematge tenen els alimentadors soterrats, per tal que el material es pugui recuperar ràpidament mitjançant una cinta transportadora.

Els agregats fins s'hauran processat a través del classificador com una suspensió en aigua i per tant hauran de ser deshidratats abans de la seva venda. El drenatge lliure de l'aigua dels munts d'àrids és una característica comuna de les pedreres, especialment aquelles que traginen sorra i grava. El cost és baix si hi ha prou espai disponible, però els desavantatges inclouen l'impacte visual i la possibilitat de contaminació per part de la pols transportada i distribuïda pel vent.



Figura A2.5. Emmagatzematge per a diferents mides d'agregat.

B3.8. Productes de valor afegit

Els agregats són materials de molt volum i poc valor afegit. Per tant és comú que en les pedreres més grans s'afegeixi valor a una part de la seva producció instal·lant-hi una planta d'asfalt o de ciment pre-barrejat per a formigó. Les pedreres també poden ser llocs adequats per a fàbriques de ciment, plantes de fabricació de blocs, forns de calç o per a la producció de pols industrials, com ara farcits de pintura, paper, plàstics o aliments per a animals. Amb el temps la pedrera pot desenvolupar diverses indústries que estan contingudes visualment dins les fronteres de la pedrera, amb un impacte positiu en l'ocupació i l'economia locals.



Figura A2.6. Formigó produït a la mateixa pedrera, tot esperant a ser lliurat.

B3.9. Sorra i grava

Les pedreres de sorra i grava inclouen generalment una planta de processament més simple que no pas les de roca dura (les pedreres normals també fan sorra i grava, però ara ens referim a les situades a les lleres dels rius, per exemple, on aprofiten la sorra i els còdols transportats pel riu). El material excavat s'acosta més a les especificacions de la indústria dels productes agregats finals i, per tant, requereix de menys trituració. No obstant això el material requereix de rentat per eliminar les partícules de llim i argila, mitjançant rentadores de barril (tromel) o crives, depenent del material. El contingut de fines en un dipòsit de sorra i grava és un factor determinant a l'hora d'avaluar la viabilitat d'un dipòsit i no ha de ser superior al 25%.

El procés de rentat també separa les partícules de sorra de la grava. A continuació, la grava és classifica en rangs de mida usant una pantalla, de la mateixa manera que els agregats triturats de roca són classificats usant

pantalles. La sorra es separa del llim mitjançant la classificació i després es deshidrata. El processat del llim es du a terme mitjançant les mateixes tecnologies disponibles per a les pedreres de roca dura.



Figura A2.7. Rentadora de grava.

La trituració és avui dia una característica comuna en moltes de les operacions de sorra i grava, i cal maximitzar el producte vendible. El material de grava de grans dimensions s'envia a les trituradores de mandíbules escurçades, anomenats molins o trituradores de con. Es pot usar maquinaria més petita amb tamany limitat de partícula, donat que no s'espera trobar grans blocs de material.



Figura A2.8. Tria de sorra i grava mitjançant garbells.

B3.10. Futur

Els desenvolupament en un futur immediat continuaran estant centrats en reduir l'impacte ambiental del procés dut a terme a la pedrera. Els objectius principals són l'optimització de l'ús de l'aigua (tractament i reciclatge), i la reducció del soroll i la pols generats per l'activitat duta a terme a les pedreres.

També a les pedreres petites o graveres, les unitats mòbils de trituració reemplaçaran cada vegada més les plantes de processament grans i fixes.

Una altra opció de futur són les plantes de reciclatge de runa procedent d'enderrocs i demolicions.

B3.11. Avantatges i inconvenients. Simple i doble efecte

B3.11.1. Trituradores de doble efecte

Les trituradores de mandíbula de doble efecte, o tipus Blake, són els equips de trituració de minerals més antics capaços d'esmicolar minerals de gran tamany i duresa (Estats Units, 1858). En aquest tipus de trituradores la mandíbula mòbil crea un balancí articulat en la seva part superior, que es troba fixat solidàriament al bastidor. A través del moviment de la biela, per efecte de l'excèntrica, la mandíbula mòbil s'aproxima i allunya de la mandíbula fixa, triturant així el material.

El moviment de la biela transmet a la mandíbula mòbil el moviment d'oscil·lació a través de les plaques d'articulació. Els extrems de les plaques es recolzen sobre semi coixinets d'acer extradur, embotits al peu de la biela, al peu del balancí i a la corredissa; que és el punt fixe de recolzament. Es pot actuar, a través d'un sistema mecànic o bé hidràulic, sobre la corredissa, fent que es desplaci tant vertical com horitzontalment. D'aquesta manera es regula l'amplitud de la carrera, l'obertura de la sortida de la trituradora, i es disminueixen els efectes de desgast sobre la mandíbula i les articulacions.

La vareta i els ressorts de recuperació mantenen el sistema d'articulacions a la seva posició durant el procés de trituració.

La força que origina el moviment dels mecanismes descrits anteriorment és proporcionada per grans volants d'acer fos, els quals són accionats per motors elèctric a través de la transmissió de corretges trapezoïdals.

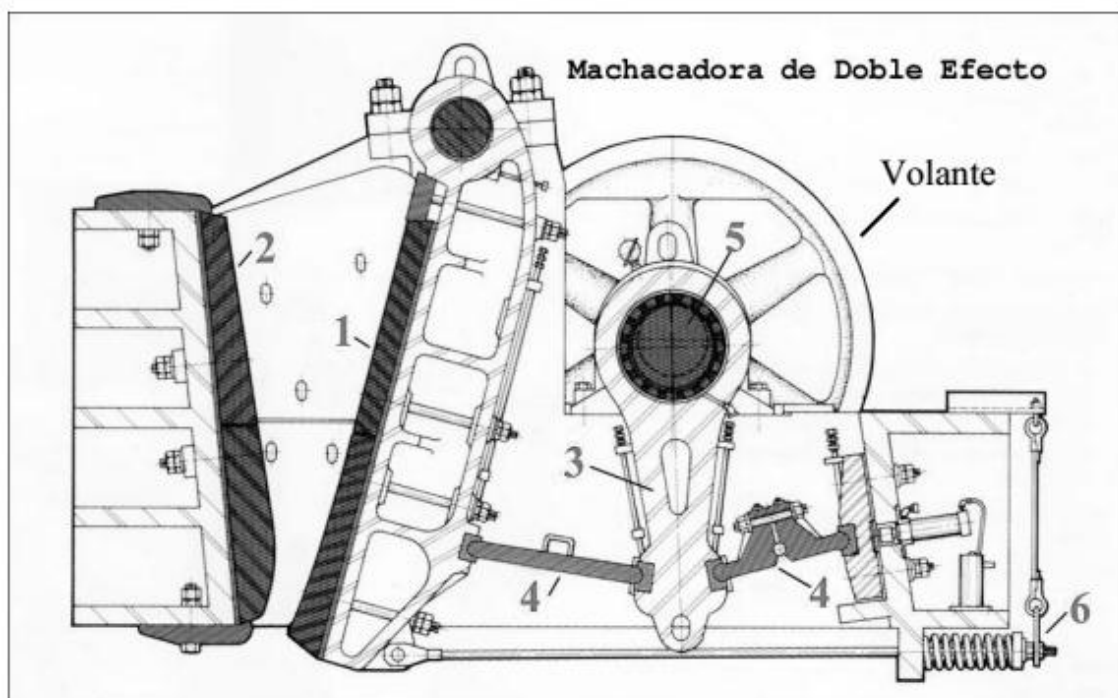


Figura A2.9. Tall esquemàtic d'una trituradora de doble efecte: 1. mandíbula mòbil, 2. mandíbula fixa, 3. biela, 4. plaques d'articulació (fusible), 5. excèntrica, 6. vareta i restes de recuperació.

Les principals parts de d'una trituradora tipus Blake són:

- El bastidor o carcassa: és el suport dels elements de trituració, suporta grans esforços i vibracions. Està format per plaques d'acer laminades de gran espessor, electrosoldades i amb nervis de reforç per tal d'evitar deformacions. Els laterals es protegeixen amb xapa d'acer al manganès intercanviables.
- La cambra de fragmentació: es l'espai comprès entre les mandíbules fixa i mòbil i les plaques laterals anti-desgast. Té forma angular, donat a la disposició de les dues mandíbules que normalment formen un angle d'aproximadament 27°.
- El revestiment de desgast, format per planxes o plaques intercanviables fabricades normalment per acers al manganès de gran resistència. Aquestes planxes permeten ser acoblades a la caixa exterior de les mandíbules mitjançant sistemes de fixació. A més al ser reversibles se'n pot equilibrar el desgast i optimitzar-ne l'aprofitament.

Depenent del tipus de roca a triturar els revestiments adopten diferents formes i mides: amb dents en forma de pic per a materials de duresa mitja, dents ondulats per a materials durs i revestiments llisos per a materials extremadament durs.

- El sistema mecànic d'accionament està format per un conjunt d'elements mecànics que mitjançant el seu moviment interrelacionat fan que les mandíbules puguin triturar el material. El sistema d'accionament està format per la biela, el volant, les plaques d'articulació, els ressorts, el motor, les corretges, l'excèntrica, la peça porta-mandíbules mòbil i els coixinets.

B3.11.2. Trituradores de simple efecte

Aquest tipus de trituradores són posteriors a les de doble efecte (van aparèixer 25 anys més tard), i el seu ús és més generalitzat que el de les de doble efecte perquè presenta un seguit d'avantatges respecte a les primeres, les quals seran comentades al llarg d'aquest apartat.

En aquest tipus de màquines la peça porta mandíbules mòbil es troba articulada directament sobre l'eix excèntric que està situat sobre la boca d'alimentació de la trituradora.

El moviment de la part inferior de la peça porta mandíbules mòbil està controlat per una única placa d'articulació que es troba embotida al peu de la peça porta mandíbules i de la corredissa mitjançant coixinets semi esfèrics.

També té un ressort de recuperació, tal i com la trituradora de doble efecte, per a mantenir la placa d'articulació en la seva posició de treball i regular la sortida del producte.

Hi ha elements de fixació tant a la peça porta mandíbules mòbil com en la peça porta mandíbules fixa, per tal d'acoblar els revestiments de les mandíbules i dels laterals i formar la cambra de trituració.

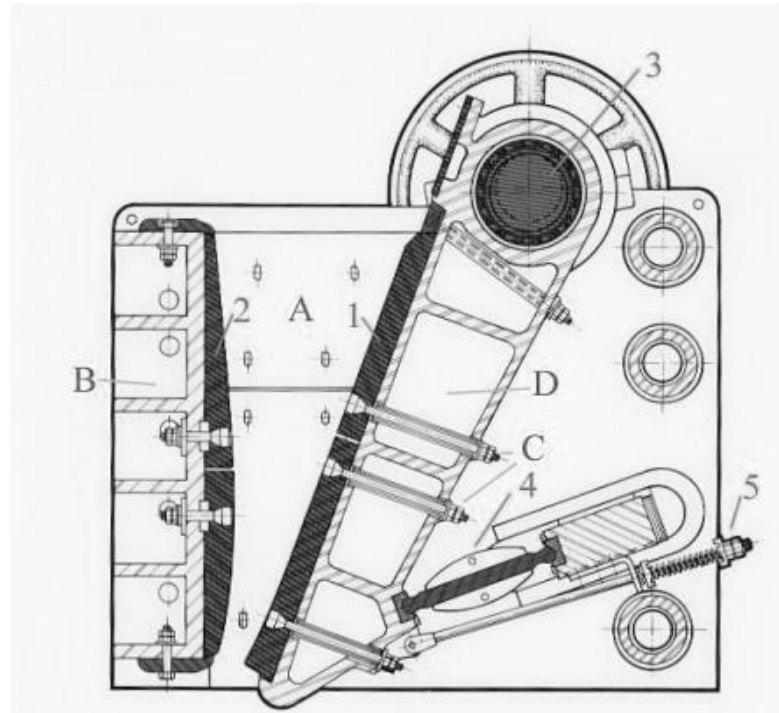


Figura A2.10. Tall d'una trituradora de simple efecte: A) cambra de trituració, B) peça porta mandíbules, C) elements de fixació, D) peça porta mandíbules mòbil, 1) i 2) revestiments de les mandíbules, 3) eix excèntric, 4) placa d'articulació, 5) ressort de recuperació.

Les principals parts d'una trituradora de simple efecte són les mateixes que les d'una de doble efecte.

B3.11.3. Descripció del moviment del porta mandíbules mòbil

A la zona superior propera a l'eix excèntric el moviment de la peça porta mandíbules és circular, efectuant-se d'aquesta manera la fragmentació per forces de compressió. A la zona inferior propera a la sortida de la màquina el moviment de la peça porta mandíbules és el·líptic, per la qual cosa la fragmentació es duu a terme per forces de fricció, que tenen l'avantatge que eviten l'embussament de material. A la zona intermèdia, el moviment és entre el·líptic i circular, produint-se la fragmentació per compressió i per fricció.

A les màquines tipus Blake el moviment de la mandíbula mòbil és circular, i per tant les forces de fragmentació que apareixen són fonamentalment de compressió.

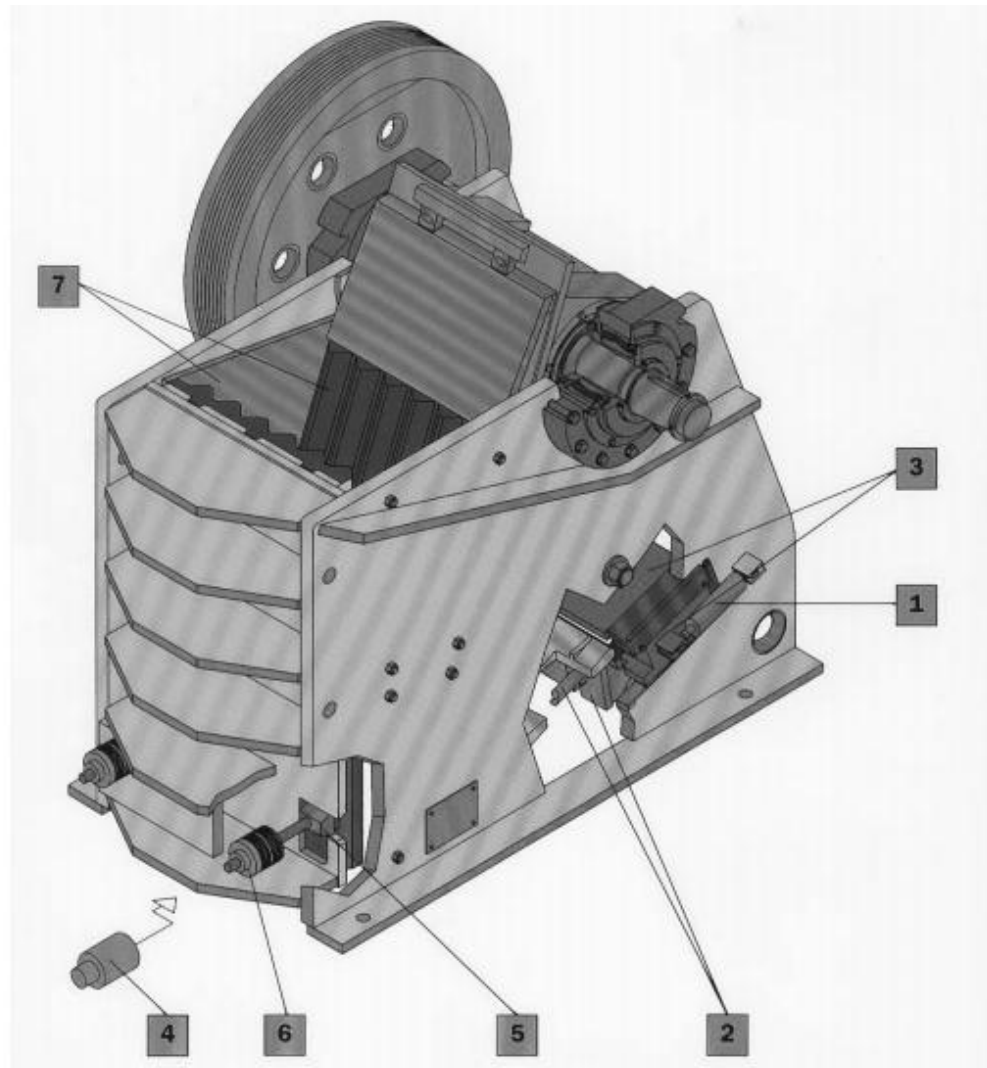


Figura A2.11. Tall d'una trituradora de simple efecte: 1) cilindre hidràulic de doble efecte, 2) sistema de retrocés de la biela, 3) corredora, 4) gat hidràulic de desmuntatge de mandíbules, 5) cunyes de bloqueig o sistema de fixació, 6) volanderes elàstiques, 7) joc de mandíbules i blindatges laterals.

B3.11.4. Comparació

El pes de la màquina de doble efecte acostuma a ser entre 1.3 i 1.4 vegades el de la de simple efecte. El preu també acostuma a ser un 25% més elevat en el cas de les de doble efecte en comparació amb les de simple efecte, mentre que la capacitat és més elevada en les de simple efecte, essent un 30% superior. Malauradament el gran desavantatge de les de simple respecte a les de doble és el major desgast de mandíbules, essent pràcticament el doble.

A més, a la trituració secundària, les trituradores de simple efecte produeixen un resultat final més cúbic que les de doble efecte.

Les de doble efecte han quedat relegades quasi exclusivament a la trituració de minerals extremadament durs i molt abrasius.