

**ÍNDIX DE CONTINGUTS**

ANNEX A. Conceptes bàsics sobre els àrids i el seu processat, i necessitat del producte que se'n genera .....	2
A1. Els àrids i les seves propietats principals.....	2
A1.1. Origen .....	2
A1.2. Propietats físiques .....	2
A1.3. Propietats químiques .....	3
A1.4. Propietats mecàniques.....	3
A1.5. Comminució.....	4
A1.6. La trituració .....	5
A1.7. La mòlta .....	5
A2. Recorregut del producte .....	5
A3. Ubicació de la màquina .....	6
A4. Justificació de la necessitat del producte.....	7

## ANNEX A. Conceptes bàsics sobre els àrids i el seu processat, i necessitat del producte que se'n genera

En aquest apartat es pretenen definir i presentar breument les principals característiques dels àrids, per tal d'entendre millor el producte amb que la màquina a dissenyar haurà de tractar. També és interessant abordar la necessitat del producte obtingut, per tal de comprendre la utilitat i necessitat de la màquina objecte del present projecte.

### A1. Els àrids i les seves propietats principals

Es denomina àrid al material granular utilitzat com a matèria prima en la construcció. Els àrids, en diferent tamany, són presents en la mescla de formigó, el farcit de paviments, s'empren al ferrocarril i també es poden trobar a les esculleres, per exemple. Sense ells, la construcció i el pavimentat, tal i com els entenem avui dia, seria impossible i, per tant, podríem dir que tenen una gran importància en la nostra vida quotidiana.

Podem classificar-los segons els seu origen, tamany, forma, les seves propietats físiques i també les seves propietats químiques.

#### A1.1. Origen

Poden ser naturals, artificials o reciclats. Els naturals provenen de jaciments minerals i s'obtenen exclusivament a través de procediments mecànics. Poden ser granulars, obtinguts de graveres normalment de riu, i tenen forma arrodonida amb superfícies llises i sense arestes (també coneguts com a àrids rodats) i principalment de naturalesa silícia; o bé poden ser d'esmicolament, produïts en pedreres després d'haver extret els materials dels massissos rocosos i sotmetre'ls a trituració i classificació i presentant superfícies rugoses i arestes marcades, essent normalment de naturalesa calcària tot i que també poden ser de naturalesa silícia com els anteriors. Els artificials els podem obtenir de subproductes i/o residus de processos industrials. Estem parlant d'escòries siderúrgiques, cendres de la combustió del carbó, entre d'altres. Els àrids reciclats es poden obtenir en tractar un material inorgànic fet servir prèviament a la construcció (com ara el procedent de demolicions o runa).

#### A1.2. Propietats físiques

Dins les propietats físiques hi ha la forma, el tamany o les causes de la fractura, per exemple. Segons el tamany reben diferents denominacions: sorra, grava, "gravilla", etc.. La mesura del tamany dels grànuls d'àrids que es realitza per a la correcta elaboració dels productes dels àrids s'anomena granulometria. La normativa espanyola recull diversos usos granulomètrics per tal de poder avaluar la idoneïtat d'un àrid per a un ús concret.

Les formes característiques dels àrids són cúbica, rodona, laja, i agulla. Els primers acostumen a ser d'origen natural, procedents de dipòsits fluvials, mentre que la resta acostumen a pertànyer a la resta d'òrgens prèviament descrits.



Figura A1.1. Detall de diferents àrids, molt variats en formes i tamanys.

La forma d'un àrid dóna idea de l'aptitud del seu esquelet mineral i, per tant, de la seva resistència mecànica.

### A1.3. Propietats químiques

La principal propietat química que cal avaluar en un àrid és la seva estabilitat mineral, per exemple a través de la mesura de la durabilitat davant agents erosius externs com l'aigua o els agents atmosfèrics, o també l'afinitat entre l'àrid i el betum quan es tracta d'usar l'àrid per a la construcció de carreteres.

No és bo, per exemple que un àrid contingui un elevat contingut de clorurs, com acostuma a passar en els àrids reciclats. També el contingut de sulfats i alcalins és objecte d'assajos per a limitar-ne la concentració. En funció de la concentració d'aquests elements en l'àrid, aquest es podrà mesclar amb un o altre tipus de ciments per a la seva utilització final en l'obtenció d'un formigó. Si tenim, per exemple, un àrid reciclat amb alta concentració d'alcalins, s'haurà de mesclar amb ciments pràcticament exempts d'alcalins per a evitar expansions.

### A1.4. Propietats mecàniques

Algunes propietats mecàniques importants a mesurar alhora de decidir la seva idoneïtat per a ser usats són la resistència mecànica al desgast, la resistència a la fragmentació, i depenent del seu destí podrien ser el seu coeficient de fricció. També la resistència que presenta a la seva degradació i trencament de vèrtex i arestes per efecte d'una pressió exterior, o la resistència al poliment.

### A1.5. Comminució

A través del procés de comminució es produeix la reducció del tamany de les partícules de mineral, mitjançant trituració o molta, amb la finalitat bàsicament en el cas que ens ocupa, d'obtenir un material del tamany apropiat i controlat.

L'energia que es necessita per a fracturar una partícula disminueix davant la presència d'aigua o un altre líquid, ja que aquest a pot ser absorbida per les partícules fins a omplir les seves esquerdes. La força aplicada sobre el líquid augmenta considerablement la seva pressió i es concentra en els defectes i puntes d'esquerda.

Depenent de la forma d'aplicació de la càrrega i de la mecànica de la fractura de les partícules, es pot obtenir un mecanisme de falla o un altre, característics, i una distribució granulomètrica tal i com es pot classificar a la següent taula:

Tipus de càrrega aplicada	Mecanisme de fractura	Distribució del tamany de partícula
<b>Impacte</b>	Esclat per forces de tracció aplicades a alta velocitat	Homogeni
<b>Compressió</b>	Compressió	Partícules gruixudes i angles fins
<b>Fricció</b>	Abrasió per esforç tallant superficial	Fins i gruixuts

Taula A1.1. Mecanismes de fractura segons el tipus de càrrega aplicada i distribució final del tamany de la partícula.

Com major és el tamany de la partícula, major serà la probabilitat que tingui defectes i per tant l'energia necessària per a la fractura és menor. Això aplica a l'inrevés, per la qual cosa com més esmicolem el material, més energia caldrà per a prosseguir amb el procés. Tant és així que teòricament arribaríem a que l'energia necessària fos infinita. El tamany de la partícula on ja no es pot prosseguir amb el procés s'anomena límit de mòlta.

Es pot calcular l'energia necessària per a la fractura com:

$$\varepsilon_p = 1,23 \cdot K_v \cdot \frac{\sigma_f^2 \cdot d^3}{E}$$

On:

- $K_v$  és una constant que depèn del mòdul de Poisson del mineral
- $\sigma_f$  és l'esforç de fractura, que pot ser determinat aproximadament mitjançant l'expressió:

$$\sigma_f = 0,9 \cdot \frac{F_0}{d^2}$$

- essent  $F_0$  la càrrega aplicada en el moment de la fractura.
- $d$  és el diàmetre de la partícula
- $E$  és el mòdul d'elasticitat.

Donades les dificultats per a mesurar experimentalment l'energia necessària per a la fractura i les diferències entre el valor d'energia calcular i l'experimental, Bond plantejà l'expressió empírica:

$$\varepsilon = 21,5 \cdot H + 23$$

On  $\varepsilon$  és l'energia consumida ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ), i  $H$  és la duresa Mosh del mineral.

Com aquesta expressió empírica no descriu l'efecte del tamany abans i després de la fractura, Bond plantejà una expressió matemàtica a partir de la integració de l'expressió general de l'energia en funció del tamany de les partícules. Hi ha, en definitiva, diverses formules per tal d'obtenir aquesta energia necessària, que cal escollir en funció de la conveniència de la situació de disseny plantejada.

En el procés de comminució és fonamental conèixer la relació entre l'energia aplicada per a la fractura de les partícules i el tamany de les partícules finals obtingudes. En el procés de reducció, s'ha provat que només l' 1% de l'energia emprada és utilitzada en la fractura de les partícules, la major part de l'energia es perd per efecte del funcionament dels equips en els quals es produeix la reducció del tamany (trituradores i molins).

### A1.6. La trituració

La trituració és la primera de les etapes en el procés de comminució. Generalment s'usa per a reduir roques de tamany aproximat 1,5m fins a obtenir-ne partícules de fins a 0,5 cm a través de diferents etapes (trituració primària, secundària i terciària).

A la trituració, la fractura de les partícules es produeix principalment per l'aplicació de forces de compressió. Hi ha molts tipus de trituradores, però al treball que ens ocupa hem escollit la trituradora de mandíbules d'excèntric elevat. El seu disseny disminueix l'embussament de material tant a l'entrada com a la sortida. Això afavoreix a la velocitat de desintegració, essent major que en la resta de tipus de trituradores de mandíbules (de doble connexió articulada i de pivot elevat). El desgast de les cares de trituració és alt, així com els danys produïts per fatiga del material. La potència aplicada oscil·la entre 2 i 400KW, per a obtenir una raó de reducció entre 4 i 9. No és aconsellable per a la trituració de roques dures i abrasives, i té un baix aprofitament de l'energia aplicada.

### A1.7. La mòlta

La mòlta és la darrera etapa en el procés de comminució. En aquesta etapa les partícules són fracturades per efecte de les forces d'impacte, i en menor impacte de les de fricció i compressió, la qual cosa produeix fractures per esclat, abrasió i creuer, bé sigui produït en medi sec o humit. Es realitza en recipients cilíndrics rotatoris. De tota manera no entrarem en detall en aquest darrer pas, ja que és fora de l'abast del present treball.

## A2.Recorregut del producte

Centrant-nos en els àrids d'origen natural i obtinguts a la pedrera, el punt inicial, com és obvi és la localització d'un jaciment per a crear-hi la pedrera per a la seva explotació. Un cop localitzada una veta de material i després de fer unes perforacions al llarg d'un talús, s'hi perforen diversos forats on s'hi col·loca explosiu més ràpid o més lent (més o menys potència) depenent del tamany de roca que es vulgui obtenir. La roca se selecciona per tal de triar la que anirà a la trituradora per a reduir-ne el tamany, i se separa de la que s'haurà de refusar o dur a la maquinària pneumàtica o picador mecànic perquè té unes dimensions massa grans que no accepta la trituradora. En una voladura ben dimensionada aquest material es mínim.

Un cop feta la primera tria, la pedra de dimensions acceptables és triturada mitjançant la màquina de la qual és objecte el present treball.



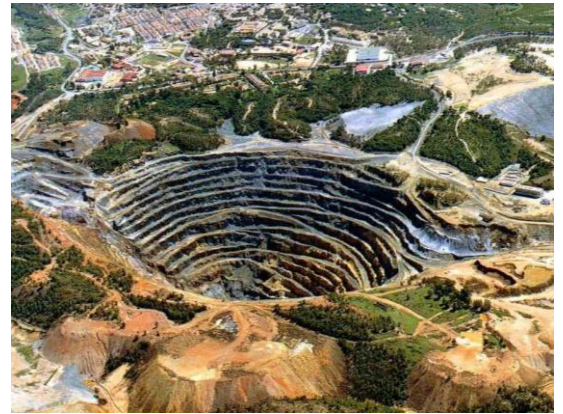


Figura A1.2. Diferents topologies de pedrera. En el primer cas s'hi pot observar el detall d'una voladura, mentre que a la segona s'hi poden apreciar clarament els diferents nivells o bancades.

A les pedreres s'acostuma a treballar per nivells, als quals se'ls anomena bancades. Es fan voladures a mesura que es volen aconseguir roques. Mitjançant dúmpers es transporten aquestes roques grans cap a la part més elevada de la pedrera on es processa el mineral.

### A3.Ubicació de la màquina

En una pedrera l'objectiu és aprofitar el 100% del material extret a ser possible. Per tal d'aconseguir-ho la roca extreta es farà passar per un seguit de cintes transportadores, sedassos, màquines trituradores i molins.

Cada pedrera pot tenir una distribució diferent, però l'estructura general consisteix en una selecció inicial que separa les roques més grans que **a** de les més petites que **a**. Les més grans que **a** s'acostumen a transportar fins a la trituradora, que és la màquina que serà capaç de reduir a un tamany petit les roques més grans que s'hagin extret. Les que siguin més petites que **a** són dutes fins a un altre sedàs que les classificarà separant les més grans que **b** de les més petites que **b**. El que hagi sortit de la trituradora es pot filtrar també entre tamany més gran que **b** o més gran que **b**. El més petit que **b** pot ser dut a un molí per tal d'uniformitzar-ne el tamany final. Pot ser que aquest tamany **c** sigui en si un tamany de producte final. I per altra banda poden interessar tamany **d**, **e**, etc., fins a obtenir-ne sorra. En aquest procés hi poden intervenir diversos molins.

Les mandíbules de la trituradora s'obren i tanquen en funció de si es necessita que els productes finals tinguin mides més grans o més petites. En funció del les mides de producte final demandats l'estructura de sedassos, cintes transportadores i molins pot variar.

És comú que la sorra que s'obté contingui molta pols, la qual cosa no és bona ja que per a la barreja amb ciment per a crear formigó com més neta és la sorra menys ciment fa falta i més econòmic resulta. Per tant s'acostuma a disposar d'una rentadora de sorra. Aquestes rentadores contenen una gelatina que aglutina la pols i deixa sortir la sorra neta.

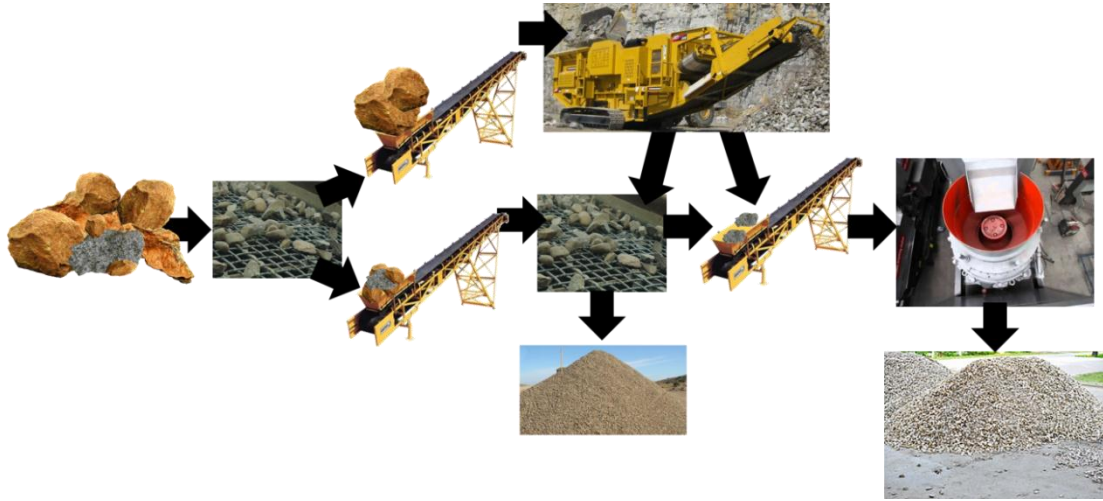


Figura A1.3. Esquema general d'una pedrera. Elements principals: roques, cintes transportadores, sedassos sel·leccionadors de diferents mides, trituradora, molins i rentdor de sorra.

Per tant la trituradora és un element principal a la pedrera, situada pràcticament a l'inici de la cadena.

#### A4. Justificació de la necessitat del producte

Com ja s'ha mencionat a l'inici del capítol les diferents varietats del producte que s'obté a les pedreres són de vital importància. Sense ells, matèria primera en la construcció, la nostra societat no disposaria de la base per a la creació de fonaments, paviments, estructures de construcció, vivendes, ferrocarrils, carreteres, esculleres, etc.

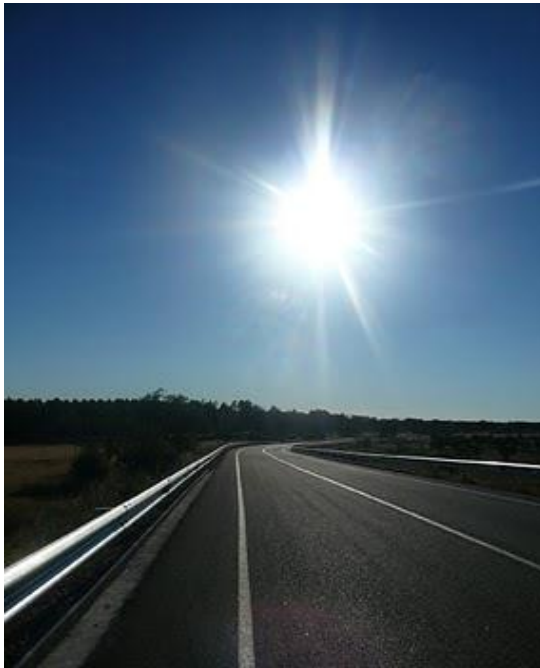






Figura A1.4. Els àrids són la matèria primera per a variades estructures imprescindibles en l'actual vida quotidiana.

I les múltiples aplicacions del formigó per a la construcció de molt diverses estructures amb aplicacions tant importants com el sincrotró Alba que fa avançar la ciència o famosos ponts que comuniquen ciutats.



Figura A1.5. Els àrids també són la matèria primera per a avançades estructures.

I és que les grans coses sempre es fonamenten en les coses més bàsiques. Per tant el disseny d'una màquina trituradora de mandíbula per a la seva utilització en un pedrera és de gran importància.