



PROCESSO DE FABRICO DE CIMENTO



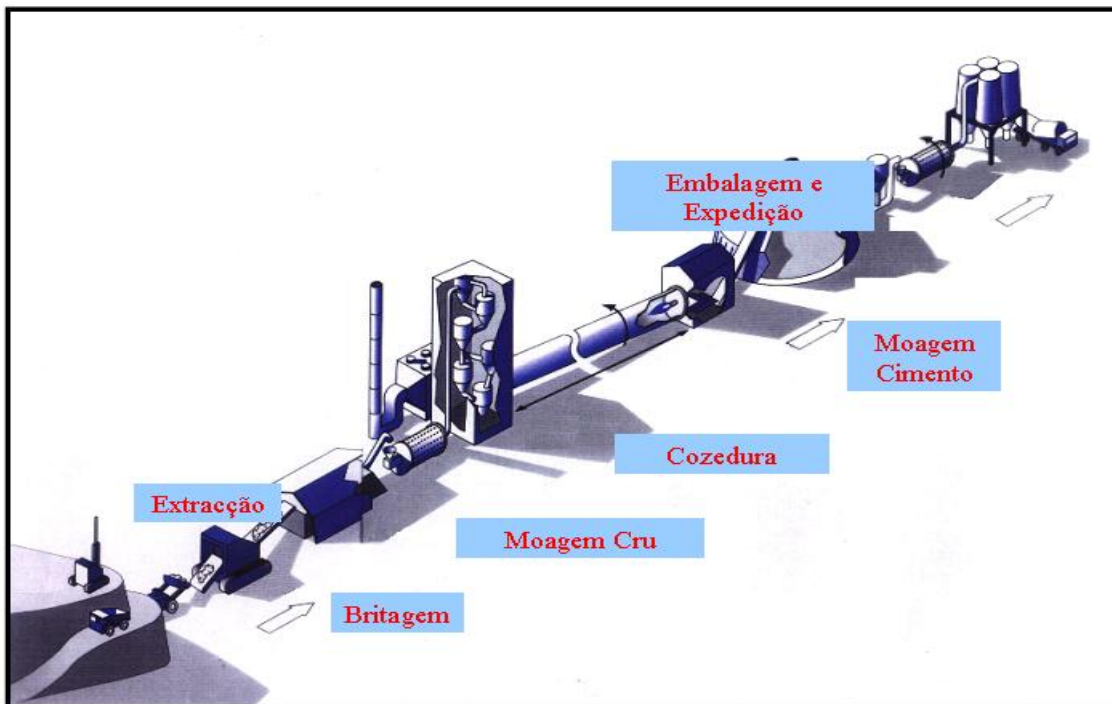
Índice

<u>Introdução</u>	2
<u>1</u> – Pedreiras	3
<u>2</u> - Furação e rebentamento	4
<u>3</u> - Britagem	5
<u>4</u> - Transporte do material britado	6
<u>5</u> - Ensilagem e pré-homogeneização	7
<u>6</u> - Moagem de cru	8
<u>7</u> - Diagrama da moagem de cru da linha IX	9
<u>8</u> - Transporte, ensilagem e homogeneização	10
<u>9</u> - Cozedura	11
<u>10</u> - Controlo do processo	12
<u>11</u> - Moagem de cimento	13
<u>12</u> - Tipos e controlo de qualidade do cimento	15
<u>13</u> - Embalagem	16
<u>13</u> - Expedição	17

Introdução

O processo de fabrico de cimento é feito através da exploração das matérias-primas de uma pedreira, as quais devem conter, em determinadas proporções, Cálcio, Sílica, Alumina e Ferro. Normalmente é necessário corrigir um ou dois destes elementos recorrendo-se a outras pedreiras ou ao mercado.

Ao extrair a pedra, habitualmente através de explosivos, pretende-se obter blocos com dimensão inferior a 0,5 m³. A matéria extraída é passada por um britador com o propósito de se obter material cuja dimensão seja inferior a 9 cm. Ao mesmo tempo que se efectua a redução, procura-se que a mistura dos materiais extraídos se aproxime da composição química desejada.



A seguir à fase da exploração da pedreira e da britagem do material existe uma moagem, denominada moagem de cru. A sua função é reduzir as matérias a uma finura elevada e fazer as correcções químicas necessárias à composição pretendida, caso não tenham ficado finalizadas ao nível da pedreira.

Depois da moagem de cru vem a operação de cozedura, através da qual surge, por reacções químicas complexas, um produto granulado denominado clínquer.

A etapa seguinte é a moagem de cimento, alimentada com clínquer (95%) e gesso (5%), cimento portland puro, onde se procura uma finura função da classe de resistência pretendida para o cimento.

Por último vem a ensilagem, a embalagem e a expedição.

Pedreiras

A pedreira do Outão é constituída pelas matérias-primas Calcário e Marga. O Calcário contém, essencialmente, cálcio e sílica, enquanto que a Marga, para além destes dois elementos, inclui ainda, alumina e ferro.



Calcário

Cada fábrica tem necessidade de correcções diferentes em função das pedreiras existentes. Por exemplo, no caso da fábrica do Outão, a sílica e o ferro têm que ser corrigidos. No entanto, há casos, embora raros, em que não é necessário correcção.

As correcções podem ser efectuadas por resíduos que contenham os elementos necessários, como é o caso da areia contaminada, utilizada em decapagens, na correcção da sílica.



Marga

Furação e rebentamento

O arranque da pedra é feito com explosivos, sendo necessário abrir furos onde são introduzidas as cargas explosivas. Estas são controladas pela medição das vibrações no solo provocadas pelas explosões.



Furos de 150 mm, malha de 4 x 4 m e altura de 22 m

A imagem à esquerda mostra uma máquina de furar para a colocação das cargas explosivas. Os materiais finos ao lado da máquina são resultantes da furação.

Na imagem à direita pode-se observar o material arrancado no momento de uma explosão.



Britagem

O britador de martelos tem o objectivo de reduzir, de 0,5 m³ para menos de 90 mm., a matéria extraída da pedreira.



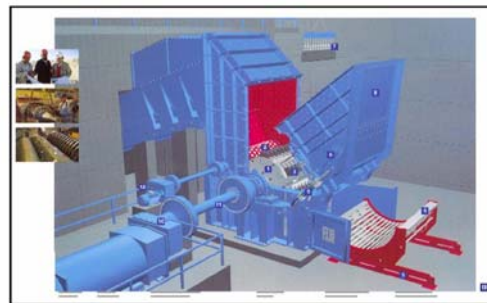
Local adequado para introdução de RIB's¹

As imagens de cima mostram a toldem onde os camiões de pedreira depositam o material arrancado por explosivos.



*Redução da Granulometria
1m³ – <90mm*

Na imagem da esquerda vêem-se os blocos de pedra a serem lançados de encontro aos martelos que rodam solidários com o rotor do britador.



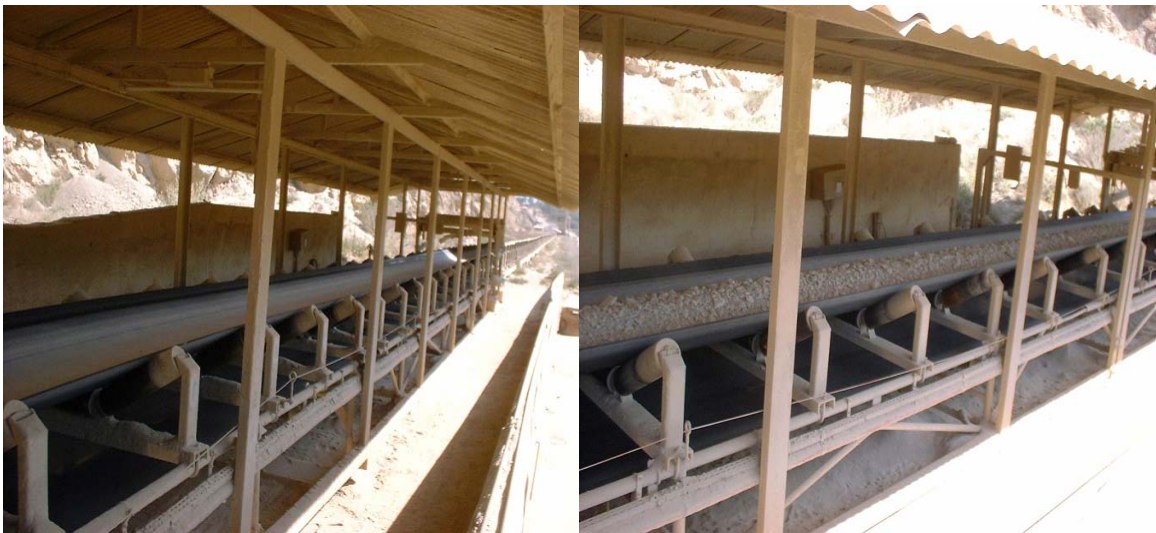
Interior de um britador

¹ RIB's – resíduos industriais banais

Transporte do material britado

O material britado é normalmente transportado para a fábrica por telas de borracha, sendo armazenado em silos verticais ou armazéns horizontais.

Normalmente as telas possuem detectores de metais que as fazem parar para que possam ser retirados. Estes metais, que podem ser peças das máquinas da pedreira, a prosseguirem nos circuitos provocariam danos nos moinhos de cru.



O trajecto entre o britador e os locais de armazenagem, numa extensão de 2245, é feito por cintas transportadoras em tela de borracha

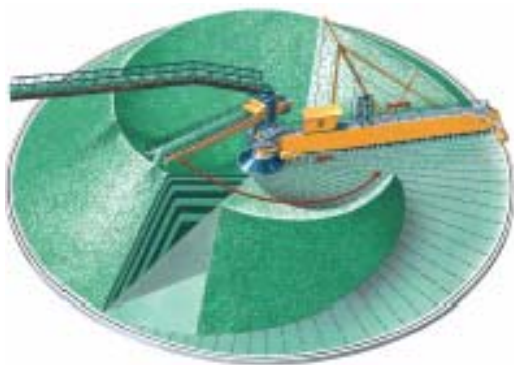
Ensilagem e Pré-Homogeneização

Os silos são depósitos que, para além da função armazenagem, têm o papel de homogeneizar o material, quer à entrada, quer à saída do mesmo. Há depósitos que conseguem que a relação entre o desvio padrão da composição química dos materiais à entrada e à saída seja de 10.



As imagens da esquerda mostram os silos verticais.

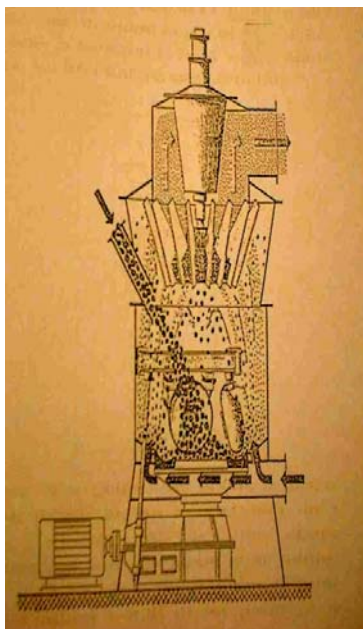
À direita pode-se ver um armazém horizontal que possui um factor de factor de homogeneização de 8.



Na imagem da esquerda vê-se o esquema de funcionamento do silo, com as diferentes camadas de material depositado à entrada. A máquina de extracção é um pente que ao cortar o monte transversalmente provoca a queda e a mistura dos materiais das várias camadas, homogeneizando-os.

Moagem de cru

Na moagem de cru procede-se à afinação da composição química e da moagem com a finura adequada à cozedura.



A imagem à esquerda mostra o percurso dos materiais no interior do moinho de cru.

A seta indica a entrada dos materiais no moinho. As setas a tracejado dão a indicação da entrada de gases quentes no interior do moinho, arrastando os materiais entretanto moídos, entre a mesa de moagem e os rolos, para o topo do moinho. Aqui o separador deixa passar o material fino e remete para nova moagem os materiais ainda grossos.

A imagem da direita mostra o interior de um moinho sem material, onde são visíveis os três rolos de moagem sobre a mesa, o separador no topo e as varas de tracção verticais que comprimem os rolos contra a mesa de moagem. Vê-se ainda o motor e o redutor que fazem girar a mesa de moagem.



Aspecto exterior de um moinho de cru vertical

Diagrama da moagem de cru da linha IX

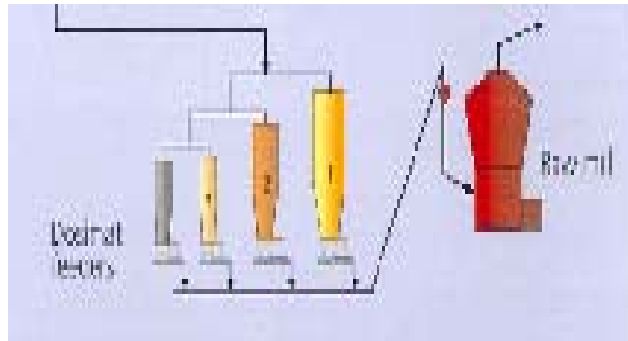


Aspecto exterior de um electrofiltro

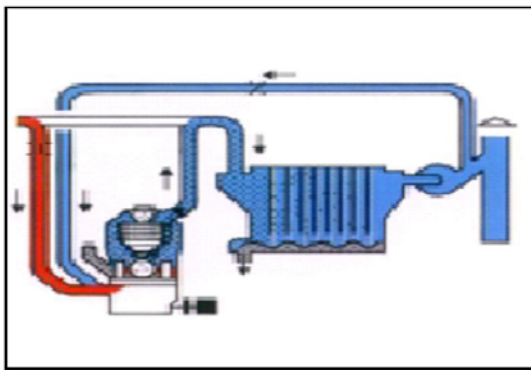
Os ventiladores da moagem de cru aspiram o ar exterior através do forno. Este ar, após o arrefecimento a 100 graus, é passado pelo interior do moinho, arrastando o material finamente moído, para o filtro, onde se faz a separação do material da corrente gasosa.

De seguida o material é encaminhado para o silo e a corrente gasosa para a chaminé. No interior do moinho há também um separador, cuja função é fazer retornar ao prato de moagem do moinho o material que ainda não tem a finura desejada.

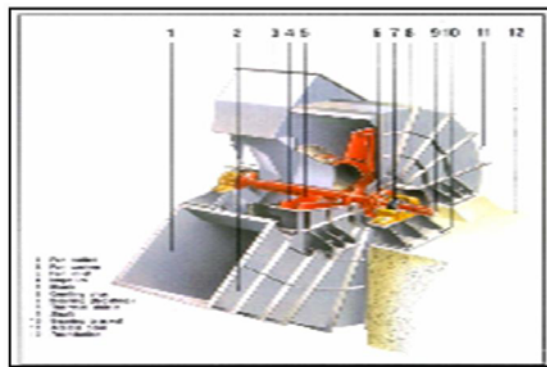
A alimentação dos moinhos de cru é também um local adequado à introdução de RIB's.



Silos de alimentação e o circuito para o moinho de cru



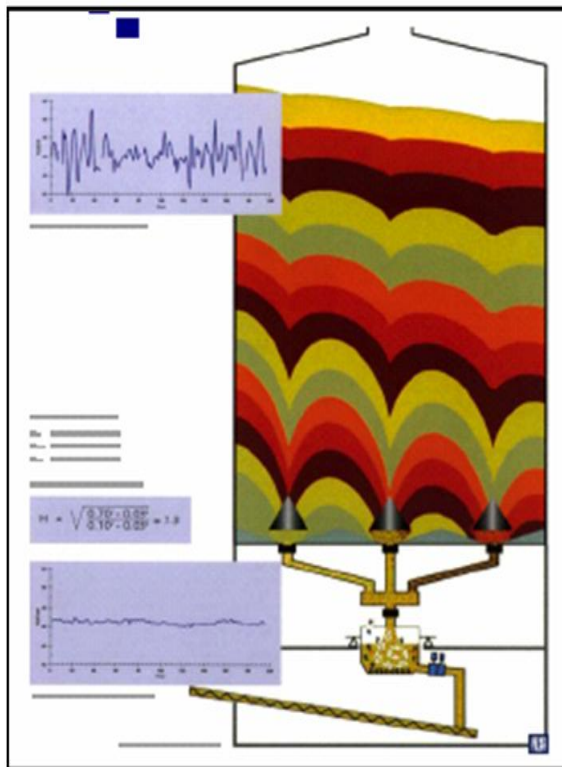
Circuito de gases e materiais moídos entre o moinho e o filtro (electrofiltro)



Interior de um ventilador

Transporte, ensilagem e homogeneização do cru

Os silos de armazenagem do material moído e farinha crua também têm a função de homogeneização, muito importante na poupança de combustível e na qualidade do clínquer.

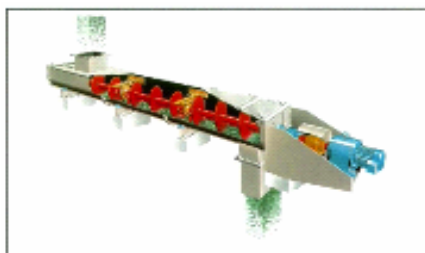


A imagem da esquerda mostra o interior do silo central com as várias camadas de material que se formam ao serem depositadas no centro do topo do silo.

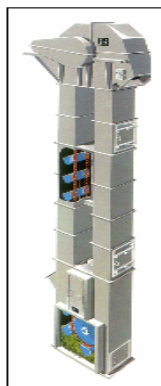
A extracção por várias vias no fundo do silo e de forma programada provoca uma homogeneização do material que se extrai.

O gráfico superior desta imagem mostra o desvio padrão da composição química à entrada e o gráfico inferior dá a indicação o desvio padrão à saída. O factor de homogeneização no caso deste silo chega a ser de 8 vezes.

A homogeneização da farinha que alimenta o forno é um factor determinante da qualidade do produto à saída do forno que é o clínquer.



Parafuso horizontal para o transporte da farinha



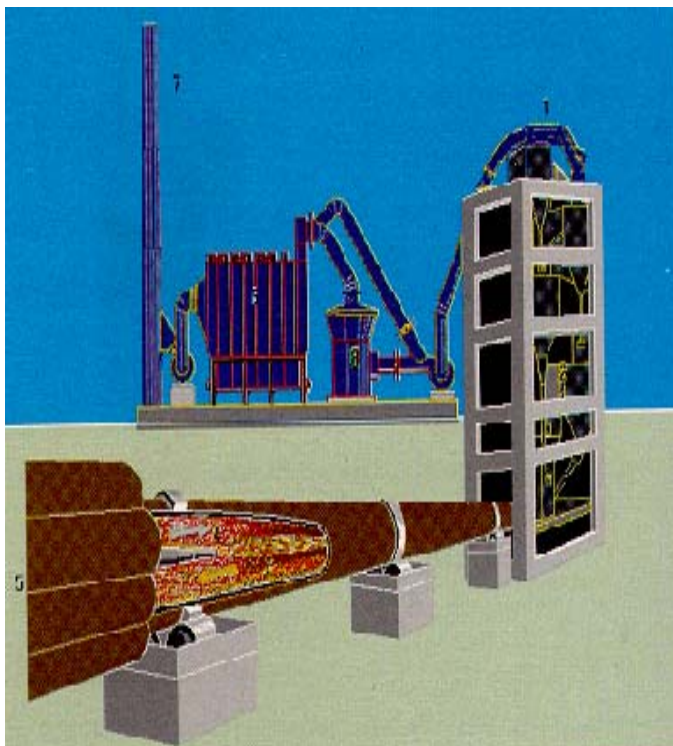
Elevador vertical para a elevação da farinha



Aspecto exterior de um silo de farinha

Cozedura

A alimentação do forno é feita através do topo da torre de ciclones, a montante do forno horizontal.



O forno e a torre são visíveis na figura à esquerda. O ventilador que se vê junto à torre de ciclones aspira o ar exterior através dos arrefecedores que se vêem a jusante do forno e que o circundam.

O ar frio que entra no arrefecedor acaba por arrefecer o clínquer que sai do forno e aquecer o ar. Assim, ao entrar no forno já não perturba muito a chama, atravessando o forno em sentido contrário ao do material.

De seguida sobe a torre de ciclones e ao longo do percurso vai-se fazendo a transferência do calor do ar para o material.

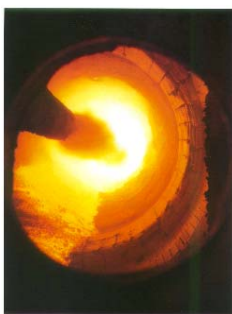
Na torre dá-se a descarbonatação do material e inicia-se a pré-calcinação do material.

No topo da torre a temperatura é de 400 °C e no fundo é de 900 °C. Por cada 1600 kg de material alimentado no topo apenas 1000 kg chegam ao fundo da torre. O restante material transforma-se em CO₂.

O material vai cozendo à medida que migra forno abaixo, pois este vai rodando a uma inclinação de 4%. A temperatura da chama é de 2000 °C e o material quando chega junto dela atinge 1500 °C.

À entrada dos arrefecedores, que possuem cerca de 20 metros de comprimento, o clínquer tem uma temperatura de 1200 °C. O clínquer acaba por arrefecer até aos 150 °C, passando o calor para o ar que entra.

Os fornos têm cerca de 80 metros de comprimento.



A imagem da esquerda mostra o interior do forno visto da porta a jusante e do centro dos arrefecedores. Pelo centro dos arrefecedores existe uma plataforma que dá acesso à porta do forno.

As imagens da direita mostram os aspectos exteriores do forno e da torre de ciclones.

A qualidade do clínquer é controlada pelo peso de um litro de material, pela cal livre, pela composição química e pelo aspecto dos cristais vistos ao microscópio.



Controlo do processo

O controlo do processo é efectuado pela determinação da composição química por raio x, quer da farinha crua, quer do clínquer, quer do cimento. A finura da farinha crua e do cimento também é um parâmetro de controlo.

O peso de litro e a cal livre são os parâmetros de controlo do clínquer. Estas análises são feitas sobre amostras recolhidas automaticamente e uniformemente ao longo do período de amostragem, que pode ser de 1, 2 ou 4 horas.

Hoje em dia já é possível fazer análises sobre o fluxo dos materiais, com resultados de minuto a minuto. Apesar de ser um processo muito caro, este começa a ser regra na indústria, dado o seu impacto na qualidade dos produtos.

Nesta indústria, como não é permitido o fabrico de produto não conforme, o controlo de qualidade está construído de forma a não poder haver falhas.

Como os produtos são granéis não é possível ir recolher um não conforme de dentro dum silo, onde está misturado com outro conforme. Terá que se rejeitar todo o silo, o que não é viável economicamente.



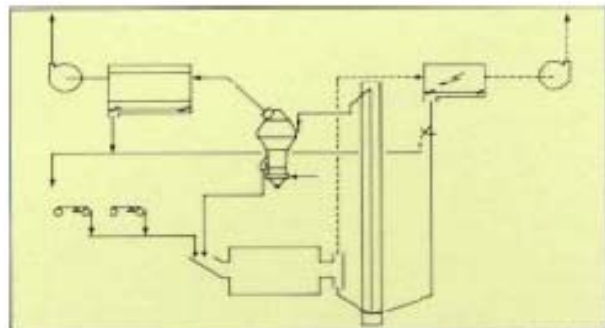
As imagens de cima mostram a determinação da composição química por espectrometria de raios x, da finura, do peso de litro e da cal livre para o controlo dos processos de fabrico do cru, clínquer e cimento.

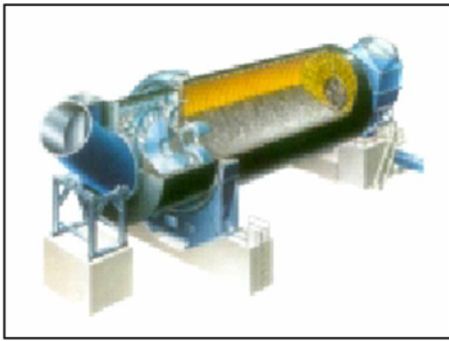
Moagem de cimento

O produto cimento é obtido através da moagem da mistura de clínquer, produto saído do forno, gesso, materiais alternativos como o calcário, cinzas volantes das centrais térmicas e escórias da siderurgia, e ainda por outros materiais com propriedades hidráulicas.

O tipo de cimento determina a composição da mistura, sendo quase sempre o clínquer maioritário.

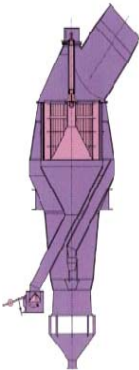
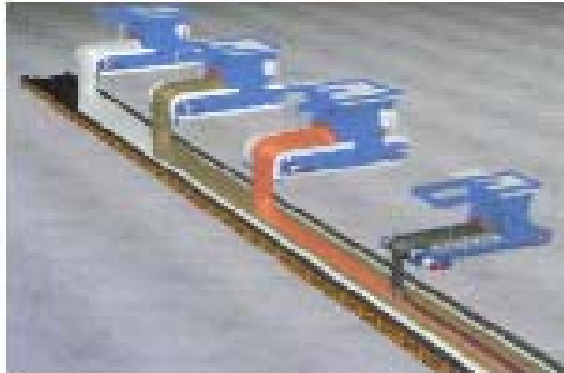
A imagem da direita mostra um diagrama de funcionamento de uma moagem de cimento, na qual se vê o moinho de bolas horizontal.





Na imagem da esquerda pode-se ver um moinho de bolas aberto. As bolas são esferas de aço que estão no meio do material a moer.

O moinho de bolas é alimentado por doseadores. Na imagem à direita estão representados quatro doseadores dos diferentes materiais de alimentação a um moinho.

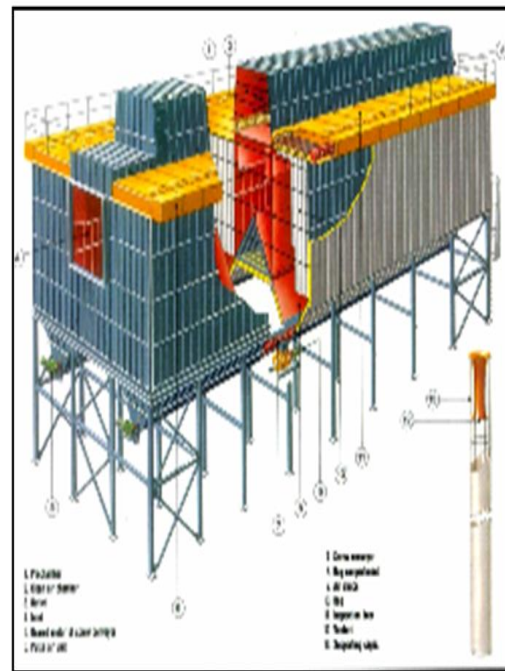


A mistura é moída pelo moinho e é transportada pelo elevador que introduz o cimento no separador.

Separador

Há dois circuitos de ar, um pelo interior do moinho e outro pelo interior do separador. Os dois circuitos são independentes e constituídos por um ventilador e um filtro de despoiramento.

O material que é introduzido no separador rege-se por dois processos diferentes, ou seja, se o cimento ficar com a finura desejada segue para o filtro de despoiramento e para os silos, constituindo o produto final, mas se o cimento ainda não tiver a finura desejada, volta ao moinho para nova moagem e segue o circuito já descrito.



Filtro de despoiramento de mangas

Tipos e controlo de qualidade do cimento

Tipos e Controlo de Qualidade do Cimento

- Portland I 32,5 R
- Portland I 42,5 R
- Portland I 52,5 R
- Portland II 32,5
- Portland II 42,5 R
- Portland IV 32,5
- Resíduo
- Blaine
- Baridade
- Tempo de Presa
- Expansibilidade
- Densidade
- Resistência Mecânica
- Análise Química



O tipo I é normalmente constituído por clínquer e gesso, enquanto que o tipo II já pode ter outro constituinte, embora numa proporção pequena (até 25%).

Os tipos III, IV e V poderão ter mais do que um constituinte, para além do clínquer e gesso, e em percentagens maiores (podem ir até 50%).

O número que aparece na designação é a classe de resistência do cimento. É medida pela força em Mega Pascals, necessária para partir um provete feito em cimento, com dimensões normalizadas.

Os parâmetros mostrados no slide são os que são utilizados para controlar o fabrico e a qualidade do cimento.

Embalagem

O cimento, após a moagem, é colocado nos silos, sob a forma de granel. A jusante dos silos, o cimento pode ser embalado em sacos de 25, 35, 40 ou 50 kg.

Os sacos podem ser agrupados em paletes de madeira ou em embalagens revestidas por manga plástica. Cada um destes produtos pode ter constituições que variam entre 35 e 50 sacos.



Máquina ensacadora



Carregamento de paletes de madeira com 35 sacos de 50kg

Na imagem à direita vê-se uma máquina paletizadora a agrupar os sacos e a plastificá-los. São pacotões de 44 sacos de 50 kg auto suportados por plástico.



Expedição



Cimento pronto a ser expedido

A expedição de cimento, tanto a granel como ensacado, pode ser feita pelo transporte rodoviário, ferroviário e marítimo.

Contudo, a expedição a granel já pode ser realizada através da modalidade de self-service, durante 24 horas por dia.



Cais privativo da fábrica Secil – Outão