TIPOS DE CEMENTOS

LA CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS SE PUEDE HACER SEGÚN DIFERENTES CRITERIOS.

LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS EN LAS QUE PUEDEN BASARSE DICHOS CRITERIOS PUEDEN SER:

(I).-LAS CLASES O CATEGORÍAS RESISTENTES (RESISTENCIAS MECÁNICAS MÍNIMAS O MEDIAS, USUALMENTE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS)

(II).-LOS TIPOS DE CEMENTO (CEMENTOS PORTLAND, CEMENTOS SIDERÚRGICOS, CEMENTOS PUZOLÁNICOS, CEMENTOS COMPUESTOS, ETC.)

(III).-LAS PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS ESPECIALES MÁS IMPORTANTES, POR EJEMPLO:

- **BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN**
- **RESISTENCIA FRENTE MEDIOS AGRESIVOS POR EJEMPLO SULFATOS**
- **RÁPIDO DESARROLLO DE RESISTENCIAS**





TIPOS DE CEMENTOS / NORMAS UNE

1.- Norma UNE-EN 197-1: 2000 - Cementos Comunes: Definiciones, Denominaciones, Designaciones, Composición, Clasificación y Especificaciones de los mismos

2.- Norma UNE 80303-1:2001- Cementos resistentes a los sulfatos

3.- Norma UNE 80303-2:2001- Cementos resistentes al agua de mar

4.- Norma UNE 80303-3:2001- Cementos de bajo calor de hidratación

5.- Norma UNE 80304:2001 - Cálculo de la Composición Potencial del Clinker Portland

6.- Norma UNE 80305: 2001- Cementos blancos. Esta norma está complementada con la Norma UNE 80117:2001 de Métodos de Ensayos (Físicos) de Cementos, para la Determinación del Color de los Cementos Blancos, la cual sustituye a la precedente norma experimental UNE 80117:87 EX

7.- Norma UNE 80307:2001- Cementos para usos especiales.

8.- Norma UNE 80309:94 - Cementos naturales. Definiciones, clasificación y especificaciones

9.- Norma UNE 80310:96 - Cementos de aluminato de calcio

10.- Norma UNE-ENV 413-1:95 - Cementos de albañilería: Especificaciones

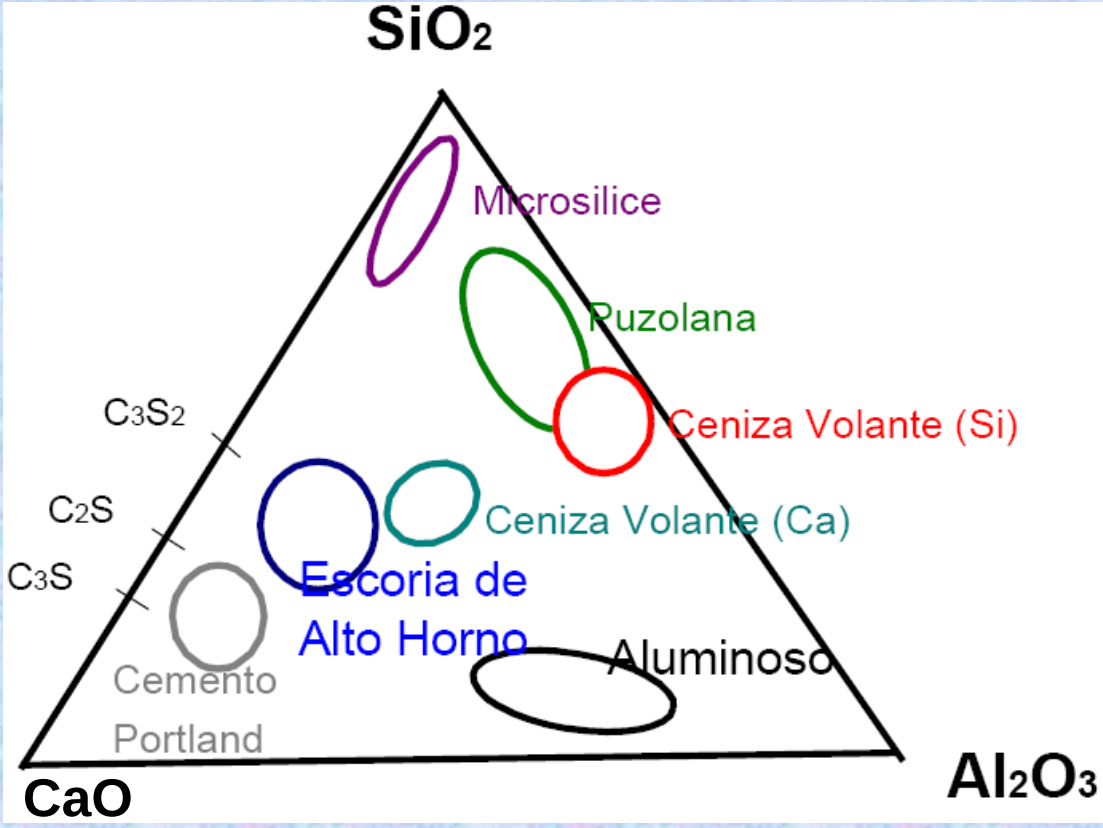
TIPOS DE CEMENTOS (Norma UNE-EN 197-1:2000)

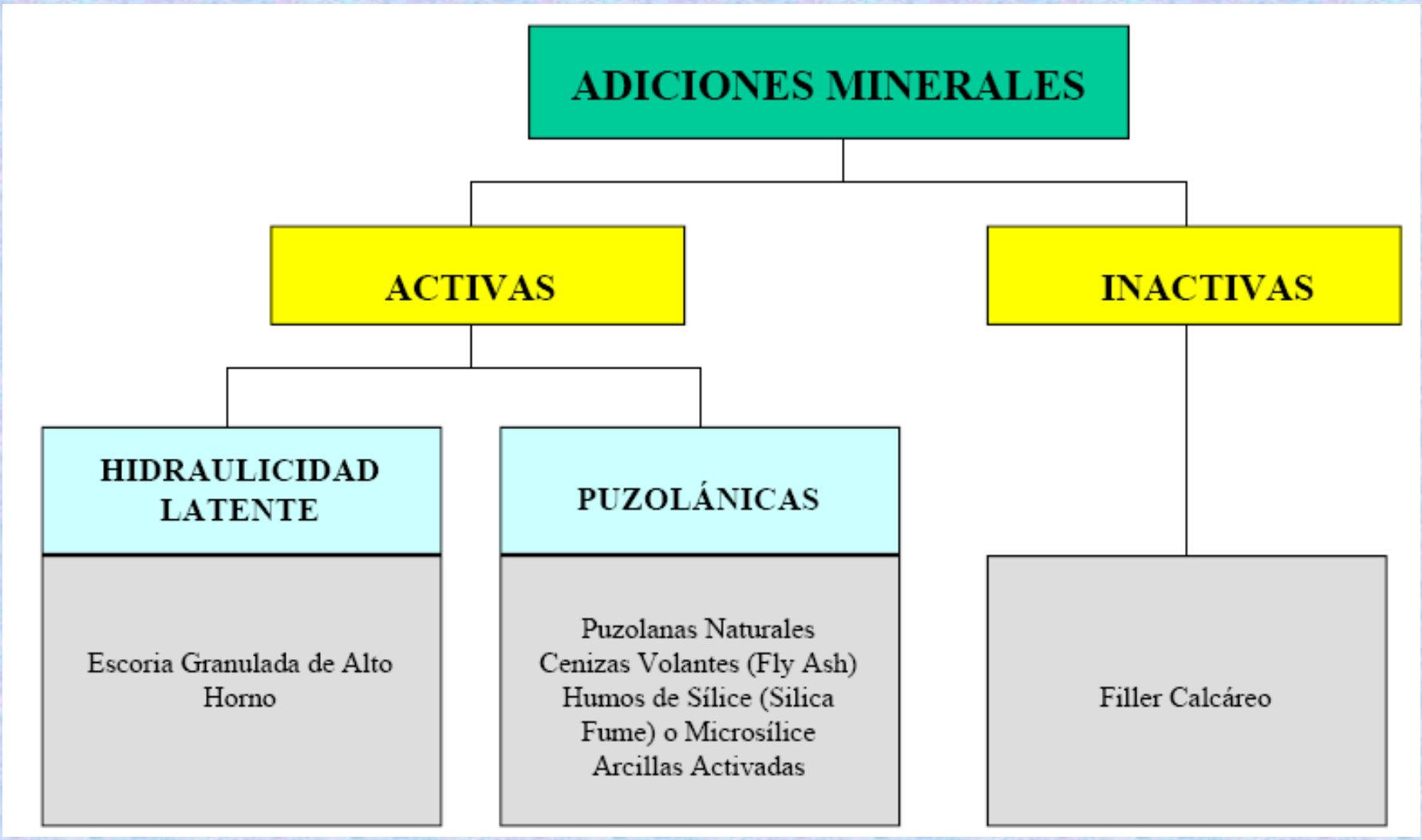
CRITERIO DE LOS "TIPOS DE CEMENTO"

Tipos de cemento	Denominaciones	Designaciones
I	Cemento Portland	CEM I
II	Cemento Portland con adiciones	CEM II
III	Cemento Portland con escorias de horno alto	CEM III
IV	Cemento puzolánico	CEM IV
V	Cemento compuesto	CEM V

Componentes adicionales, que acompañan al CLINKER

Adiciones	
Denominaciones	Designaciones
Escoria de horno alto	S
Humo de sílice	D
Puzolana natural	P
Puzolana natural calcinada	Q
Ceniza volante silícea	V
Ceniza volante calcárea	W
Esquisto calcinado	T
Caliza L	L
Caliza LL	LL





La ESCORIA GRANULADA DE ALTO HORNO es una adición mineral activa, que presenta la capacidad de hidratarse y formar productos C-S-H (silicatos de calcio hidratados): HIDRAULICIDAD LATENTE.

Esta última reacción necesita, para producirse con cierta velocidad, del ambiente altamente alcalino generado debido a la presencia de cal producida por la llamada hidratación primaria (del cemento)

TIPOS DE CEMENTOS

Tipos principales	Designación de los 27 productos (tipos de cementos comunes)		Composición (proporción en masa[1])										
			Componentes principales										Componentes minoritarios
			Clínker	Escoria de horno alto	Humo de sílice	Puzolana		Cenizas volantes		Esquistos calcinados	Caliza		
						natural	natural calcinada	silíceas	calcáreas				
			K	S	D[2]	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
CEM II	Cemento Portland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento Portland con humo de silice	CEM II/A-D	90-94	–	6-10	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento Portland con puzolana	CEM II/A-P	80-94	–	–	6-20	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-P	65-79	–	–	21-35	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	–	–	–	6-20	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	–	–	–	21-35	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento Portland con ceniza volante	CEM II/A-V	80-94	–	–	–	–	6-20	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-V	65-79	–	–	–	–	21-35	–	–	–	–	0-5
		CEM II/A-W	80-94	–	–	–	–	–	6-20	–	–	–	0-5
		CEM II/B-W	65-79	–	–	–	–	–	21-35	–	–	–	0-5
	Cemento Portland con esquisto calcinado	CEM II/A-T	80-94	–	–	–	–	–	–	6-20	–	–	0-5
		CEM II/B-T	65-79	–	–	–	–	–	–	21-35	–	–	0-5
	Cemento Portland con caliza	CEM II/A-L	80-94	–	–	–	–	–	–	–	6-20	–	0-5
		CEM II/B-L	65-79	–	–	–	–	–	–	–	21-35	–	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	–	–	–	–	–	–	–	–	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	–	–	–	–	–	–	–	–	21-35	0-5
	Cemento Portland mixto[3]	CEM II/A-M	80-94	<---------- 6-20 ---------->									0-5
		CEM II/B-M	65-79	<---------- 21-35 ---------->									0-5
CEM III	Cemento con escorias de horno alto	CEM III/A	35-64	36-65	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
CEM IV	Cemento puzolánico[3]	CEM IV/A	65-89	–	<---------- 11-35 ---------->					–	–	–	0-5
		CEM IV/B	45-64	–	<---------- 36-55 ---------->					–	–	–	0-5
CEM V	Cemento compuesto[3]	CEM V/A	40-64	18-30	–	<------- 18-30 -------->			–	–	–	–	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	–	<------- 31-50 -------->			–	–	–	–	0-5

1) Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios (núcleo de cemento).

2) El porcentaje de humo de sílice está limitado al 10%.

3) En cementos Portland mixtos CEM II/A-M y CEM II/B-M, en cementos puzolanicos CEM IV/A y CEM IV/B y en cementos compuestos CEM V/A y CEM V/B los componentes principales además del clínker deben ser declarados en la designación del cemento (véase el apartado 8).

TIPOS DE CEMENTOS

EXIGENCIAS FÍSICAS

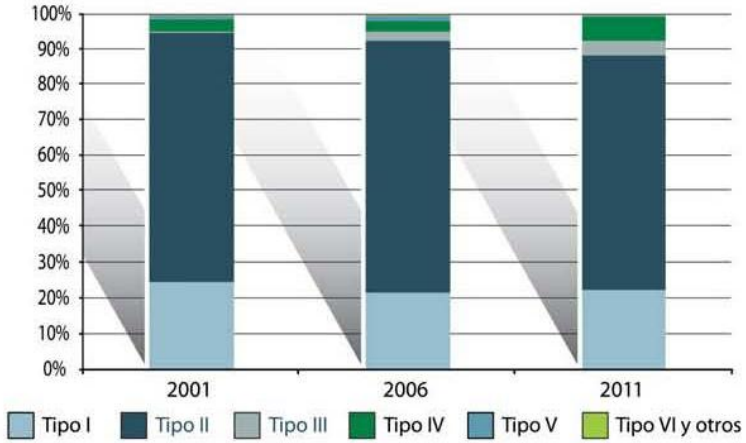
	Clase de resistencia	Resistencia a compresión MPa				Tiempo de principio de fraguado	Expansión en volumen
		Resistencia inicial		Resistencia normal			
		2 días	7 días	28 días		min	mm
MEDIA	32,5 N	–	≥16,0	≥32,5	≤52,5	≥75	≤10
MEDIA	32,5 R	≥10,0	–				
ALTA	42,5 N	≥10,0	–	≥42,5	≤62,5	≥60	
ALTA	42,5 R	≥20,0	–				
MUY ALTA	52,5 N	≥20,0	–	≥52,5	–	≥45	
MUY ALTA	52,5R	≥30,0	–				

LA RESISTENCIA INICIAL DE UN CEMENTO ES LA RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN A LOS 2 DÍAS O A LOS 7 DÍAS

PARA CADA CLASE DE RESISTENCIA NORMAL, SE DEFINEN DOS CLASES DE RESISTENCIAS INICIALES:

- **UNA CLASE CON RESISTENCIA INICIAL ORDINARIA, INDICADA POR N**
- **UNA CLASE CON RESISTENCIA INICIAL ELEVADA INDICADA POR R**

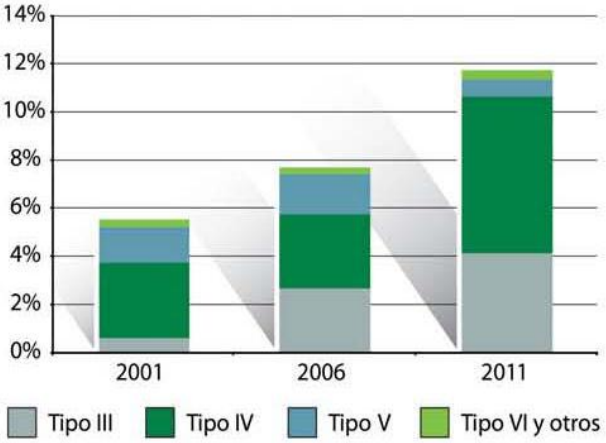
Evolución de la producción por tipos de cemento de las empresas asociadas a Oficémen



Fuente: Oficemen.

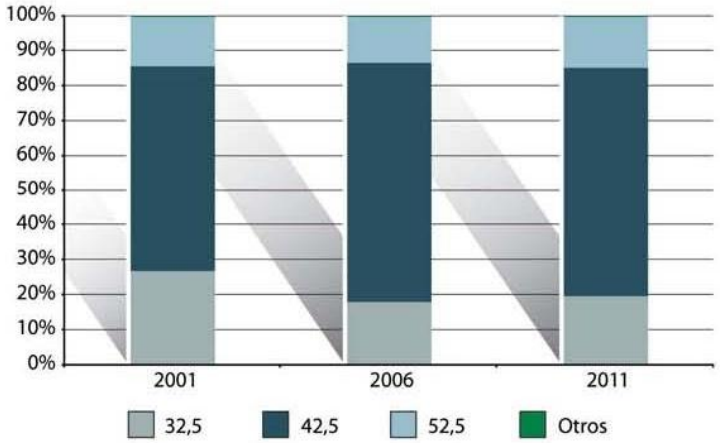
Desglose de tipos

III, IV, V, VI y otros



Fuente: Oficemen.

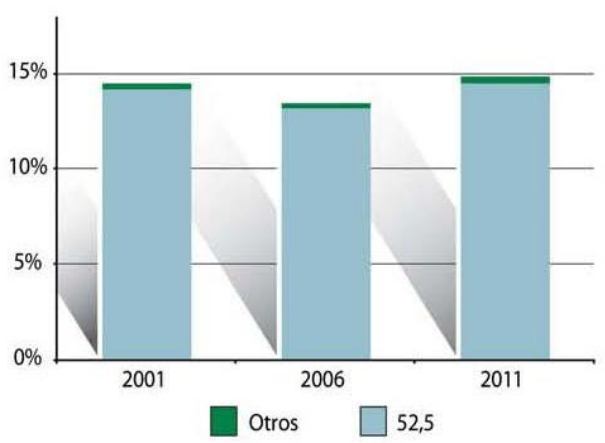
Evolución de la producción de cemento por clases resistentes de las empresas asociadas a Oficemen



Fuente: Oficemen.

Desglose de las clases resistentes

52,5 y otros



Fuente: Oficemen.

DESARROLLO DE RESISTENCIA

C_3S : Es el mayor contribuyente al desarrollo de la resistencia durante las primeras 4 semanas. 80% reacciona en los primeros 10 días.

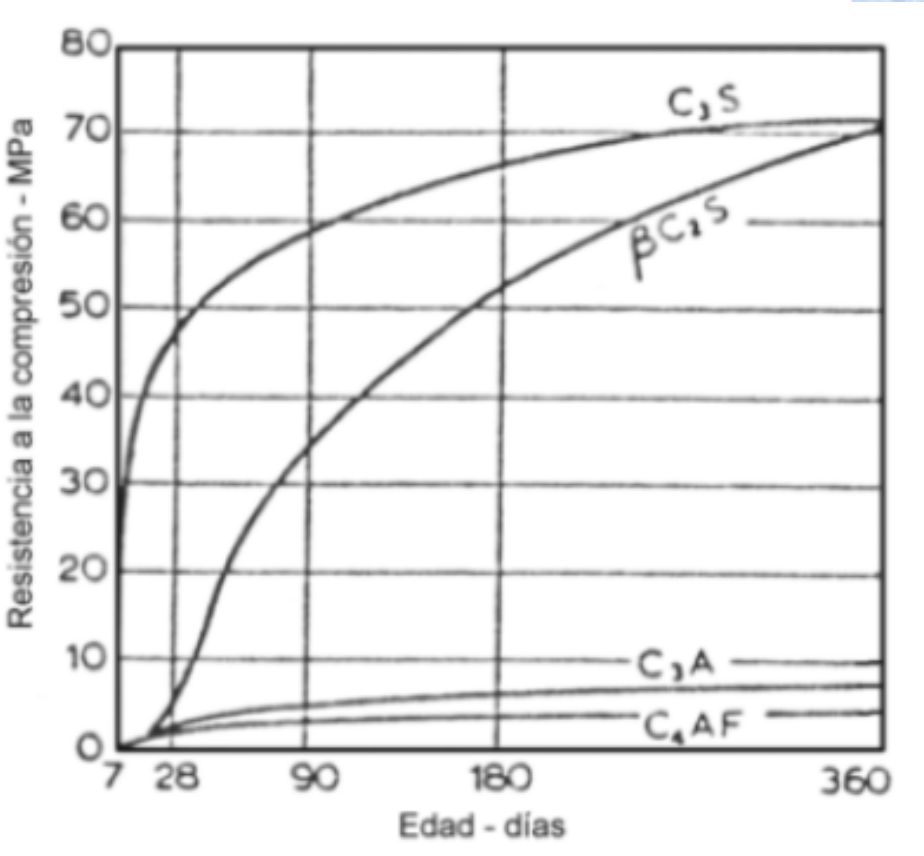
C_2S : Influye sobre el aumento en resistencia de la cuarta semana en adelante. 80% reacciona en 100 días.

A alrededor de 1 año de edad los dos componentes contribuyen aproximadamente en la misma medida en la resistencia final.

C_3A : Contribuye a la resistencia de la pasta del cementon del primer al tercer día. 80% reacciona en 6 días.

C_4AF :No tiene contribución apreciable en la resistencia. 80% reacciona en 50 días.

Desarrollo de resistencia de los componentes puros



RELACIÓN TIPO DE CEMENTO Y RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL TIPO DE HORMIGÓN

MORTEROS	32,5 N	CEM IIB / CEM IIB / CEM IVB /CEM V
HORMIGÓN < 20 N/mm2	32,5R / 42,5N	CEM IIB / CEM IIIB / CEM IVB / CEM V
HORMIGÓN ENTRE 20 Y 35 N/mm2	42,5 N / 42,5R	CEM I / CEM IIA / CEM IIIA / CEM IVA
HORMIGÓN DE MÁS DE 35 N/mm2	52,5N	CEM I / CEM IIA
"	52,5 R	CEM I

LA RESISTENCIA DE LOS MORTEROS Y HORMIGONES ES FUNCIÓN, ADEMÁS DE LA CATEGORÍA DE CEMENTO, DE LA CALIDAD DE LOS ÁRIDOS, DE LA RELACIÓN DE AGUA/CEMENTO, DEL EMPLEO DE ADITIVOS Y ADICIONES ESPECÍFICAS COMO EL HUMO DE SÍLICE....

EXIGENCIAS QUÍMICAS

1	2	3	4	5
Propiedades	**Ensayo de referencia**	**Tipo de cemento**	**Clase de resistencia**	**Exigencias[1)]**
Pérdida por calcinación	EN 196-2	CEM I CEM III	Todas	≤5,0 %
Residuo insoluble	EN 196-2[2)]	CEM I CEM III	Todas	≤5,0 %
Sulfato (SO_3)	EN 196-2	CEM I CEM II[3)] CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤3,5 %
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤4,0 %
		CEM III[4)]	Todas	
Cloruros	EN 196-21	Todos[5)]	Todas	≤0,10 %[6)]
Puzolanicidad	EN 196-5	CEM IV	Todas	Cumplir con el ensayo

1) Las exigencias se dan en porcentajes en masa del cemento final.
2) Determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico y carbonato de sodio.
3) El cemento tipo CEM II/B-T puede contener hasta el 4,5% de SO_3 para todas las clases de resistencia.
4) El cemento tipo CEM III/C puede contener hasta el 4,5% de SO_3.
5) El cemento tipo CEM III puede contener más de 0,10% de cloruros pero en tal caso, el contenido máximo se debe consignar en los envases y albaranes de entrega.
6) Para aplicaciones de pretensado, el cemento se puede fabricar de acuerdo con valores más bajos. Si es así, se debe reemplazar el valor de 0,10% por este valor, el cual se debe consignar en los albaranes de entrega.

PÉRDIDA POR CALCINACIÓN Y RESIDUO INSOLUBLE. Se realiza para controlar las adiciones, esto es, si se superan los valores de las especificaciones, lo cual significaría que se han añadido cantidades superiores a las permitidas

SULFATOS. Un exceso sobre los límites marcados puede producir la destrucción de los morteros y hormigones fabricados con ese cemento como consecuencia de reacciones expansivas (Reacción SULFATO-ALUMINATO)

CLORUROS. Una cantidad superior a la indicada genera corrosión en las armaduras.

PUZOLANICIDAD. Se controla que las puzolanas sean activas, esto es, que reaccione con la cal que se produce durante la hidratación del cemento.

Componentes Principales	Notación Química	Origen	Proporción (%)	Características
CaO (cal)	**C**	Carbonato de calcio (caliza)	60 - 67	- Componente principal - Prop. mecánicas aumentan con cantidad de cal - Cal libre, encima de ciertos límites, perjudica estabilidad de volumen
SiO_2 (sílice)	**S**	Arcillas	17 - 25	- Por combinación con la cal resultan los compuestos más importantes del cemento
Al2O3 (alúmina)	**A**	Arcillas	3 - 8	- Fundente - Acelera fraguado cemento - Reduce resistencia a los sulfatos
Fe_2O_3 (óxido de fierro)	**F**	Arcillas	0,5 - 6	- Fundente más enérgico - Junto con alúmina facilita producción comercial de cemento con alto % de cal sin tener cal libre
SO_3 (sulfatos)	**S**	Sulfato de calcio (yeso)	≤ 3	- Retarda fraguado - En exceso produce sulfoaluminato que perjudica estabilidad de volumen
MgO (Magnesia)		Caliza o arcilla	0,1 - 4	- En grandes cantidades actúa como expansivo
K_2O y Na_2O (álcalis)		Caliza o arcilla	0,2 - 1,3	- Fundente - Provee alcalinidad al hormigón - Acelerador fraguado - Reacción alcali-agregado (expansión)
TiO_2- MnO_3-P_2O_5				
Residuo insoluble		Impurezas yeso	≤ 0,5	- Medida adulteración cemento
Pérdidas al fuego			2	- Medida carbonatación e hidratación de cal y magnesio libre por exposición atmosférica
H_2O	**H**			

NOMENCLATURA DE LOS CEMENTOS

Ejemplos:

1. Un cemento portland conforme con la Norma UNE-EN 197-1, con clase de resistencia 42.5 y elevada resistencia inicial, se identificaría como:

   Cemento Portland UNE-EN 197-1 CEM I 42.5 R

2. Un cemento portland con escoria de horno alto S, subtipo B, con clase de resistencia 42.5 y resistencia inicial ordinaria tendría como identificación:

   Cemento Portland con Escoria UNE-EN 197-1 CEM II/B-S 42.5 N

3. Un cemento portland mixto conteniendo escoria de horno alto S, ceniza volante V y caliza LL, subtipo A, con clase de resistencia 32.5 y resistencia inicial elevada, se identifica como:

   Cemento Portland Mixto UNE-EN 197-1 CEM II/A-M (S-V-L) 32.5 R

4. Un cemento con escorias de horno alto S, subtipo C, con clase de resistencia 32.5 y resistencia inicial ordinaria se identifica así:

   Cemento con Escoria UNE-EN 197-1 CEM III/C 32.5 N

5. Un cemento puzolánico con humo de sílice D y puzolana natural P, subtipo A, con clase de resistencia 42. 5 y resistencia inicial ordinaria, se identificaría como:

   Cemento Puzolánico UNE-EN 197-1 CEM IV/A (D-P) 42.5 N

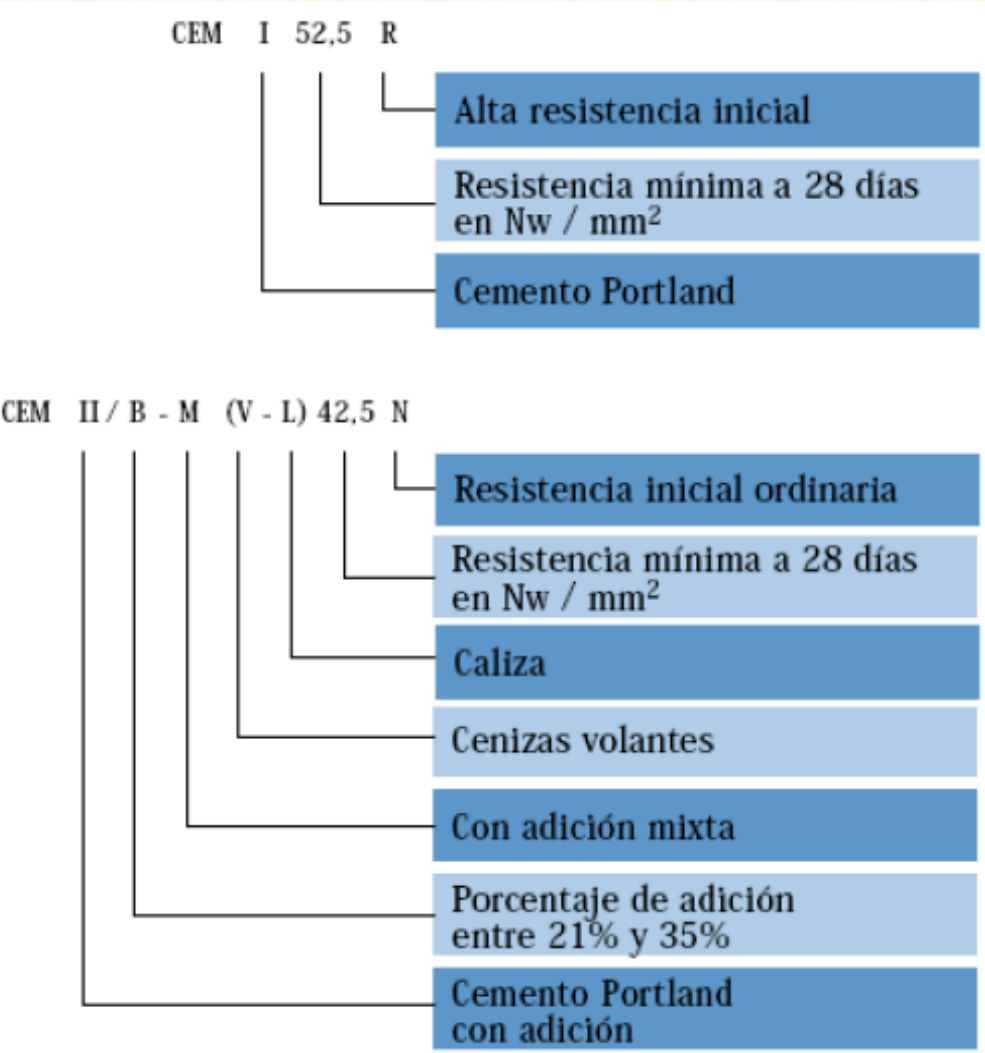
6. Un cemento compuesto con escoria de horno alto S y ceniza volante silícea V, subtipo A, con clase de resistencia 32.5 y resistencia inicial ordinaria tendría como identificación:

   Cemento Compuesto UNE-EN 197-1 CEM V/A (S-V) 32.5 N

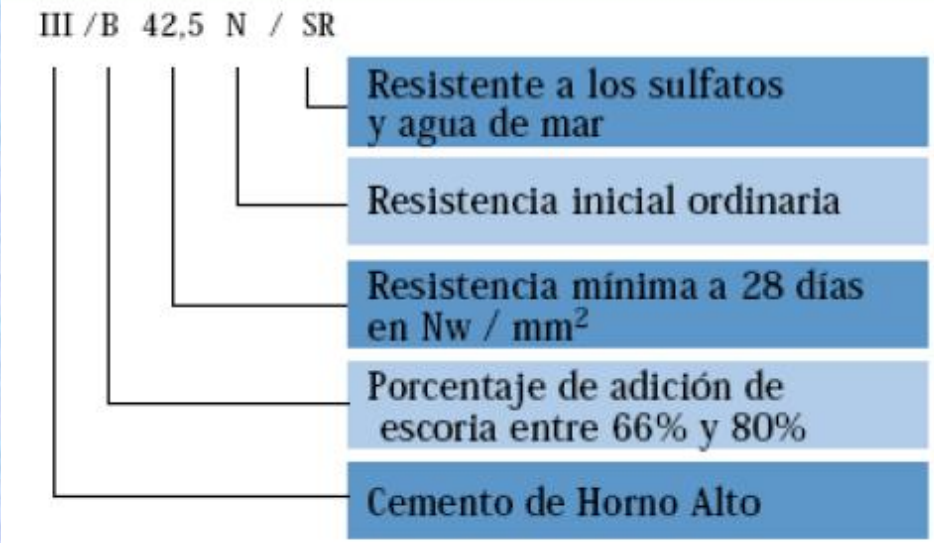


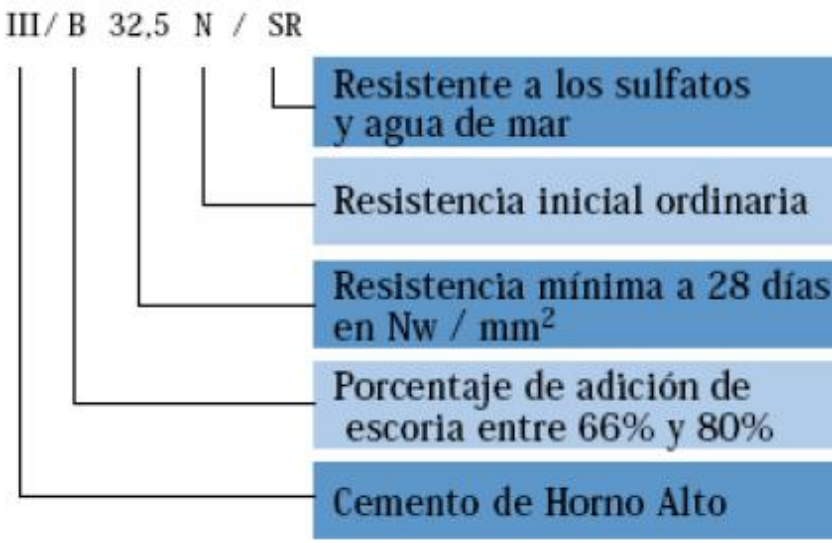


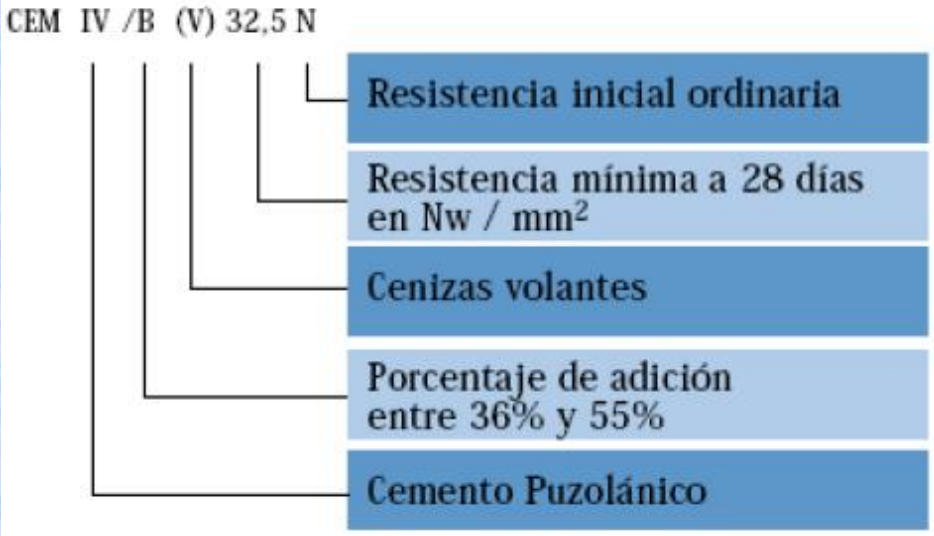
NOMENCLATURA DE LOS CEMENTOS



NOMENCLATURA DE LOS CEMENTOS





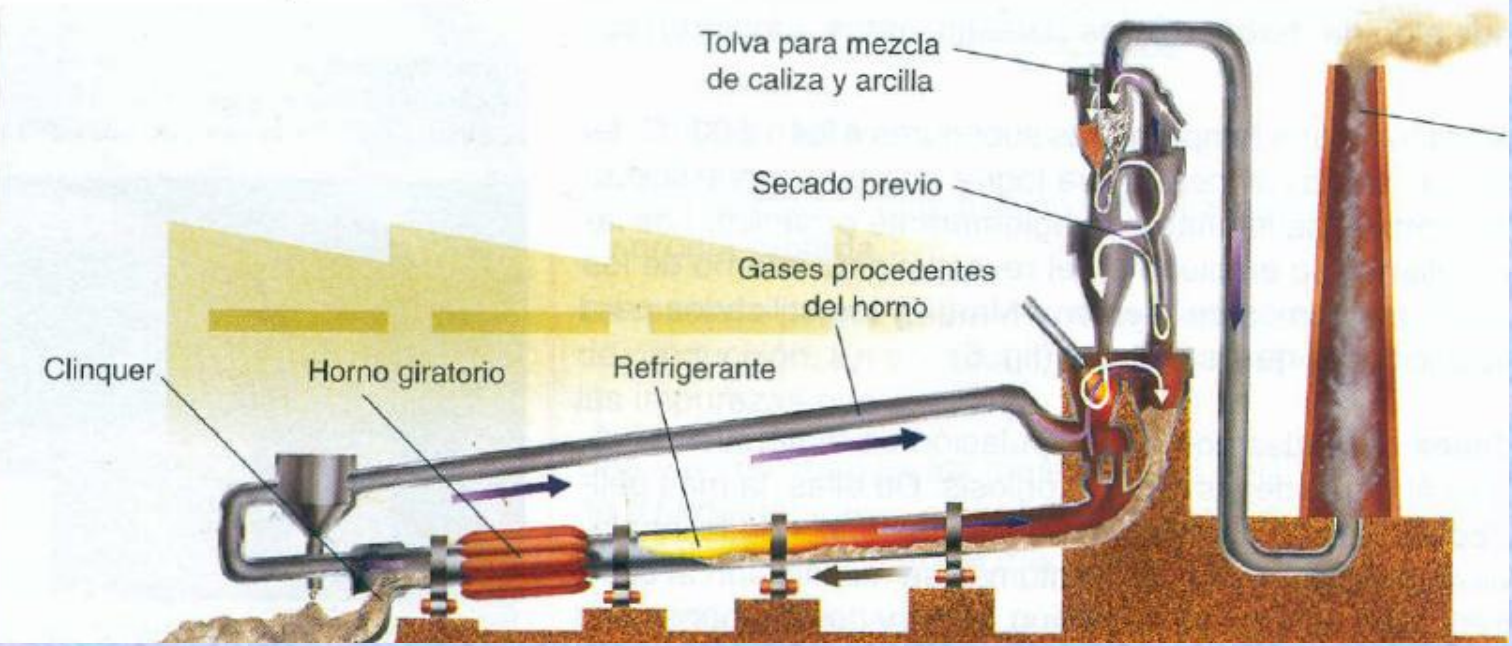


TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

CLINKER DE CEMENTO PORTLAND (K)

El clínker de cemento Portland es un material hidráulico que debe estar constituido por al menos $\frac{2}{3}$ de su masa de silicatos de calcio [$(CaO)_3.SiO_2$] y [$(CaO)_2.SiO_2$], conteniendo el resto combinaciones de óxido de aluminio ($A1_2O_3$), óxido de hierro (Fe_2O_3) y otros óxidos. La relación en masa $\frac{CaO}{SiO_2}$ no será menor de 2.0. El contenido de óxido de magnesio (MgO) no excederá del 5% en masa.





TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

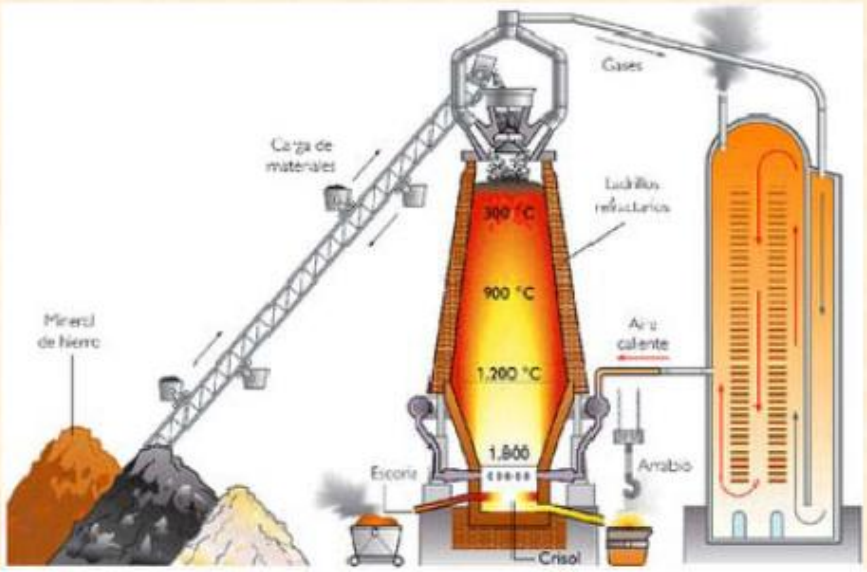
ESCORIA GRANULADA DE HORNO ALTO (S)

La escoria granulada de horno alto es un material hidráulico latente, es decir, que posee propiedades hidráulicas cuando se activa de manera adecuada. La escoria granulada de horno alto debe estar constituida por al menos $\frac{2}{3}$ en masa de la suma de CaO, MgO y SiO_2. El resto contiene Al_2O_3 junto con pequeñas cantidades de otros óxidos. La relación en masa:

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2}$$

de la escoria granulada de horno alto será superior a 1.

La escoria granulada de horno alto se obtiene por enfriamiento rápido de una escoria en estado de fusión de composición adecuada, procedente de la fusión del mineral de hierro en un horno alto y constituida al menos en dos tercios de su masa por escoria vitrea.



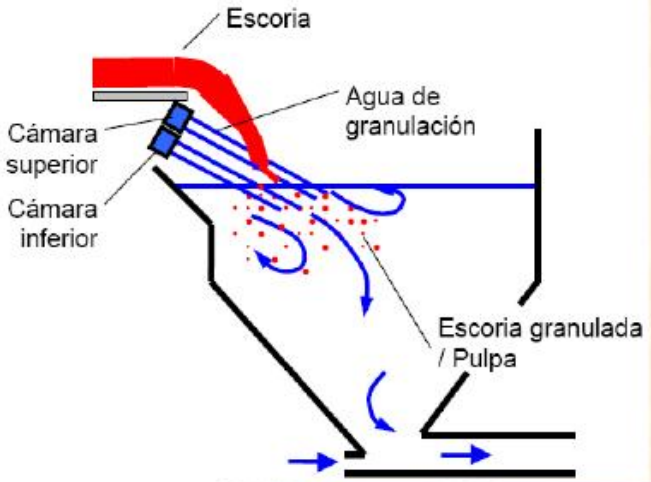


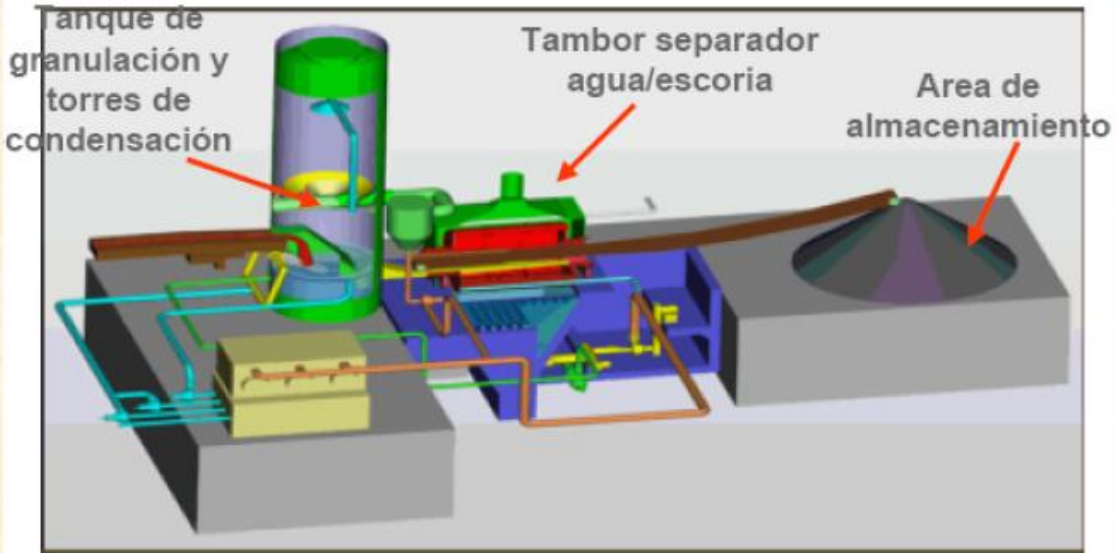
TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

ESCORIA GRANULADA DE HORNO ALTO (S)

Datos de diseño

- Caudal de escoria
  (max.): 6 t/min.
  (pico menor de 1 min.): 10 t/min.
- Temperatura de escoria: 1500 °C
- Cabeza de granulación Cámara Superior
  - Caudal del agua: 1300 m3/h
    (bomba de granulación)
  - Temperatura de entrada: ≤ 45°C
  - Presión en la cabeza de granulación: 2 bar
- Cabeza de granulación Cámara Inferior
  - Caudal del agua: 1300 m3/h
    (agua recuperada de la condensación)
  - Temperatura de entrada: ≤ 85°C
  - Presión en la: 0.5 bar







TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

MATERIALES PUZOLÁNICOS (P y Q)

Los materiales puzolánicos son sustancias naturales o industriales de composición silícea o silicoaluminosa, o una combinación de ambas.

Aunque las CENIZAS VOLANTES Y EL HUMO DE SÍLICE tienen propiedades puzolánicas, estos materiales están contemplados en otros apartados.

Los materiales puzolánicos no endurecen por si mismos cuando se amasan con agua, pero finamente molidos y en presencia de agua reaccionan, a la temperatura ambiente, con el hidróxido de calcio disuelto [$Ca(OH)_2$] y forman compuestos de silicato de calcio y aluminato de calcio capaces de desarrollar resistencia.

ESTOS COMPUESTOS SON SIMILARES A LOS QUE SE FORMAN DURANTE EL ENDURECIMIENTO DE LOS MATERIALES HIDRÁULICOS.

TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

MATERIALES PUZOLÁNICOS (P y Q)

Las puzolanas constarán esencialmente de SÍLICE REACTIVA SIO_2 y óxido de aluminio Al_2O_3. El resto contiene Fe_2O_3 y otros óxidos.

La proporción de OXIDO DE CALCIO REACTIVO (CAO) es de poca importancia para el endurecimiento.

El contenido de dióxido de silicio reactivo (SiO_2) no será menor del 25.0 % en masa.

El óxido de calcio reactivo (CaO) es aquel que en condiciones normales de endurecimiento, puede formar silicatos de calcio hidratados o aluminatos de calcio hidratados. Para evaluar esta proporción, se le restará al contenido total de CaO la parte calculada como carbonato de calcio ($CaCO_3$) sobre la base del contenido en dióxido de carbono (CO_2), y la parte calculada como sulfato de calcio ($CaSO_4$,) sobre la base del contenido en trióxido de azufre (SO_3), sin tener en cuenta el SO_3 combinado con los álcalis, formando sulfatos alcalinos.

$$CaO_{REACTIVO} = CaO_{TOTAL} - CaO_{CaCO_3(CO_2)} - CaO_{CaSO_4(SO_3)}$$

El dióxido de silicio (SiO_2) reactivo se define como la proporción de SiO_2, que después de la disolución ácida con ácido clorhídrico (HCl) se disuelve cuando se lleva a ebullición en una disolución de hidróxido de potasio (KOH). La cantidad de SiO_2 reactivo se determina restando del SiO_2, total el SiO_2 contenido en el RESIDUO INSOLUBLE, después de los ataques anteriores, estando ambos referidos a muestra seca.

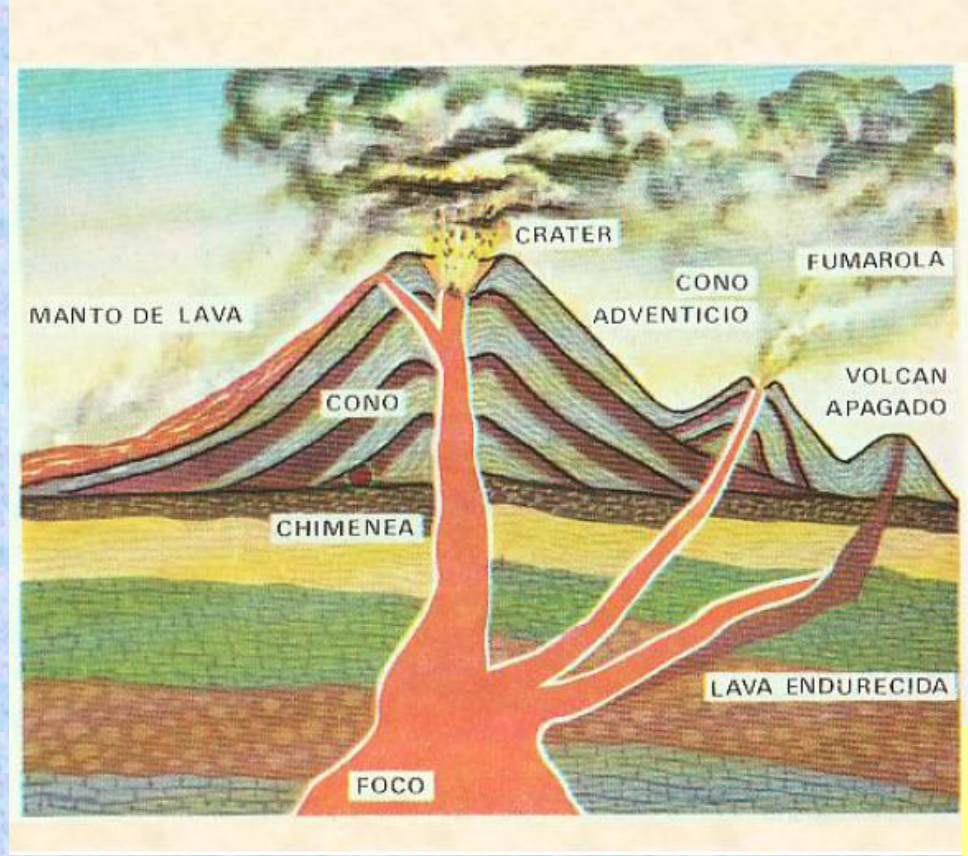
$$SiO_{2(REACTIVO)} = SiO_{2(TOTAL)} - SiO_{2(RESIDUO\ INSOLUBLE,\ DESPUÉS\ DE\ DISOLUCIÓN\ CON\ HCl\ y\ KOH)}$$

TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

MATERIALES PUZOLÁNICOS (P y Q)

Puzolana natural (P). **Las puzolanas naturales son normalmente materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias con composición química y mineralógica adecuadas. La proporción de CaO reactivo de la puzolana natural es insignificante.**

Puzolana natural calcinada (Q). **Las puzolanas naturales calcinadas son materiales de origen volcánico, arcillas, esquistos o rocas sedimentarias activadas por tratamiento térmico, y conformes con la definición dada anteriormente**





Ceniza volcánica

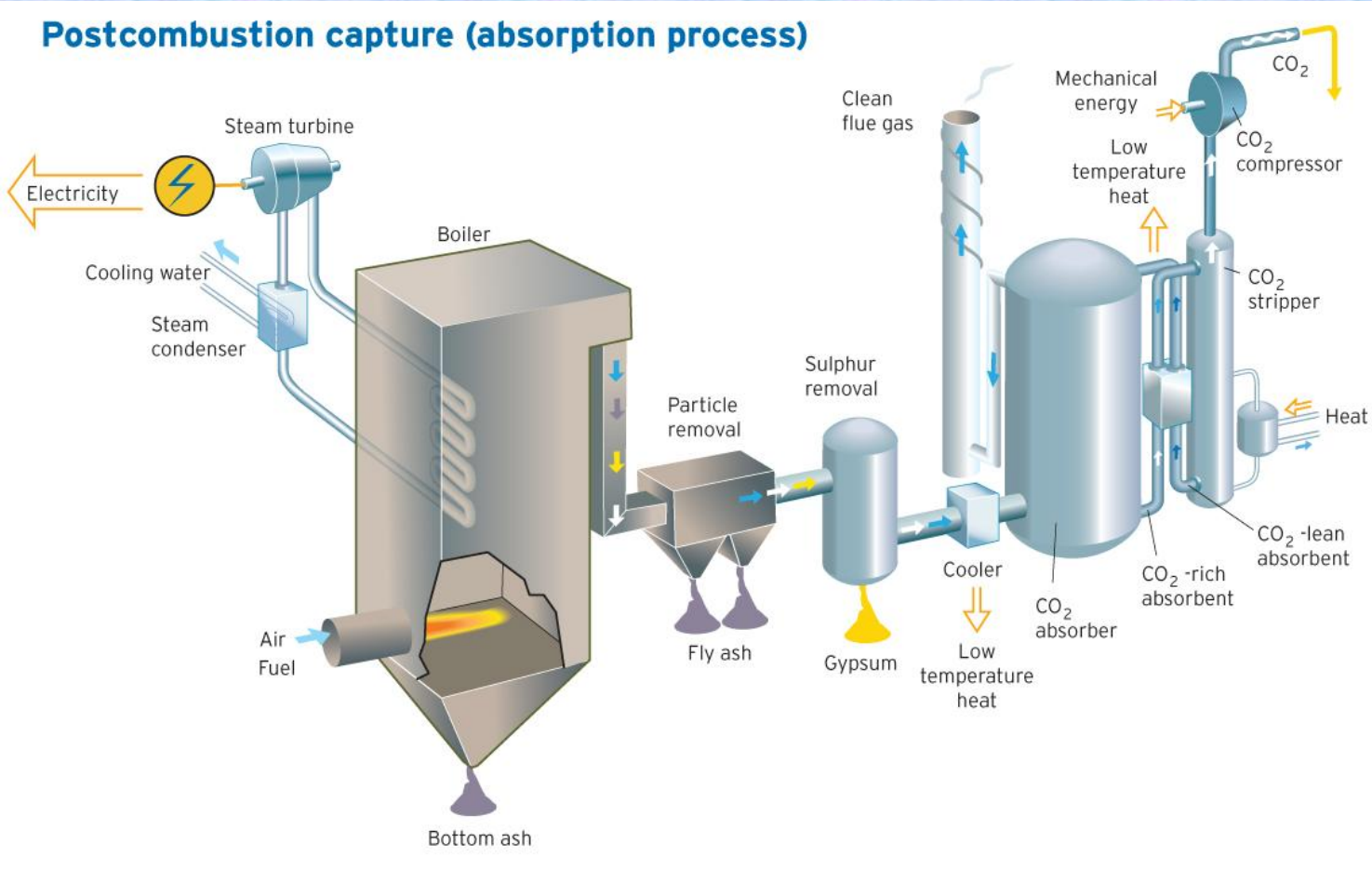
TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

CENIZAS VOLANTES (V y W)

Durante la combustión de carbón pulverizado en las modernas plantas termoeléctricas, cuando el carbón pasa por la zona de alta temperatura de la caldera (1500 ± 200 ºC) el carbón y las materias volátiles se queman, mientras que la mayor parte de las impurezas del carbón, como las arcillas, los feldespatos, etc., funden quedando como residuo.

La materia fundida es rápidamente transportada a zonas de baja temperatura solidificando en forma de partículas esféricas. Debido al enfriamiento rápido se produce su vitrificación

Parte de estas partículas aglomeran formando las cenizas de fondo, pero en su mayor parte son arrastradas por los gases de combustión formando lo que se denominan cenizas volantes, que posteriormente son eliminadas de los gases mediante los separadores electrostáticos



TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

CENIZAS VOLANTES (V y W)

Las cenizas volantes pueden ser de naturaleza SILICEA o CALCÁREA.

Las primeras tienen propiedades puzolánicas y las segundas pueden tener, además, propiedades hidráulicas. La perdida por calcinación de las cenizas volantes determinada conforme a la Norma Europea EN 196-2, pero empleando un tiempo de calcinación de 1 h, no excederá del 5.0 % en masa.

Las cenizas volantes con perdida por calcinación del 5.0 % al 7.0 % en masa también se pueden aceptar con la condición de que se cumplan las exigencias particulares de durabilidad, principalmente en lo que concierne a la resistencia al hielo, y la compatibilidad con los aditivos, conforme a las normas o reglamentos en vigor para hormigones o morteros en los lugares de utilización.

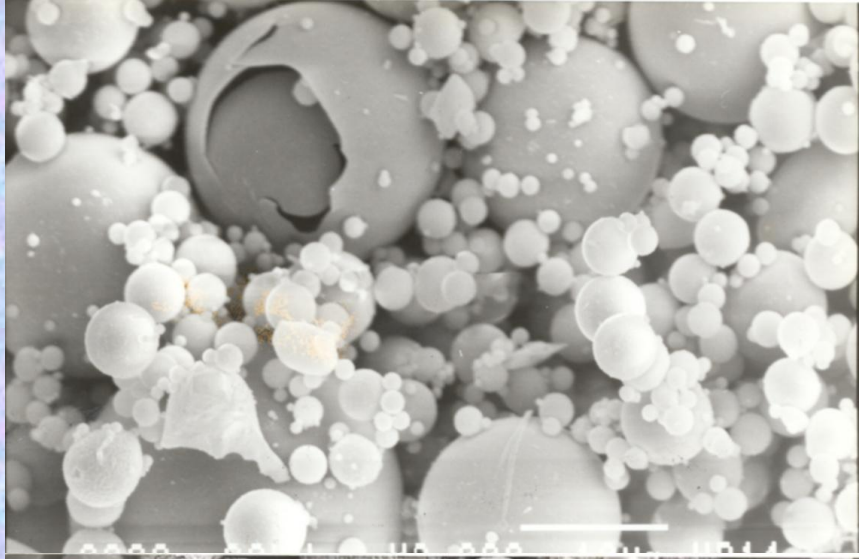
En el caso de cenizas volantes con perdida por calcinación entre el 5.0 % y el 7.0 % en masa, el limite máximo del 7.0 % se deberá indicar sobre el envase y/o en los albaranes.

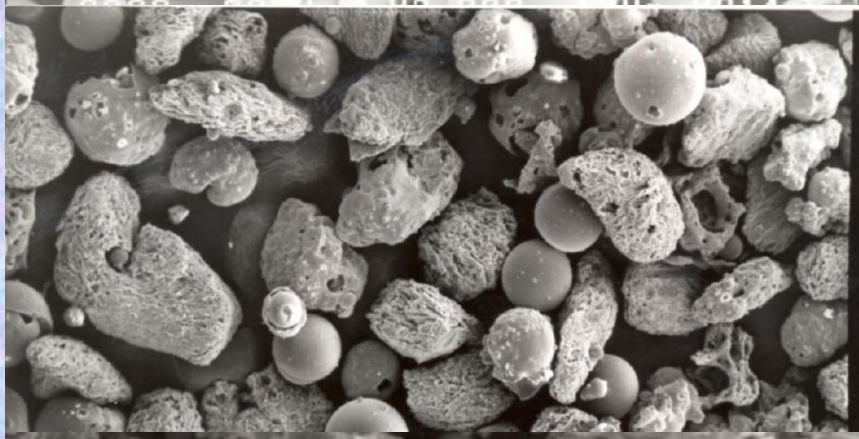
TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

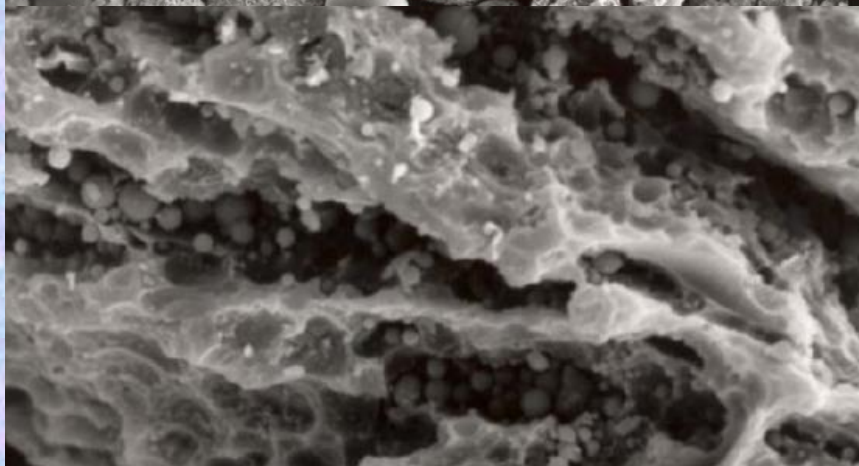
CENIZAS VOLANTES SÍLICEAS (V)

La ceniza volante es un polvo fino constituido esencialmente de partículas esféricas vitrificadas que presenta propiedades puzolánicas. Consta esencialmente de SiO_2 reactivo y Al_2O_3. El resto contiene Fe_2O_3 y otros óxidos. La proporción de CaO reactivo será menor del 10,0% en masa. El contenido de fase vítrea ha de ser al menos 2/3 de su masa. El contenido de dióxido de silicio (SiO_2) reactivo no será inferior al 25% en masa

La proporción de oxido de calcio reactivo será menor del 10.0 % en masa y el contenido de oxido de calcio libre, determinado por el método descrito en la Norma Europea EN 451-1, no excederá del 1.0 % en masa. Las cenizas volantes que tienen un contenido de oxido de calcio libre superior al 1.0 % en masa, pero inferior al 2.5 % en masa también son aceptables con la condición de que el requisito de la expansión (estabilidad) no sobrepase los 10 mm cuando se ensaye según la Norma Europea EN 196-3, usando una mezcla de un 30 % en masa de ceniza volante silicea y un 70 % en masa de un cemento tipo CEM I conforme a dicha norma.







TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

CENIZAS VOLANTES CÁLCAREAS (W)

La ceniza volante calcárea es un polvo fino que tiene propiedades hidráulicas y/o puzolánicas. Consta esencialmente de oxido de calcio reactivo (CaO), dióxido de silicio reactivo (SiO_2) y oxido de aluminio (Al_2O_3). El resto contiene oxido de hierro (Fe_2O_3) y otros compuestos.
La proporción de oxido de calcio reactivo no será menor del 10.0 % en masa.

Las cenizas volantes calcáreas conteniendo entre el 10.0 % y el 15.0 % en masa de oxido de calcio reactivo tendrán un contenido no inferior al 25.0 % en masa de dióxido de silicio reactivo.

Adecuadamente molidas, las cenizas volantes calcáreas con mas del 15.0% en masa de oxido de calcio reactivo, tendrán una resistencia a compresión de al menos 10.0 MPa a 28 días cuando se ensayen conforme a la Norma Europea EN 196-1. Antes de ser ensayada, la ceniza volante será molida y la finura, expresada como la proporción en masa de la ceniza retenida sobre el tamiz de 40 micras, siendo tamizada en húmedo, estará entre el 10 % y el 30 % en masa.

El mortero para ensayo deberá estar preparado solo con ceniza volante calcárea molida, en lugar de cemento. Las probetas del mortero se deben desmoldar 48 horas después de su preparación y curar en una atmósfera con una humedad relativa de al menos 90 % hasta el ensayo.

La expansión (estabilidad) de las cenizas volantes calcáreas no sobrepasara los 10 mm cuando se ensaye conforme a la Norma Europea EN 196-3, usando una mezcla de un 30 % en masa de ceniza volante calcárea molida como se ha descrito anteriormente, y un 70 % en masa de un cemento tipo CEM I conforme a dicha norma.

Si el contenido de sulfato (SO_3) de la ceniza volante excede del límite superior permitido para el contenido de sulfato del cemento, esto debe tenerse en cuenta por el fabricante del cemento, reduciendo convenientemente los constituyentes que contienen sulfato de calcio.

TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

OTRAS PUZOLANAS ARTIFICIALES

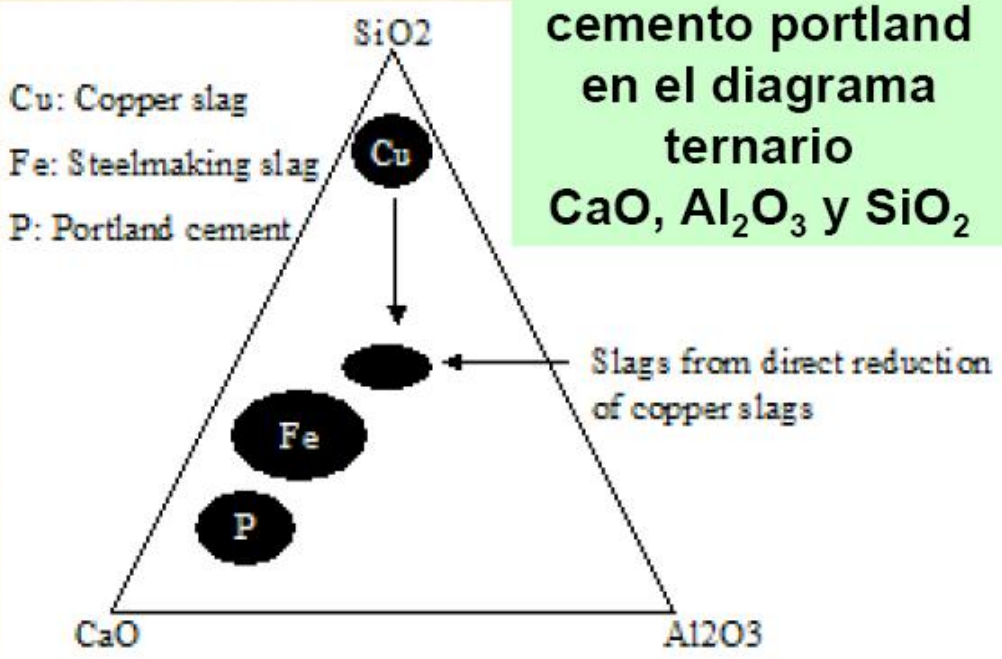
Otras PUZOLANAS ARTIFICIALES son las escorias de la metalurgia del cobre, cinc y plomo y de las ferroaleaciones y deben cumplir las siguientes especificaciones:

(a).-Su contenido en sílice reactiva no debe ser inferior al 25 %

(b).-No contener sustancias nocivas en proporciones tales que puedan afectar desfavorablemente a las propiedades y comportamientos de los conglomerados de cemento frescos y endurecidos, por acciones de tipo físico y químico (Hidraulicidad, trabajabilidad, retención de agua, capilaridad, permeabilidad, retracción, fisuración, corrosión de armaduras, demanda de agua, etc.).



Composición de escorias y cemento portland en el diagrama ternario CaO, Al_2O_3 y SiO_2



TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

ESQUISTO CALCINADO (T)

El esquisto calcinado, particularmente el bituminoso, se produce en un horno especial a temperaturas de aproximadamente 800 °C. Debido a la composición del material natural y al proceso de producción, el esquisto calcinado contiene fases del clinker, principalmente silicato bicalcico y aluminato monocalcico. También contiene, además de pequeñas cantidades de oxido de calcio libre y de sulfato de calcio, mayores proporciones de óxidos puzolánicamente reactivos, especialmente SiO_2.

En consecuencia, en estado finamente molido el esquisto calcinado presenta propiedades hidráulicas pronunciadas, como las del cemento Portland, así como propiedades puzolánicas.

Adecuadamente molido, el esquisto calcinado deberá tener una resistencia a compresión de al menos 25.0 MPa a 28 días, cuando se ensaye conforme a la Norma Europea EN 196-1. El mortero para ensayo estará preparado solo con esquisto calcinado finamente molido, en lugar de cemento. Las probetas del mortero se deben desmoldar 48 horas después de su preparación y curar en una atmósfera con una humedad relativa de al menos 90 % hasta el ensayo.



La expansión (estabilidad) del esquisto calcinado no sobrepasara los 10 mm cuando se ensaye conforme a la Norma Europea EN 196-3, usando una mezcla de un 30% en masa de esquisto calcinado y un 70 % en masa de un cemento tipo CEM I conforme a esta parte de la norma europea.

Si el contenido de sulfato (SO_3) del esquisto calcinado excede del límite superior permitido para el contenido de sulfato en el cemento, esto debe tenerse en cuenta por el fabricante del cemento reduciendo convenientemente los componentes que contienen sulfato de calcio.

TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

CALIZA (L y LL)

Cuando las calizas se emplean en proporción superior al 5 % en masa (Componente principal), deben cumplir, además de las exigencias señaladas para el filler, las siguientes:

(a).- El contenido de carbonato de calcio ($CaCO_3$), calculado a partir del contenido de oxido de calcio (CaO), no será inferior al 75% en masa.

(b).- El contenido de arcilla, determinado por el método del azul de metileno conforme a la Norma Europea EN 933-9 será menor de 1.20g/100 g. Para este ensayo, la caliza estará molida a una finura aproximada de 5000 cm^2/g, determinada como superficie especifica conforme a la Norma Europea EN 196-6.

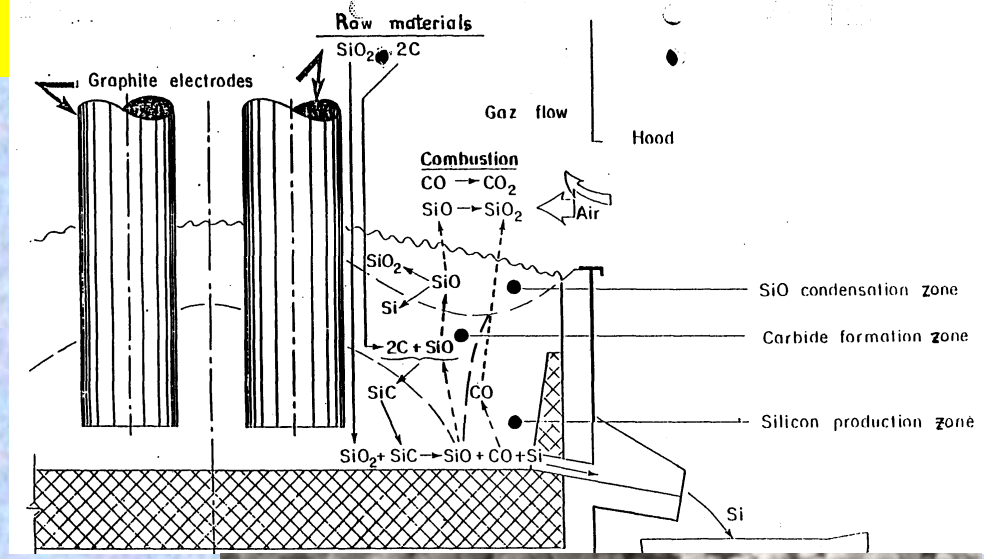
(c).- El contenido de carbono orgánico total (TOC), determinado conforme al proyecto de Norma Europea prEN 13639:1999, cumplirá uno de los siguientes criterios:

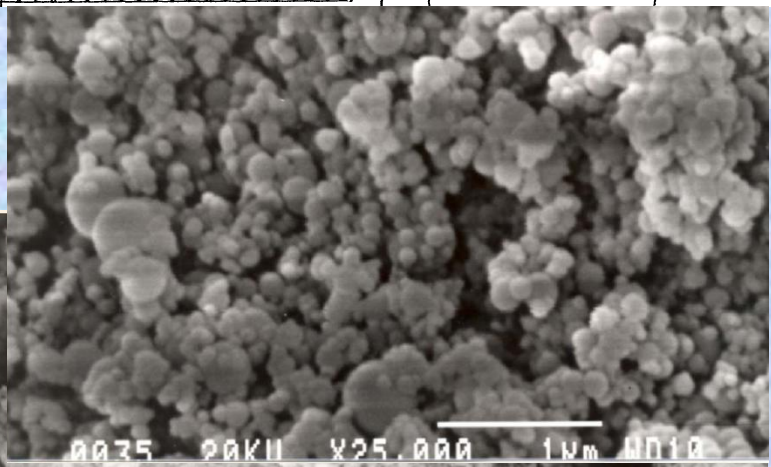
- **LL: inferior al 0.20 % en masa**
- **L: inferior al 0.50 % en masa**

TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

HUMO DE SÍLICE (D)

El humo de sílice se origina por la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos de arco eléctrico utilizados para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio. Consiste en partículas esféricas muy finas que contienen al menos el 85% en masa dióxido de silicio amorfo





Si la proporción de humo de sílice en el cemento excede del 5% en masa (es decir, si es un componente principal) sólo se podrá utilizar cuando el humo de sílice cumpla los siguientes requisitos:

(a).- La perdida por calcinación no superara el 4.0 % en masa, determinada conforme a la Norma Europea EN 196-2 pero empleando un tiempo de calcinación de 1 hora

(b).- La superficie especifica (BET) del humo de sílice no tratado será al menos de 15.0 m^2/g, determinada conforme a la Norma Internacional ISO 9277.

TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

COMPONENTES MINORITARIOS / FILLER

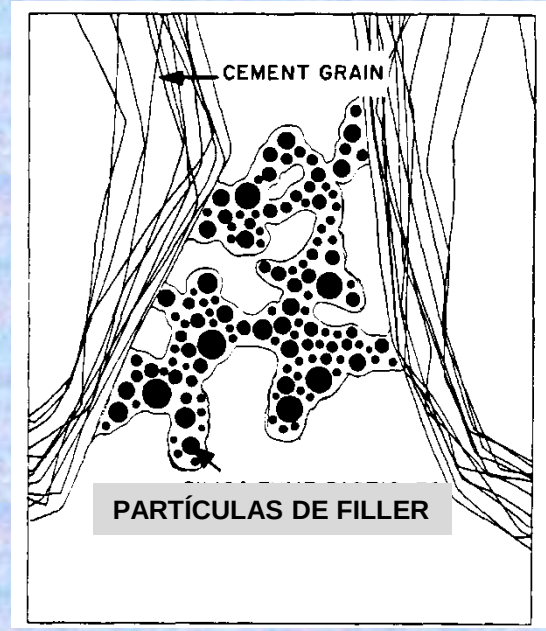
Los componentes minoritarios son materiales minerales naturales o materiales minerales derivados del proceso de fabricación del clinker, especialmente seleccionados, o componentes especificados en los apartados anteriores, a menos que estén incluidos como componentes principales del cemento.

Los componentes minoritarios, mediante una preparación adecuada y en función de su granulometría, mejoran las propiedades físicas de los cementos (tales como la trabajabilidad o la retención de agua). Pueden ser inertes o poseer propiedades ligeramente hidráulicas, hidráulicas latentes o puzolánicas. Sin embargo, no se especifican requisitos a este respecto.



Los componentes minoritarios estarán correctamente preparados, es decir, seleccionados, homogeneizados, secados y pulverizados, en función de su estado de producción o suministro. No aumentaran sensiblemente la demanda de agua del cemento, no disminuirán la resistencia al deterioro del hormigón o del mortero en ningún caso, ni reducirán la protección de las armaduras frente a la corrosión.

La información sobre los componentes minoritarios del cemento debería ser facilitada por el fabricante, a demanda del usuario.



Los fillers son materiales finos cuyos granos más gruesos no sobrepasan las 80 micras. Su nombre viene del inglés “to fill’, que significa rellenar.

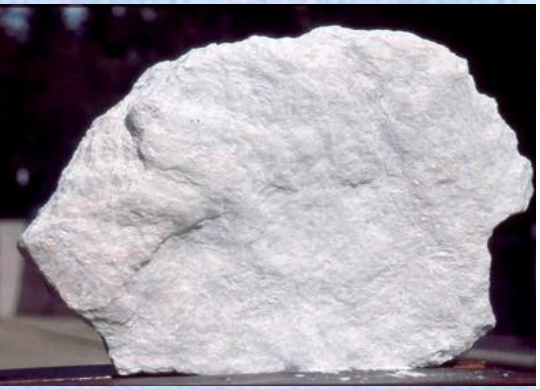
Muy a menudo se trata de rocas síliceas, calcáreas o silico-calcáreas finamente molidas.

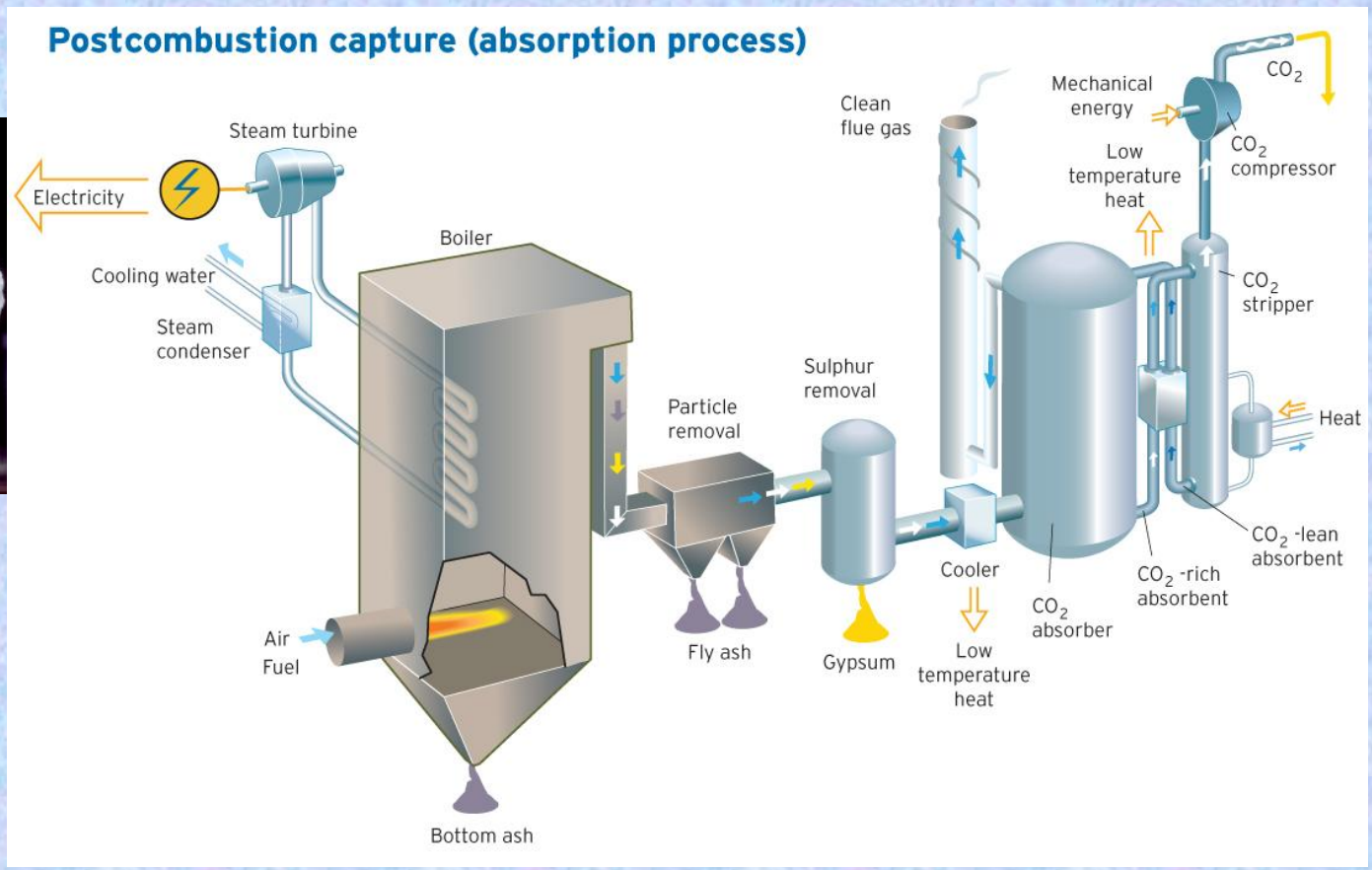
TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

SULFATO DE CALCIO

El sulfato de calcio se añadirá en pequeñas cantidades a los demás componentes del cemento durante su fabricación, para controlar el fraguado.

El sulfato de calcio puede ser yeso (sulfato de calcio dihidratado $CaSO_4.2H_2O$), Hemihidrato ($CaSO_4.\ 0.5H_2O$), anhidrita (sulfato de calcio anhidro $CaSO_4$), o una mezcla de ellos. El sulfato de calcio también puede obtenerse como subproducto de ciertos procesos industriales.





TIPOS DE CEMENTOS/ COMPONENTES

ADITIVOS

Los aditivos contemplados en esta norma son componentes no contemplados entre los anteriores, que se añaden para mejorar la fabricación o las propiedades del cemento, por ejemplo, los coadyuvantes de molienda. La cantidad total de aditivos no debería exceder del 1% en masa del cemento (A EXCEPCIÓN DE LOS PIGMENTOS). La cantidad de aditivos orgánicos, determinada sobre residuo seco, no excederá del 0.5 % en masa del cemento. Estos aditivos NO DEBEN PROMOVER LA CORROSIÓN DE LAS ARMADURAS ni perjudicar las propiedades del cemento o de los morteros y hormigones con él fabricados. No deben contener sustancias nocivas en proporciones tales que puedan afectar desfavorablemente a las propiedades y comportamientos de los conglomerados de cemento frescos y endurecidos, por acciones de tipo físico y químico (Hidraulicidad, trabajabilidad, retención de agua, capilaridad, permeabilidad, retracción, fisuración, corrosión de armaduras, demanda de agua, etc.).

Cuando se usan en el cemento aditivos para hormigones, morteros o pastas conforme a las normas de la serie EN 934, la designación normalizada del aditivo se debe declarar en los sacos o albaranes.



CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

CEMENTOS RESISTENTES A LOS SULFATOS (Y AL AGUA DE MAR)

Tabla 4.1.1

Tipos	Denominaciones		Subtipos (designaciones)	Especificaciones del clínker de los cementos SR	
				C_3A %	$C_3A + C_4AF$ %
I	Cementos Portland resistentes a los sulfatos		I	≤ 5	≤ 22
II	Cementos Portland con adiciones resistentes a sulfatos	Con escoria de horno alto (S)	II/A-S	≤ 6	≤ 22
			II/B-S		
		Con humo de sílice (D)	II/A-D		
		Con puzolana natural (P)	II/A-P		
			II/B-P		
		Con ceniza volante (V)	II/A-V		
			II/B-V		
III	Cementos con adiciones, resistentes a los sulfatos	Con escoria de horno alto (S)	III/A	≤ 8	≤ 25
			III/B	Ninguna [1]	
			III/C		
IV		Cementos puzolánicos (D+P+V)	IV/A	≤ 6	≤ 22
			IV/B	≤ 8	≤ 25
V		Cementos compuestos (S+P+V)	V/A		

NOTA – Los tipos y subtipos de los cementos se refieren a los homólogos definidos en la Norma UNE-EN 197-1.

[1] Los cementos CEM III/B y CEM III/C siempre son resistentes a los sulfatos.

- Para A/F [(1)] > 0.64:
  C_3A [(1)] % = 2.65 A % – 1.69 F %
  C_4AF % = 3.04 F %
- Para A/F = 0.64:
  C_3A % = 0.0 %
- Para A/F < 0.64:
  En lugar de C_3A y C_4AF la composición potencial consta de $C_4AF + C_2F$ (o bien: C_6AF_2), con ausencia, por lo tanto, de C_3A.
  C_4AF % + C_2F % (o C_6AF_2 %) = 2.10 A % + 1.70 F %

CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

CEMENTOS RESISTENTES A LOS SULFATOS (Y AL AGUA DE MAR)

En aquellos cementos de la tabla 4.1.1 que contengan materiales puzolánicos (puzolanas naturales y/o cenizas volantes) como componentes principales (en proporción superior al 5%), estos materiales deberán cumplir las siguientes condiciones, además de las que les impone la norma UNE 80301:

- La relación $\frac{SiO_2}{CaO + MgO}$) deberá ser superior a 3.5. Donde CaO es el óxido de calcio reactivo.

- El material, molido a finura equivalente a la del cemento de referencia y mezclado con éste en proporción porcentual cemento/material igual a 75/25, deberá cumplir el ensayo de puzolanicidad (UNE-EN 196-5) a la edad de 7 días.

- Esta misma mezcla 75/25 deberá dar una resistencia a compresión a la edad de 28 días (UNE-EN 196-1) igual o superior al 80 por ciento de la resistencia del cemento de referencia a dicha edad.

- El cemento de referencia, tanto para el ensayo de puzolanicidad como de resistencia, será de tipo I 42.5 R/SR (UNE 80301 y UNE 80303).

CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

CEMENTOS RESISTENTES AL AGUA DE MAR

Tipos	Denominaciones		Subtipos (designaciones)	Especificaciones del clínker de los cementos SR	
				C_3A %	$C_3A + C_4AF$ %
I	Cementos Portland resistentes al agua de mar		I	≤ 5	≤ 22
II	Cementos Portland con adiciones, resistentes al agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	II/A-S	≤ 8	≤ 25
			II/B-S		
		Con humo de sílice (D)	II/A-D		
		Con puzolana natural (P)	II/A-P		
			II/B-P		
		Con ceniza volante (V)	II/A-V		
			II/B-V		
III	Cementos con adiciones, resistentes al agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	III/A	≤10	≤ 25
			III/B	Ninguna [1]	
			III/C		
IV		Cementos puzolánicos (D+P+V)	IV/A	≤ 8	≤ 25
			IV/B	≤ 10	≤ 25
V		Cementos compuestos (S+P+V)	V/A		

NOTA – Los tipos y subtipos de los cementos se refieren a los homólogos definidos en la Norma UNE-EN 197-1.

[1] Los cementos CEM III/B y CEM III/C siempre son resistentes al agua de mar.

CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

CEMENTOS DE BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN.

La norma UNE 80.303:3-2001 norma tiene por objeto establecer las especificaciones que deben cumplir los cementos de las normas UNE para poder ser considerados como de bajo calor de hidratación, así como los criterios de conformidad que lo garanticen

Se consideran como cementos de bajo calor de hidratación todos aquellos de la Norma UNE-EN 197-1:2000, que después de 5 días han desarrollado un calor de hidratación menor o igual a 65 cal/g (272 J/g) según el método de ensayo UNE 80.118:86 (Método del calorímetro de LANGAVANT o de la botella aislante).





CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

CEMENTOS BLANCOS

La norma UNE 80305:2001 tiene por objeto definir los cementos blancos (BL) y sus constituyentes, entre los que se encuentra el clinker Pórtland blanco, fijar su composición, clases de resistencia y especificaciones, así como establecer las condiciones de blancura y los criterios de conformidad.

Clinker portland blanco: Es el producto artificial obtenido por clinkerización de su crudo, es decir, por calcinación y sinterización a la temperatura y durante el tiempo necesarios, y por enfriamiento adecuado subsiguiente, a fin de que dicho producto tenga la composición química y la constitución mineralógica idóneas. Este clinker deberá cumplir las mismas especificaciones del clinker portland normal

Los crudos de clinker de cemento portland blanco son mezclas suficientemente finas y homogéneas de materias primas adecuadamente dosificadas, CUYO CONTENIDO DE ELEMENTOS CROMÓFOROS (HIERRO, MANGANESO, CROMO, ETC.), SEA TAL QUE PERMITA CUMPLIR AL CEMENTO LA CONDICIÓN DE BLANCURA EXIGIDA. Los crudos podrán contener materiales o productos que faciliten el proceso de clinkerización.



CEMENTOS BLANCOS

Tipos de cementos blancos. Composición.

Tipos		Proporciones en % en masa[1)]	
Denominaciones	**Designaciones**	**Clínker**	**Adiciones**
Cementos portland blancos	BL I	95 - 100	0 - 5
Cementos portland blancos con adiciones	BL II	75 - 94	6 - 25
Cementos blancos para solados	BL V	40 - 74	26 - 60

1) Los valores de la tabla se refieren al núcleo cemento, entendiéndose por tal el clínker y las adiciones, con exclusión del sulfato de calcio y de cualquier aditivo.

Clases de resistencia de los cementos blancos.

Clases de resistencia	Resistencias a compresión[1)] (N/mm²)		
	2 días	**28 días**	**28 días**
52,5	≥ 20,0	≥ 52,5	–
42,5R	≥ 20,0	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5	≥ 13,5		
22,5	–	≥ 22,5	≤ 42,5

1) Determinadas según la norma UNE EN 196-1.

CEMENTOS BLANCOS

Especificaciones físicas

Clases de resistencia	Fraguado[1]	Expansión[1]	Blancura[2]
	Principio min	Le Chatelier mm	%
52,5 - 42,5R - 42,5	≥ 45	≤ 10	≥ 75
22,5	≥ 60	≤ 10	≥ 75

1) Según la norma UNE-EN 196-3.
2) Según la norma UNE 80117.

Especificaciones químicas.

Propiedades	Tipos		
	BL I	BL II	BL V
Pérdida por calcinación [1]	≤ 5,0%	–	–
Residuo insoluble [2]	≤ 5,0%	–	–
Sulfato (SO_3)[3]	≤ 4,5%	≤ 4,0%	≤ 3,5%
Cloruros[4]	≤ 0,10%		

1) Según la norma UNE-EN 196-2.
2) Según la norma UNE-EN 196-2, capítulo 9.
3) Según la norma UNE-EN 196-2.
4) Según la norma UNE 80217.