

## CEMENTANTES

### DEFINICIÓN:

Se llama CEMENTANTE al material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto, originando nuevos compuestos.

- CALES
- CEMENTOS
- ADHESIVOS MINERALES

### CEMENTO :

Es un producto artificial que resulta de calcinar hasta un principio de fusión, (sinterización) una mezcla de calizas y arcillas; obteniéndose el CLÍNKER . El mismo se pulveriza con la adición de no más del 2% de yeso, obrando este como retardador de fragüe.

## MATERIAS PRIMAS

**CALIZAS:** pueden encontrarse en las siguientes formas:

**Creta:** se encuentra en capas horizontales o ligeramente inclinadas. Es relativamente blanda. Pueden contener hasta un 25% de agua.

**Calizas sedimentarias:** Se encuentran en capas planas. Contienen generalmente impurezas como magnesia, compuestos de flúor, arenas, arcillas.

**Calizas metamórficas:** Se trituran y muelen con facilidad. Su composición química es parecida a las calizas sedimentarias.

**ARCILLA:** Esta formada por silicatos aluminosos hidratados amorfos



Aproximadamente tienen la siguiente composición:

Sílice:	60%
Alumina:	20%
Óxido de hierro:	8%
Óxido de Calcio:	6%
Óxido de Magnesio:	3%
Álcalis:	2%

**PUZOLANAS****CALES AÉREAS**

	CAL CÁLCICA	CAL MAGNESIANA
OCa mínimo	75%	-----
OMg mínimo	-----	20%
CO <sub>2</sub> mínimo en horno	3%	3%
residuo soluble	3%	3%

**CALES HIDRÁULICAS**

	Limites
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	15 - 26%
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2 - 10%
Oxido cálcico (CaO)	51 - 66%
Oxido de Magnesio (MgO)	0,5%
Oxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 - 5%
Sulfatos (SO <sub>3</sub> )	0,6%

**PUZOLANAS**

Sílice (SiO <sub>2</sub> )	42 - 66%
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14 - 20%
Oxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5 - 20%
Oxido cálcico (CaO)	3 - 10%
Oxido de Magnesio (MgO)	1 - 6%
Álcalis	2 - 10%
Agua combinada	1 - 15%

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

En un cemento portland encontramos los siguientes componentes químicos combinados:

CONSTITUYENTES	COMPUESTO	NOTACIÓN ABREVIADA	PROPORCIÓN (%)	TOTAL (%)
Principales	CaO	C	60 a 67	90
	SiO <sub>2</sub>	S	17 a 25	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	3,0 a 8,0	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	0,5 a 6,0	
Secundarios o Menores	MgO	M	0,5 a 4,0	10
	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	Álcalis	0,3 a 1,2	
	TiO <sub>2</sub>		0,1 a 0,4	
	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,1 a 0,3	
	SO <sub>3</sub>	<u>S</u>	2,0 a 3,5	

## FABRICACIÓN

Comprende una serie de operaciones que sintetizaremos en lo siguiente:

### PROCESO MECÁNICO

- 1)\_ Extracción de la materia prima**
- 2)\_ Trituración**
- 3)\_ Prehomogenización y Dosificación** (75% caliza, 24% arcilla y 1% mineral de hierro)
- 4)\_ Molienda y homogenización**

---

## HARINA DE CRUDO

---

### PROCESO TÉRMICO Y QUÍMICO

- 5)\_ Precalcinación**
- 6)\_ Fabricación del clínker**
- 7)\_ Enfriamiento del clínker**

---

## CLÍNKER

---

### PROCESO MECÁNICO

- 8)\_ Molienda del clínker y adición del regulador del fragüe**
- 9)\_ Almacenamiento y envasado**

---

## CEMENTO

---

## FABRICACIÓN

Comprende una serie de operaciones que sintetizaremos en lo siguiente:

### PROCESO MECÁNICO

- 1)\_ Extracción de la materia prima**
- 2)\_ Trituración**
- 3)\_ Prehomogenización y Dosificación** (75% caliza, 24% arcilla y 1% mineral de hierro)
- 4)\_ Molienda y homogenización**

---

## HARINA DE CRUDO

---

### PROCESO TÉRMICO Y QUÍMICO

- 5)\_ Precalcinación**
- 6)\_ Fabricación del clínker**
- 7)\_ Enfriamiento del clínker**

---

## CLÍNKER

---

### PROCESO MECÁNICO

- 8)\_ Molienda del clínker y adición del regulador del fragüe**
- 9)\_ Almacenamiento y envasado**

---

## CEMENTO

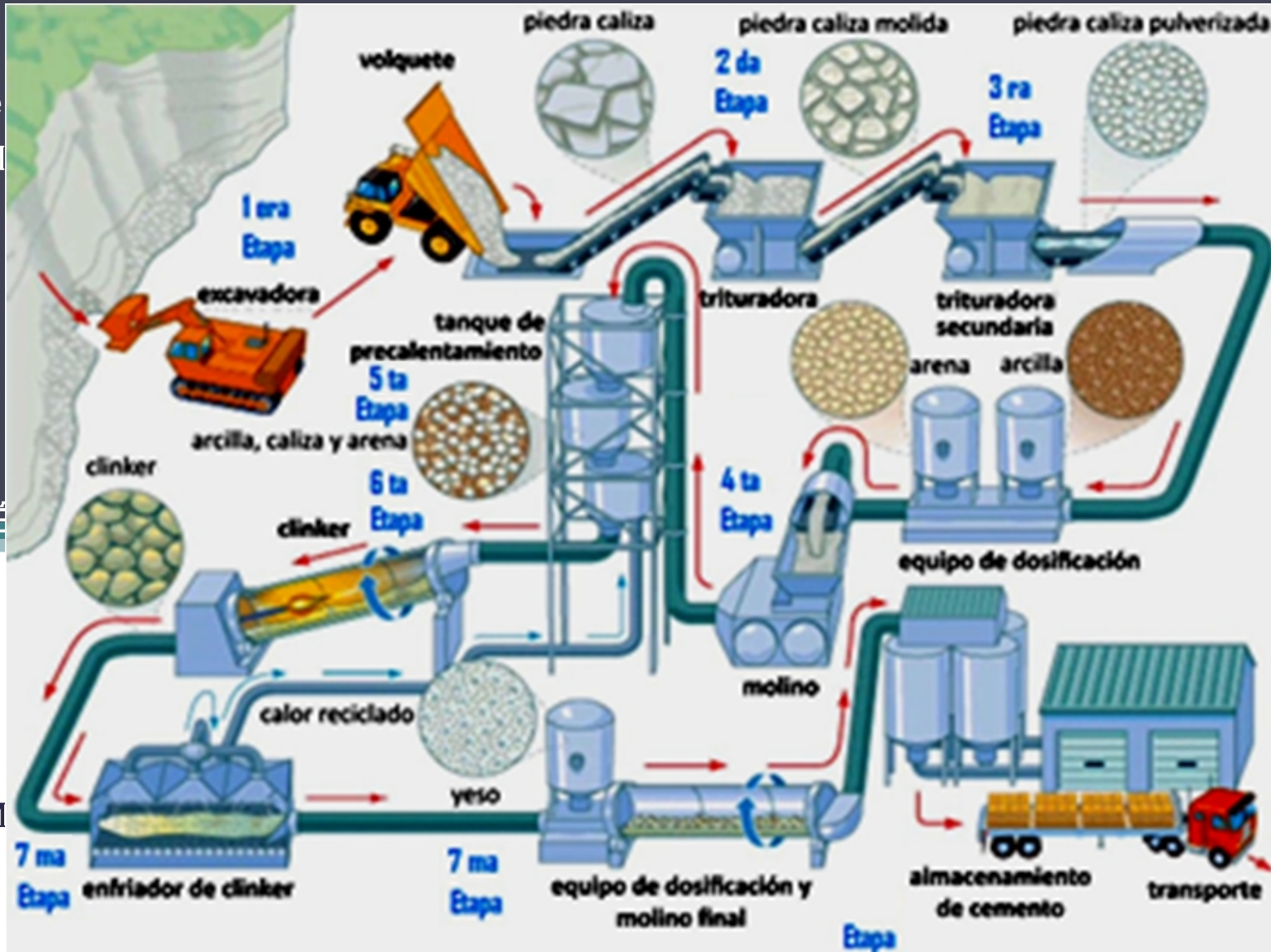
---

FABRICACIÓN

Comprende  
PROCESO M

PROCESO TÉ

PROCESO M



mineral de hierro)

CEMENTO

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

En un cemento portland encontramos los siguientes componentes químicos combinados:

COMPUESTO	FÓRMULA QUÍMICA	NOTACIÓN ABREVIADA	PROPORCIÓN (% CLÍNKER)
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	30 a 70
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	10 a 40
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	0 a 15
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	5 a 20



## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

Abreviaturas utilizadas :

COMPUESTO	FÓRMULA QUÍMICA	NOTACIÓN ABREVIADA	PROPORCIÓN (% CLÍNKER)
Agua	$H_2O$	H	
Sulfato de calcio bihidratado (yeso)	$Ca_2SO_4 \cdot 2 H_2O$	CSH <sub>2</sub>	
Hidróxido de calcio	$Ca(OH)_2$	CH	
Silicato de calcio hidratado	$3 CaO \cdot 2 SiO_2 \cdot 3 H_2O$	C-S-H	

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

### Silicatos de calcio

La cal y la sílice reaccionan a elevada temperatura formando los siguientes compuestos que encontramos en el clínker del cemento:



- Principal constituyente del cemento portland.  
Se obtiene calentando una mezcla de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  y  $\text{SiO}_2$  a  $1400^\circ\text{C}$
- Peso específico de 3,15.
- Se le atribuye la resistencia inicial del cemento portland.

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

### Aluminatos cálcicos

**Aluminato monocálcico:**  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \rightarrow (\text{AC})$

- Se obtiene calentando alumina y  $\text{CO}_3\text{Ca}$  por encima de los  $950^\circ\text{C}$ ,
- Funde a  $1600^\circ\text{C}$
- Peso específico es de  $2,98 \text{ kg/dm}^3$ , tiene propiedades hidráulicas.

**Aluminato tricálcico:**  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO} \rightarrow (\text{AC}_3)$

- Tiene propiedades hidráulicas menores que el anterior
- Funde a  $1535^\circ\text{C}$ .

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

### Ferritos cálcicos

La cal, el óxido de hierro y la alúmina reaccionan dando:

- Ferrito aluminato tetra-cálcico:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$
- Ferrito bi-cálcico:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$

Eventualmente se pueden encontrar en los cementos:


- Trialuminato penta-cálcico:  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{CaO}$
- Pentaluminato tri-cálcico:  $5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

Se han realizado muchos estudios mediante procedimientos mineralógicos, actualmente se admite que un cemento portland esta constituido por:

### **Silicato tricálcico (SC<sub>3</sub>) :**



- Hidratación rápida.
  - Aporta resistencias iniciales y finales altas.
  - Calor de hidratación moderadamente alto.
  - Es el que proporciona la resistencia mecánica al cemento.
- 

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

Se han realizado muchos estudios mediante procedimientos mineralógicos, actualmente se admite que un cemento portland esta constituido por:

**Silicato bicálcico (SC<sub>2</sub>) :**



- Hidratación lenta.
- Es el compuesto que contribuye a dar resistencia a largo plazo.
- Calor de hidratación bajo.
- Gránulos redondeados de coloración amarillo-rojizo.

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

Se han realizado muchos estudios mediante procedimientos mineralógicos, actualmente se admite que un cemento portland esta constituido por:

### **Aluminato tricálcico (AC<sub>3</sub>) :**



- Hidratación rápida. Es el que se hidrata más rápido, o sea de fraguado más rápido. Para retrasar el fraguado se añade yeso.
- Aporta a las resistencias tempranas.
- Calor de hidratación elevado.
- Apreciable contracción en la hidratación. Es el causante de la retracción del cemento.
- Acusa expansión volumétrica en contacto con sulfatos.
- Es muy reactivo, origina la corrosión del hormigón.
- Es poco sulforesistente.
- A mayor contenido de AC<sub>3</sub> menor resistencia química a los sulfatos.

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL CEMENTO PÓRTLAND

Se han realizado muchos estudios mediante procedimientos mineralógicos, actualmente se admite que un cemento portland esta constituido por:

**Ferroaluminato tetracálcico (FAC<sub>4</sub>) :**  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{CaO}$

- Hidratación lenta y regular.
- Prácticamente no contribuye al desarrollo de las resistencias.
- Calor de hidratación moderado.
- Aporta color al cemento, mientras mayor sea su contenido, más oscuro será su coloración.
- Su presencia surge de la necesidad de usar fundentes de hierro en el clínker.



## HIDRATACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

- El cemento a través de una serie de reacciones liga los áridos.
- O sea se transforma en un elemento ligante o cementante del esqueleto granular.
- El cemento por si mismo no tiene propiedades aglomerantes, pero en presencia de agua, se transforma en un material que si lo es.

## REACCIONES QUÍMICAS DEL PROCESO DE HIDRATACIÓN:

### a)\_ Hidratación del $SC_3$

En contacto con agua este compuesto reacciona de la siguiente manera:

- Este proceso se produce mediante disolución del  $SC_3$  en el agua, hasta saturación y una precipitación de los compuestos hidratados.
- Se forman estructuras cristalinas en continuo crecimiento.



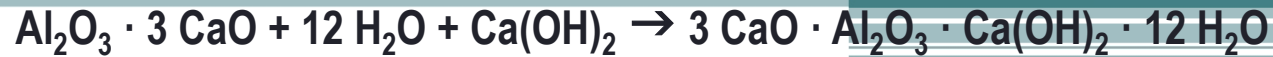
## HIDRATACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

### b)\_ Hidratación de $SC_2$

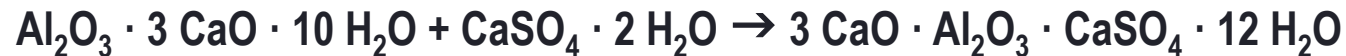


### c)\_ Hidratación del $AC_3$

- Dado que el  $AC_3$  posee un fraguado relámpago, se adiciona el yeso para retardar el mismo.
- Después de una serie de reacciones con los sulfatos cálcicos nos queda:



Aluminato de calcio hidratado



Monosulfoaluminato cálcico hidratado

### d)\_ Hidratación del $FAC_4$

Se da la siguiente reacción:



## HIDRATACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

**TABLA 6.2** Reacciones químicas principales durante la hidratación del cemento.

$2 (3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ Silicato tricálcico	+	$6 \text{ H}_2\text{O}$ Agua	=	$3 \text{ CaO} \cdot 2 \text{ SiO}_2 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ Silicato de calcio hidratado	+	$3 \text{ Ca} (\text{OH})_2$ Hidróxido de calcio
$2 (2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ Silicato dicálcico	+	$4 \text{ H}_2\text{O}$ Agua	=	$3 \text{ CaO} \cdot 2 \text{ SiO}_2 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ Silicato de calcio hidratado	+	$\text{Ca} (\text{OH})_2$ Hidróxido de calcio
$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Aluminato tricálcico	+	$12 \text{ H}_2\text{O}$ Agua	+	$\text{Ca} (\text{OH})_2$ Hidróxido de calcio	=	$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca} (\text{OH})_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ Aluminato de calcio hidratado
$4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ Aluminoferrita tetracálcica	+	$10 \text{ H}_2\text{O}$ Agua	+	$2 \text{ Ca} (\text{OH})_2$ Hidróxido de calcio	=	$6 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ Aluminoferrita cálcica hidratada
$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Aluminato tricálcico	+	$10 \text{ H}_2\text{O}$ Agua	+	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$ Yeso	=	$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ Monosulfoaluminato cálcico hidratado

## FRAGUADO DEL CEMENTO PORTLAND

El proceso de hidratación se inicia en el momento mismo del mezclado y finaliza al cabo de años:



A la pasta se le atribuye consistencia de gel

- ✓ Son sistemas dispersos de dos componentes por lo menos
- ✓ Muestran propiedades mecánicas del estado sólido

Su color oscuro hace que se evite en los cementos blancos. Resiste bien la acción de los sulfatos.

Calor de hidratación de los componentes de los cementos:

$AC_3$	870 J/gr
$SC_3$	500 J/gr
$FAC_4$	420 J/gr
$SC_2$	260 J/gr

Por todas las consideraciones anteriores tenemos:

- Altos % de  $SC_3$  y bajos de  $SC_2$  nos da: alta resistencia inicial y alto calor generado.
- Bajos % de  $SC_3$  y altos de  $SC_2$  nos da: lento desarrollo de resistencias y bajo calor generado

En general en los cementos:  $\% SC_3 + \% SC_2 = 70$  al  $80\%$

## CLASES DE CEMENTO PORTLAND

Según la composición de los cementos y sus usos, podemos establecer la siguiente clasificación:

### Cemento portland

- Normal
- Moderadamente resistente a los sulfatos o moderado calor de hidratación
- Alta resistencia inicial
- Bajo calor de hidratación
- Alta resistencia a los sulfatos

## CLASES DE CEMENTO PORTLAND

Estos componentes varían según el tipo de cemento. Según sus usos o aplicaciones, el contenido mineralógico varía de acuerdo al siguiente cuadro:

	Tipo de cemento		SC <sub>3</sub> %	SC <sub>2</sub> %	AC <sub>3</sub> %	FAC <sub>4</sub> %	CSH <sub>2</sub> %
I	CPN	Normal	55	18	10	8	6
II	MRS	Moderada Resistencia a los Sulfatos	55	19	6	11	5
III	ARI	Alta Resistencia Inical	55	17	10	8	6
IV	BCH	Bajo Calor de Hidratación	42	32	4	15	4
V	ARS	Alta Resistencia a los Sulfatos	55	22	4	12	4

## CLASES DE CEMENTO PORTLAND

	Tipo de cemento		S m <sup>2</sup> /kg	Q J/gr	f' <sub>c</sub> MPa
I	CPN	Normal	365	350	15
II	MRS	Moderada Resistencia a los Sulfatos	375	265	14
III	ARI	Alta Resistencia Inical	550	370	24
IV	BCH	Bajo Calor de Hidratación	340	235	4
V	ARS	Alta Resistencia a los Sulfatos	380	4	12

- S Superficie específica (Blaine IRAM 1623).
- Q Calor de hidratación a 7 días.
- f'<sub>c</sub> Resistencia a compresión a 1 día.



## CLASES DE CEMENTO PORTLAND

### Siderúrgicos

- Ferro-cementos
- Altos hornos
- Sobresulfatados

### Puzolánicos

### Aluminosos

### Otros o especiales

- Blancos
- Con agentes incorporadores de aire
- Expansivos

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### Tipos de cementos portland según normas ASTM C-150

I)\_ **Común o normal:** Se utiliza donde no sean necesarios las propiedades especiales de otros cementos.

II)\_ **De moderada acción a los sulfatos y moderado calor de hidratación:** en estos cementos se exige:

SiO <sub>2</sub>	21% mínimo
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6% máximo
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6% máximo
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 3 CaO	8% máximo

Álcalis en Na<sub>2</sub>O = 0,6% máximo

SC<sub>3</sub> + AC<sub>3</sub> máximo de 58%

Calor de hidratación:

máximo a 7 días 293 J/gr

máximo a 28 días 335 J/gr

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### III)\_ De alta resistencia inicial:

Respecto del tipo I- tiene mayor contenido de  $SC_3$   $AC_3$

### IV)\_ Bajo calor de hidratación:

Respecto del tipo I- tiene menor cantidad de  $AC_3$  y menor  $SC_3$  con incremento de  $SC_2$

máximo $AC_3$	7%
máximo $SC_3$	35%
mínimo $SC_2$	40%

calor de hidratación

máximo a 7 días	270 J/gr
máximo a 28 días	310 J/gr

### V)\_ De alta resistencia a los sulfatos:

Respecto del tipo II- el contenido de  $AC_3$  es menor.

máximo  $AC_3 = 5\%$

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### 2)\_ CEMENTOS SIDERÚRGICOS

Son mezclas finamente molidas de clínker portland con escoria de altos hornos, con yeso para regular el tiempo de fraguado.

Podemos clasificarlos en

- **Ferro- portland:** tiene menos del 30% de escorias
- **Altos hornos:** cuando contiene más de un 30% de escorias.

**Escoria:** se obtiene como subproducto en el alto horno durante la producción de arrabio  
La escoria granulada reacciona muy lentamente con el agua.

Ante la presencia de los hidratos cálcicos la reacción se realiza lentamente. Debido a que el endurecimiento inicial de estos cementos es más lento, se necesita molerlos más finamente: esto provoca en los primeros días una mayor contracción por secado.

Poseen bajo calor de hidratación, lo que los hace interesantes en obras de hormigón masivo.

La activación de la escoria de altos hornos se hace a través de la adición de yeso (10 al 15%) se le adiciona cemento portland en un 5%

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### 3)\_ CEMENTOS SOBRESULFATADOS

Este tipo de cemento posee bajo calor de hidratación (1/5 del cemento portland), resiste aguas sulfatadas y de mar. Es sensible a las bajas temperaturas, (no menos de 10°C).

### 4)\_ CEMENTO PUZOLÁNICO

Aglomerante hidráulico formado por puzolana (25%) y clínker de cemento portland

**Puzolanas:** son sustancias silíceas reducidas a polvo fino, pueden ser:

naturales: son de origen volcánico

artificiales: provienen de la calcinación de arcillas.

Las características de estos tipos de cementos son:

- Desarrollo de resistencia más lento
- Se torna más económico
- Mejora la trabajabilidad de los hormigones
- Es un inhibidor de la reacción alcali-agregado o sea que su uso es conveniente donde se utilizan áridos reactivos.
- Puede producir una mayor contracción de secado

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### 5)\_ CEMENTO ALUMINOSO

Aglomerante formado por Mezcla de calizas y bauxita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )

Calcinadas hasta su fusión (1500 a 1600°C) y luego molido.

Los componentes más importantes de este clínker son:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ CaO}$	aluminato monocálcico
$2\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ CaO}$	aluminatos pobres en cal
$\text{SiO}_2 \cdot 2 \text{CaO}$	silicato bicálcico
Combinaciones como: $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	

### Características

El fraguado es más lento que el del cemento portland, pero el endurecimiento muy rápido (en 24hs logra la resistencia final).

- ✓ Utiliza relaciones agua-cemento el doble de los cementos portland.
- ✓ Ofrece mejor protección a las armaduras.
- ✓ Es más resistente al ataque químico de carácter ácido como el agua marítima.
- ✓ No soporta el ataque químico de aguas básicas o alcalinas  $\text{ph} > 7,5$

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### Cemento aluminoso

Es un cemento de bajo calor de hidratación: 335 J/grs, pero este calor lo libera en corto tiempo por lo tanto la elevación de temperatura es considerable.

- Debe utilizarse a bajas temperaturas, las mezclas no deben superar los 15°C
- Hormigonar en pequeñas capas (30cm)
- Regar continuamente con agua fría
- No deben usarse en zonas calurosas.

Las propiedades principales de estos cementos son:

- Resistente a los sulfatos
- Rápido endurecimiento
- Se utiliza en morteros refractarios.

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

### 6)\_ OTROS CEMENTOS

#### Cemento blanco o de color

Utilizados en la industria de la prefabricación, ya sea blanco o mezclado con pigmentos (cementos coloreados)

El cemento blanco se elabora con:

calizas exenta de oxido férrico  
arena de cuarzo y caolín

#### Cementos expansivos

- Es una mezcla de cemento portland con un componente rico en aluminato cálcico y yeso con escorias de altos hornos.
- Su uso esta dirigido a aquellos casos en que no se desea una contracción por secado que se produce en los cementos ordinarios.
- Es de aplicación creciente en la industria del pretensado.



## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

Tabla 1 - Tipos de cemento y composición

Tipo de cemento	Nomenclatura	Composición (***) (g/100 g)				
		Clinker + sulfato de calcio	Puzolana (P)	Escoria (E)	"Filler" calcáreo (F)	Comp. minoritarios
Cemento pórtland normal	CPN	100-95	---	---	---	0-5
Cemento pórtland con "filler" calcáreo	CPF	94-75	---	---	6-25	0-5
Cemento pórtland con escoria	CPE	89-65	---	11-35	---	0-5
Cemento pórtland compuesto (**)	CPC	98-65	dos o más, con $P + E + F \leq 35$			0-5
Cemento pórtland puzolánico	CPP	85-50	15-50	---	---	0-5
Cemento de alto horno	CAH	65-25	---	35-75	---	0-5

Norma IRAM 50000

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

<b>CPN</b> IRAM 1503	<b>CPF</b> IRAM 1592	<b>CPAH</b> IRAM 1630	<b>ARI</b> IRAM 1646	<b>MRS</b> IRAM 1656 -1	<b>ARS</b> IRAM 1669 -1/2
<b>CPE</b> IRAM 1636	<b>CPP</b> IRAM 1651 -1	<b>CPC</b> IRAM 1730	<b>BCH</b> IRAM 1670	<b>RRAA</b> IRAM 1671	<b>B</b> IRAM 1691

**AÑO 2000**

**CPN, CPF, CPAH,  
CPE, CPP, CPC**

**IRAM 50000**

**ARI, MRS, ARS,  
BCH, RRAA, B**

**IRAM 50001**

## TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

**Tabla 5 - Requisitos mecánicos**

Categoría	Resistencia a la compresión (MPa)				Método de ensayo
	2 d	7 d	28 d		
CP 30	-	mín. 16	mín. 30	máx. 50	IRAM 1622
CP 40	mín. 10	-	mín. 40	máx. 60	
CP 50	mín. 20	-	mín. 50	-	

**Nota 3:** En todo los casos, los valores de resistencia obtenidos a los 28 d deberán ser mayores que los obtenidos a los 2 d y a los 7 d.

Norma IRAM 50000

## REACCIÓN ALCALI-AGREGADO

Es una reacción química que se produce entre determinados áridos, constituyentes de un aglomerado y los álcalis del cemento.

Esta reacción provoca una expansión de la pasta cementicia que rodea los agregados, provocando una dilatación del hormigón con la consiguiente fisuración.

Estas expansiones provocan estados tensionales que no pueden absorber el aglomerado fisurándose, puede llegar hasta  $130 \text{ Kg/cm}^2$  (que es 5 a 6 veces la resistencia a la tracción).

Formas de fisuración:

No son siempre fáciles de detectar al principio, pues se desarrollan en periodos de tiempos largos (meses o años)

**FACTORES CONCURRENTES**

a)\_ **Agregados reactivos:** provienen de áridos de tipos ópalo: ácido silíceo amorfo e hidratado, lavas, esquistos opalinos, algunos basaltos.

calcedonia: mineral silícico micro cristalino que aparece en las arena silíceas.

Obsidianas: silicatos amorfos.

b)\_ **Álcalis:** todos los cementos contienen álcalis en forma de ONa y OK (óxidos de sodio y potasio).

$$\text{Álcalis en \%} = \% \text{ de ONa} + 0,658 \text{ OK}$$

(equivalente en óxido de sodio)

Varía en los cementos entre 0,37% - 1,34%

Según ensayos, para que haya expansión debe ser superior al 0,6%

c)\_ **Cal:** en forma de hidróxido de calcio, este aparece siempre durante el fraguado, liberado por los silicatos y aluminatos, y forma portlandita.

## INHIBICIÓN DE LA REACCIÓN ALCALI-AGREGADO

1)\_ Según estudios, para cada agregado reactivo, existe una proporción de álcalis que produce expansión. Entonces un método es aumentar la cantidad del elemento reactivo.

Por ejemplo las puzolanas:

cenizas y tobas volcánicas  
rocas silíceas: pizarras y opalinas  
arcillas y pizarras calcinadas

En este tipo de agregado es conveniente usar cemento puzolánico.

2)\_ Otro método es el de reemplazar el agregado por otro no reactivo, en forma total o parcial. Para esto se deberá realizar un análisis técnico- económico.

3)\_ también es aconsejable el empleo de un cemento de bajo contenido de álcalis  $<0,6\%$

## Ensayo de la reacción álcalis agregado (IRAM 1637)

Se realizan probetas con el mortero que contiene el agregado reactivo y cemento que se utilizará en obra o que se desea analizar.

Las probeta tienen dimensiones 2,54x2,54 cm de sección y una longitud de 25,4cm

La expansión de la probeta menor de 0,050% a los tres meses o de 0,100% a los seis meses indica agregado no reactivo.