

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.1. CEMENTO : 1.1.1 Cemento Portland y otros

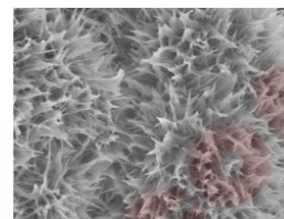
Pág. 1 de 4

Definición : es una materia sólida en forma de polvo que actúa como conglomerante hidráulico, o sea que mezclado con el agua, reacciona químicamente y forma una pasta que se solidifica rápidamente y con el tiempo endurece. Se dice hidráulico porque la reacción química que ocurre es una hidratación de los compuestos del cemento : **Cemento + Agua → Nueva materia dura (concreto)**

La nueva materia sólida obtenida es estable químicamente incluso dentro del agua (una vez que se haya endurecida totalmente).



+ Agua ==>



Cemento polvo 15-20 μm y 300-600 m2/kg

Hidratación

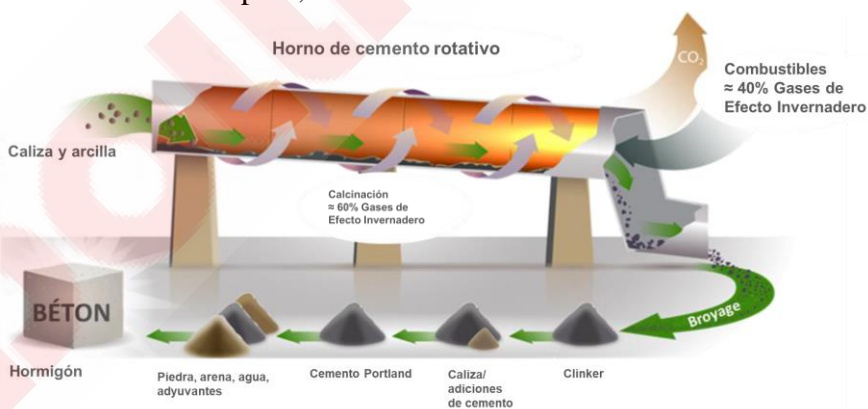
Silicate de Calcio duro

-Variedad de los cementos : cemento Portland (el más vendido y que viene en los bultos de 20 o 25 kg), cemento de alto horno (escorias), cemento puzolona (tipo de roca volcánica muy ligera y color rojizo), y el cemento compuesto (mezcla de diferentes tipos de cementos). Hay otros cementos muy especiales de menos uso cuantitativamente como cemento rápido, blanco etc.

-Fabricación del cemento Portland

: se cocina a alta temperatura (1450 °C) una mezcla de 80% calcáreo (CaCO3) y 20% arcilla y da un material llamado CLINKER.

Este compuesto de mínimo 2/3 de silicato (base es el Silicio Si) de calcio (base es el calcio Ca), y se añade una forma de Sulfato de Calcio para regular el tiempo de fraguado.



-Otros cementos : vienen ya en mezcla dentro del cemento Portland o se pueden añadir al momento de fabricar el concreto. Pueden representar entre 5 % hasta 45 % del cemento total.

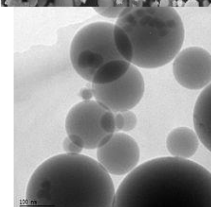
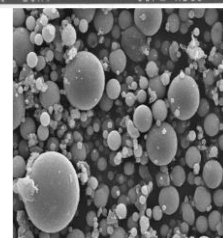
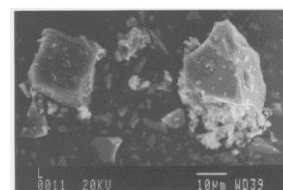
* **Escoria granulada :** viene de la fundición del mineral de hierro, la lechada (a parte del acero) que queda se enfría y forma un granulado que necesitará ser “activado” para poder hidratarse. Contiene 2/3 de Oxido de Calcio (CaO), de Silicio (SiO2) y de Magnesio (MgO). 15-20 μm y 400 à 600 m2/kg

* **Ceniza volante :** vienen de las centrales térmicas de carbón. 15-20 μm y 300 à 500 m2/kg

* **Humo de sílice :** sub-producto de la fabricación del silicio metal. 0,1-0,2 μm y 20 000 m2/kg

* **Material puzolánico :** de origen natural volcánico, como el Metakaolin.

* **3 ventajas;** reaccionan como un cemento hidráulico y/o puzolánico, precio bajo (son residuos), son muy finos y actúan como “filler” relleno de los espacios de aire entre los cristales de Silicate de Calcio Hidratado (cemento hidratado), lo que disminuye la porosidad aumentando la resistencia y la vida útil del concreto.



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

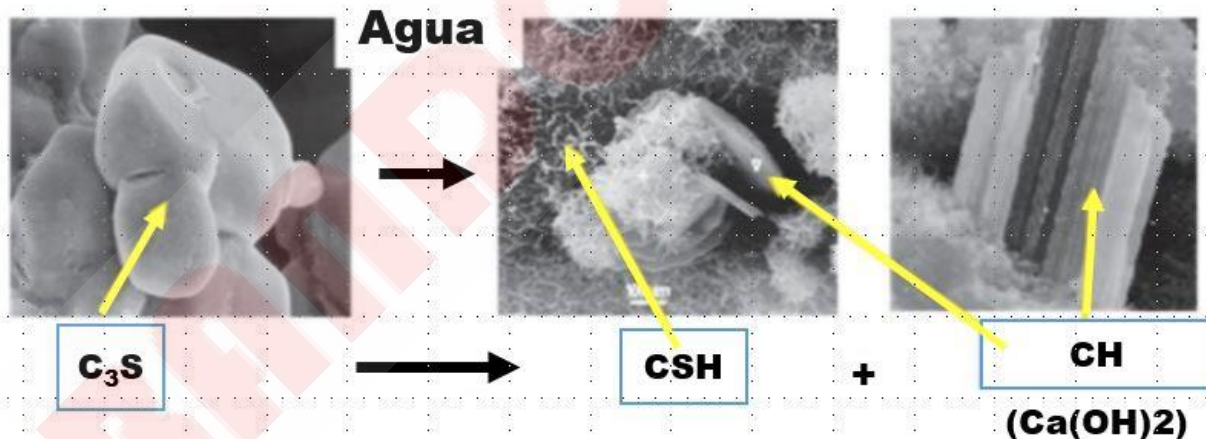
1.1. CEMENTO : 1.1.2. Reacciones químicas de los cementos. Pág. 2 de 4

Atomo	Tipo	Símbolo	Masa atómica
Hidrógeno	No metal	H	1
Oxigeno	No metal	O	16
Magnesio	Alcalinotérreo	Mg	24
Aluminio	Metal	Al	27
Silicio	Metaloide	Si	28
Azufre	No metal	S	32
Cloro	Halógeno	Cl	35
Calcio	Alcalinotérreo	Ca	40
Hierro	Metal	Fe	56

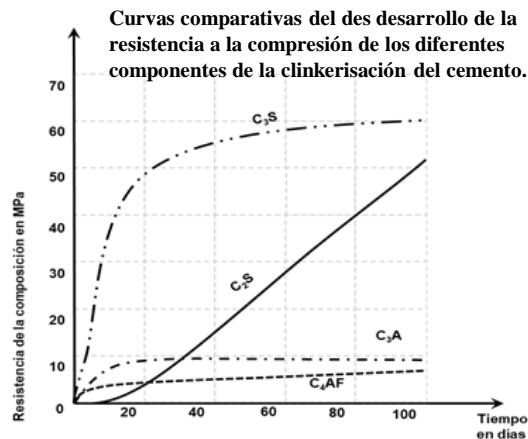
Nombre del tipo de radical molecular	Formula molécula	Abreviación utilizada en la industria cementera
Cal	CaO =	C
Silicate	SiO2 =	S
Aluminate	Al2O3 =	A
Oxido ferrico	Fe2O3 =	F
Agua	H2O	H
Portlandite	Ca(OH)2	CH

Compuesto del cemento de Clinker	Formula completa	Hidratación y resultado
50-70 % silicate tricalcico	(CaO)3(SiO2)	$2((CaO)_3-SiO_2) + 6H_2O \rightarrow CaO-SiO_2-H_2O + Ca(OH)_2$
10-30 % silicate bicalcico	(CaO)2(SiO2)	$2((CaO)_2-SiO_2) + 4H_2O \rightarrow CaO-SiO_2-H_2O + Ca(OH)_2$
2-15 % aluminate tricalcico	(CaO)3(AlO3)	$2((CaO)_3-Al_2O_3) + 6H_2O \rightarrow (CaO)_3-Al_2O_3O_2-(H_2O)_6 + Ca(OH)_2$
5-15 % ferro-aluminate tetracalcico	(CaO)4(AlO3)(Fe2O3)	

Compuesto del cemento de Clinker	Formula abreviada	Hidratación y resultado	Continuidad de las reacciones químicas	Resultado del cemento hidratado duro
50-70 % silicate tricalcico	C3S	$2C_3S + 6H \rightarrow CSH + 3CH$	Si otros cementos; reacción puzolánica : CH+Otros → CSH	70 % CSH (silicate de Calcio hidrata)
10-30 % silicate bicalcico	C2S	$2C_2S + 4H \rightarrow CSH + CH$		20 % Portlandite (Ca(OH)2)
2-15 % aluminate tricalcico	C3A	$2C_3A + 6H \rightarrow C_3A + H_6$	$C_3A + CaSO_4(Gypsum) \rightarrow C_3A(CaSO_4)H_{12}$ (mono sulfo-aluminate de calcio) y $C_3A(CaSO_4)3H_{22} = Ettringite$	10 % de silfo-aluminate
5-15 % ferro-aluminate tetracalcico	C4AF			



Compuesto del cemento de Clinker	Hidratación y resultado	Rapidez de la reacción	Efecto de la molécula cristal sobre resistencia
50-70 % silicate tricalcico	$2C_3S + 6H \rightarrow CSH + 3CH$	Rápido	Efecto importante
10-30 % silicate bicalcico	$2C_2S + 4H \rightarrow CSH + CH$	Lento	Efecto importante
2-15 % aluminate tricalcico	$2C_3A + 6H \rightarrow C_3A + H_6$	Rápido	Poco efecto sobre resistencia
5-15 % ferro-aluminate tetracalcico		Lento	Poco efecto sobre resistencia
Reacción puzolánica (con puzolane, ceniza, humo Si, escoria)		Después de la hidratación=tardada	Efecto de resuerzo de la resistencia por hidratación



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.1. CEMENTO : 1.1.2. Factores del fraguado del cemento. Pág. 3 de 4

-Cálculo teórico de la aportación de agua para que pueda fraguar el cemento :

Compuesto del cemento de Clinker	Formula completa	Peso cemento	Peso agua	Peso total	% agua sobre cemento	% agua sobre total
50-70 % silicate tricalcico	$2((CaO)3(SiO2))$	$2x((43x3)+60)=378$	$6x18=108$	486	28.57%	22.22%
10-30 % silicate bicalcico	$2((CaO)2(SiO2))$	$2x((43x3)+60)=292$	$4x18=72$	364	24.66%	19.78%
2-15 % aluminato tricalcico	$2((CaO)3(AlO3))$	$2x((43x3)+75)=408$	$6x18=108$	516	20.93%	26.47%

Compuesto del cemento de Clinker	Formula completa	Peso cemento	Peso agua	Peso total	% agua sobre cemento	% agua sobre total
70 % silicate tricalcico	$2((CaO)3(SiO2))$	264.6	75.6	486		
20 % silicate bicalcico	$2((CaO)2(SiO2))$	58.4	14.4	364		
10 % aluminato tricalcico	$2((CaO)3(AlO3))$	40.8	10.8	516		
Total		363.8	100.8	464.6	27.71%	21.70%

-Para un cemento Portland tipo CEM I, el agua necesaria mínima es de 25 % del peso del cemento.

-La tasa de hidratación del cemento (agua de hidratación medida dividida por agua teórica necesaria, lo que corresponde al % del cemento que llega a hidratarse) es de 90 % para la pasta pura (cemento+agua).

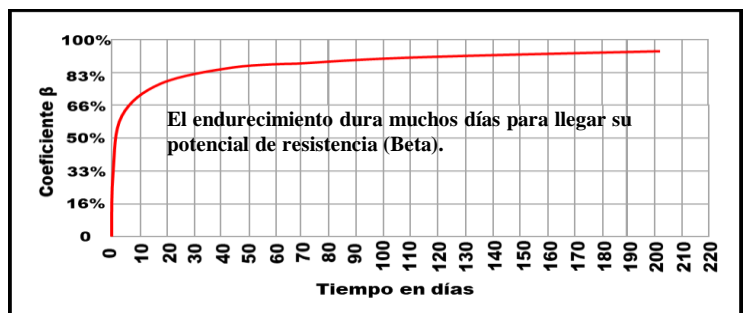
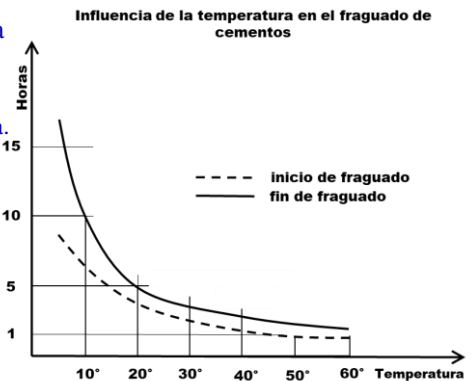
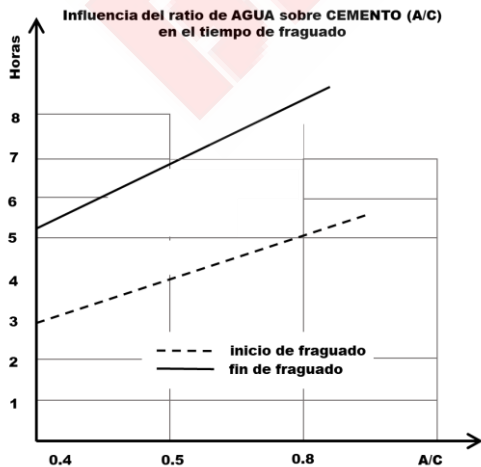
-Esta tasa de hidratación baja a 60-70% en el caso del concreto bien protegido de la evaporación.

→ O sea solo 60 a 70% el cemento adentro del concreto logra hidratarse.

PERO ESTE % DEPENDE MUCHO DE LA TECNOLOGIA DE MEZCLADO Y DE SUEFICIENCIA : ver [Parte n°3.10.1](#).

-La mezcla agua + cemento forma una pasta que progresivamente va fraguando y luego se endurecimiento; la rapidez y intensidad de proceso dependen de varios factores :

- * El tipo de cemento y sus compuestos = calidad y marca que Ud. compra (ver página anterior).
- * La fineza del polvo = calidad y marca que Ud. compra.
- * La temperatura del ambiente = se puede parcialmente corregir o controlar : [diagrama](#).
- * La presencia de adyuvante = control total y efecto significativo.
- * La cantidad de agua = papel importante, no siempre bajo control : [ver diagrama](#).



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.1. CEMENTO : 1.1.2. Tipos oficiales de cemento.

Pág. 4 de 4

-La clasificación esta plasmada en la norma oficial de cada país pero más o menos internacional y define los criterios siguientes : ejemplo francés.

1. **Componente principal** : CEM I Portland. CEM II Portland+Otro, CEM III Escoria, CEM IV Puzolane, CEM V Compuesto.

2. **Composición** : clinker=K, escoria=S, Humo sílice=D, Puzolane=P o Q, pizarra T, Calcareo V o WW,

3.1. **Resistencia mecánica a 28 días** : 3 valores posibles 32.5 Mpa, 42.5 Mpa y 52.5 MPa

3.2. **Resistencia mecánica a 2-7 días** : 3 valores posible; baja L, normal N y alta R.

4. **Tiempo de fraguado** ; >45 min, >60 min y >75 min

5. **Criterios químicos** : pérdida al fuego, residuo insoluble, cantidad sulfato (SO₃), cloro (Cl), efecto puzolánico.

Ejemplo : CEM II/B-M (S-V) 42.5 N → CEM II/B = cemento Portland compuesto entre 21 y 25% de otro que el Clinker, M = cemento con 2 componentes > 5%, S = escoria, V = ceniza volante, 42.5 = resistencia mecánica y N = resistencia mecánica a 2 días >10 MPa.

5 "familias" Ejemplo : Francia.		Composición	Resistencia a los Sulfatos	Equivalencia norma Mexicana N-CMT-2-02- 001/02
CEM I	Cemento Portland	95-100 % clinker K	CEM I-SR	CPO; cemento Pórtland ordinario
CEM II	Cemento Portland compuesto			CPC; cemento pórtland compuesto
	Portland con escoria granulada	65-94 % Clinker K 6-35 % escorias S		CPEG; cement Pórtland con escoria granulada
	Portland con humo de sílice	90-94 % Clinker K 6-10% humo sílice D		CPS; cemento Pórtland con humo de sílice
	Portland con puzolane	65-94 % clinker K 6-35 % puzolane P o Q		CPP; cemento Pórtland puzolánico
	Portland con ceniza volante	65-94 % Clinker K 6-35 % ceniza volante V o W		
	Portland con pizarra	65-94 % Clinker K 6-35 % pizarra T		
	Portland con calcareo	65-94 % Clinker K 6-35 % calcáreo L o LL		
CEM III	Cemento scoria de alto horno	36-95 % escorias S	CEM III-SR	CEG; cemento con escoria granulada alto horno
CEM IV	Cemento puzolanico	45-89 % puzolane P o Q	CEM IV-SR	
CEM V	Cemento compuesto	20-64 % clinker K 18-49% escorias S 31-49 % puzolane P o Q		
Cementos especiales	Trabajo en el mar Agua con sulfatos Pretensado Rápido natural Cemento blanco	Aluminate de Calcio Aluminate de Calcio fundido Con poco sulfuro Pero Resistencia baja a 28 d Poco oxido de hierro		