

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : SUMARIO CORTO.

1.0. RESUMEN PARTE N°1.	1 pág.
1.1. EL CEMENTO Y SU FRAGUADO. 4 pág.	1.2. AGUA Y CUALIDAD DEL CONCRETO. 2 pág.
1.1.1. Cemento Portland y otros.	1.2.1. Hay que minimizar la dosis de agua cual sea el concreto.
1.1.2. Reacciones químicas de los cementos.	1.2.2. Contenidos y parámetros del agua que hay que controlar.
1.1.3. Tipos oficiales de cemento.	
1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES. 9 pág.	1.3.5. El aire.
1.3.1. Composición tipo de los concretos.	1.3.6. Los agregados.
1.3.2. Evolución del concreto fresco.	1.3.7. Los aditivos.
1.3.3. El cemento : verte Parte n° 1.1.	1.3.8. Otros materiales :
1.3.4. El agua : verte Parte n° 1.2.	1.3.9. Colorante.
1.4. LAS PROPIEDADES Y LAS CUALIDADES BUSCADAS DEL CONCRETO. 13 pág.	
1.4.1. LA DURABILIDAD depende de cuatro características.	
1.4.1.1. LA COMPACIDAD : tiene que ser maximizada.	Pág. 3
1.4.1.2. LA POROSIDAD : tiene que ser minimizada.	Pág. 4
1.4.1.3. CONSERVACION DE LA INTEGRIDAD : como ausencia de grietas.	Pág. 5
1.4.1.4. ESTABILIDAD INTERNA : sulfatos internos y reacción álcali.	Pág. 6
1.4.2. RESISTENCIA A LAS FUERZAS MECANICAS : la más importante, la compresión.	
A. Dos fórmulas para estimar la resistencia.	
B. Medición de la resistencia.	Pág. 7
C. Ajuste de la resistencia.	Pág. 8
D. Influencia del agua y el ratio Agua/Cemento.	
E. Fuerzas de tracción y flexión.	
F. La resistencia influye directamente sobre la durabilidad.	
G. Diagrama de síntesis de los parámetros de la resistencia.	
H. Ventaja del mezclador versus la olla : menos variabilidad (calidad) de la resistencia.	Pág. 10
1.4.3. REVENIMIENTO : criterio puramente práctico de trabajabilidad.	Pág. 11
1.4.4. PATOLOGIAS DEL CONCRETO : expresión de cualidades no cumplidas.	
1.5. TIPOS DE CONCRETO.	10 pág.
1.5.1. FORMULACION DEL CONCRETO : objetivos contradictorios.	Pág. 2
1.5.2. GRANDES CATEGORIAS DE CONCRETO SEGÚN LA RESISTENCIA.	Pág. 3
1.5.2.1. Concreto de muy baja resistencia : bloque y adoquin	
1.5.2.2. Concreto de baja resistencia : hasta 280 kg/cm ² = 27 MPa = 4,000 PSI	Pág. 4
1.5.2.3. Concreto Prefabricado : entre 300 y 400 kg/cm ² , ejemplo trabe.	
1.5.2.4. Concreto MR para carretera : entre 350 y 450 kg/cm ² .	Pág. 5
1.5.2.5. Concreto Pretensado : entre 400 y 600 kg/cm ² , ejemplo vigueta.	
1.5.2.6. Concreto Alto Desempeño : > 500-600 kg/cm ² ;	Pág. 6
1.5.2.7. Concreto de Muy Alto Desempeño : > 80 MPa hasta 200 MPa.	Pág. 7
1.5.3. CONCRETOS CON APLICACIONES ESPECIALES.	Pág. 7

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : SUMARIO. Pág. 1 de 4

1.0. <u>RESUMEN DE PARTE N°1.</u>	3 Páginas
1.1. <u>EL CEMENTO Y SU FRAGUADO.</u>	4 Páginas
1.1.1. Cemento Portland y otros.	
- Definición del cemento.	
- Variedad de los cementos.	
- Fabricación del cemento Portland.	
- Otros cementos.	
1.1.2. Reacciones químicas de los cementos.	
- Tablas atómica y principales moléculas.	
- Reacciones químicas : fraguado.	
- Tres diferentes moléculas de cemento.	
- Factores del fraguado.	
1.1.3. Tipos oficiales de cemento.	
- Tipología francesa basada en composición, resistencias, tiempo fraguado y aditivos.	
- Cuadro de los 5 “grupos” de cemento : CEM I hasta CEM V.	
1.2. <u>AGUA Y CUALIDAD DEL CONCRETO.</u>	2 Páginas
1.2.1. Hay que minimizar la dosis de agua cual sea el concreto.	
- Dos papeles contradictorios.	
- Definición del ratio Agua/Cemento.	
- El agua controla el espacio entre los granos de cemento fresco.	
- Relación A/C con la resistencia a la compresión.	
- Dos maneras de aumentar la resistencia de un concreto : aumentar kg de cemento o bajar litros agua.	
- Ventajas en disminuir la cantidad de agua.	
1.2.2. Contenidos y parámetros del agua que hay que controlar.	
- Tres tipos de origen del agua.	
- Contenidos químicos del agua a vigilar y controlar. .	
1.3. <u>EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES.</u>	9 Páginas
1.3.1. Composición tipo de los concretos.	
- Cemento, lechada, mortero y concreto,	
- Composición tipo.	
- Vista en sección microscópica de un concreto seco.	
- Características de los componentes del concreto.	
- Efecto <i>filler</i> del humo de sílice..	
1.3.2. Evolución del concreto fresco.	
- Evolución según las horas; fenómeno de retracción.	
- Explicación del fenómeno de retracción.	
- Descripción de las retracciones por secamiento y endógena.	
- Retracción térmica.	
- Tres orígenes de aire en el concreto.	
- Curado.	
- Influencia de la temperatura.	
1.3.3. El cemento : verte <u>Parte n° 1.1.</u>	
1.3.4. El agua : verte <u>Parte n° 1.2.</u>	

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : SUMARIO. Pág. 2 de 4

1.3.5. El aire.

- Se encuentra en los poros del concreto.
- El porcentaje de porosidad condiciona muchas propiedades del concreto.

1.3.6. Los agregados.

- Representan de 70 a 85 % de la masa del concreto.
- Que es un mineral ?
- Que es una roca ?
- Impurezas a evitar.
- El agregado grueso triturado.
- El agregado grueso "natural" : grava.
- Optimización granular.
- Contenido en agua.
- Reacciones químicas nocivas.

1.3.7. Los aditivos.

- Para que ?
- Adyuvante común.
- Adyuvante especializado.
- Impurezas a evitar.
- Dosificación máxima es 5 %.
- Adyuvantes que influyen sobre la viscosidad.
- Adyuvantes que modifican el fraguado o el endurecimiento.
- Acelerador de fraguado.
- Otros tipos.

1.3.8. Otros materiales :

- Partículas finas o muy finas; verte [Parte n° 1.1.](#)
- Material poco activo químicamente.
- Material con poder de hidratación o puzolanización.
- Fibras : ver [Parte n° 1.5.](#)

1.3.9. Colorante.

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : SUMARIO. Pág. 3 de 4

1.4. LAS PROPIEDADES Y LAS CUALIDADES BUSCADAS DEL CONCRETO.

13 Páginas

1.4.1. LA DURABILIDAD depende de cuatro características.

1.4.1.1. LA COMPACIDAD : tiene que ser maximizada.

Pág. 3

- A. La compacidad es el volumen sólido sobre el volumen
- B. Comparación del amasado con olla y con mezclador Twin-shaft.

1.4.1.2. LA POROSIDAD : tiene que ser minimizada.

Pág. 4

- A. La resistencia química a los agentes exteriores.
- B. Ventajas de los mezcladores versus la hormigonera.

1.4.1.3. CONSERVACION DE LA INTEGRIDAD : como ausencia de grietas.

Pág. 5

- A. Control de las grietas de retracción homogeneidad de los sistemas de amasado.
- B. El mezclador Ring-pan fabrica un concreto mas homogéneo que el Planetario.
- C. Definición de la homogeneidad.

Pág. 6

1.4.1.4. ESTABILIDAD INTERNA : sulfatos internos y reacción álcali.

Pág. 6

- A. Reacciones químicas y soluciones.
- B. El mezclador crea 4 a 5 veces menos de permeabilidad que la Olla.

1.4.2. RESISTENCIA A LAS FUERZAS MECANICAS : la más importante, la compresión.

- A. Dos fórmulas para estimar la resistencia.
- B. Medición de la resistencia.
- C. Ajuste de la resistencia.
- D. Influencia del agua y el ratio Agua/Cemento.
- E. Fuerzas de tracción y flexión.
- F. La resistencia influye directamente sobre la durabilidad.
- G. Diagrama de síntesis de los parámetros de la resistencia.
- H. Ventaja del mezclador versus la olla : menos variabilidad (calidad) de la resistencia.

Pág. 7

Pág. 8

Pág. 10

1.4.3. REVENIMIENTO : criterio puramente práctico de trabajabilidad.

Pág. 11

- A. Medición del revenimiento.
- B. Caso del concreto autonivelante.
- C. El mezclador aumenta el revenimiento de 75 % con respecto a la olla, y con menos agua y más compacidad.

1.4.4. PATOLOGIAS DEL CONCRETO : expresión de cualidades no cumplidas.

- A. Varios orígenes de las patologías. Pág. 12
- B. Descripción patologías, influencia “mezclado” con olla o mezclado con mezclador. Pág. 13

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : SUMARIO. Pág. 1 de 3

1.5. TIPOS DE CONCRETO. 10 Páginas.

1.5.1. FORMULACION DEL CONCRETO : objetivos contradictorios.	Pág. 2
1.5.2. GRANDES CATEGORIAS DE CONCRETO SEGÚN LA RESISTENCIA.	Pág. 3
1.5.2.1. Concreto de muy baja resistencia : bloque y adoquin	
1.5.2.2. Concreto de baja resistencia : hasta 280 kg/cm ² = 27 MPa = 4,000 PSI	Pág. 4
1.5.2.3. Concreto Prefabricado : entre 300 y 400 kg/cm ² , ejemplo trabe.	
1.5.2.4. Concreto MR para carretera : entre 350 y 450 kg/cm ² .	Pág. 5
1.5.2.5 Concreto Pretensado : entre 400 y 600 kg/cm ² , ejemplo vigueta.	
1.5.2.6. Concreto Alto Desempeño : > 500-600 kg/cm ² ; Ejemplo dovela 62 MPa a 28 días Ejemplo durmiente 66 MPa (9,500 PSI) a 28 días y 4.500 a 4 días	Pág. 6
1.5.2.7. Concreto de Muy Alto Desempeño : > 80 MPa hasta 200 MPa.	Pág. 7
1.5.3. CONCRETOS CON APLICACIONES ESPECIALES.	Pág. 7
1.5.3.1. Concreto Autonivelante.	
1.5.3.2. Concreto Lanzado.	Pág. 8
1.5.3.3. Concreto Pesado.	
1.5.3.4 Concreto Ligero.	Pág. 9
1.5.3.5. Concreto Drenante.	
1.5.2.6. Concreto con Fibra Orgánica.	Pág. 10

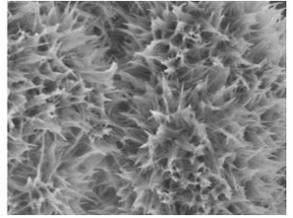
ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : RESUMEN. Pág. 1 de 3

1.1. El principal CEMENTO es el Portland, su base es el Clinker que viene de una mezcla de calcio y arcilla “cocida” a 1,480 °C.

* Otros cementos “complementarios” pueden ser escoria, ceniza volante, humo de sílice, metakaolin.



+ Agua ==>



Cemento polvo 15-20 μm y 300-600 m²/kg **Hidratación** Silicate de Calcio (CSH) duro



* Comercialmente, hay categorías de cemento que a parte del Portland puro, son mezclas de diferentes cementos., donde suele dominar el Portland.

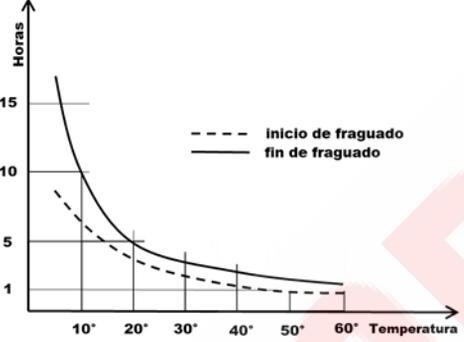
-Para un cemento Portland, la proporción de la agua necesaria para hidratarle es de solo 25 % del peso del cemento. Por lo general tan solo 90% del cemento puro con agua logra hidratarse, y unos 60-70% del cemento dentro de un concreto.

Esta proporción de cemento “activado” dependera mucho de la calidad del sistema de mezclado.

-Una vez la mezcla cemento+agua hecha hay dos fases; durante las cuales el sólido gana en resistencia :

1. El fraguado (dura unas horas) que es la reacción química de hidratación y la formación de cristales de CSH.
2. El endurecimiento (dura semanas); el cemento fraguado pierde su agua; se seca.

Influencia de la temperatura en el fraguado de cementos

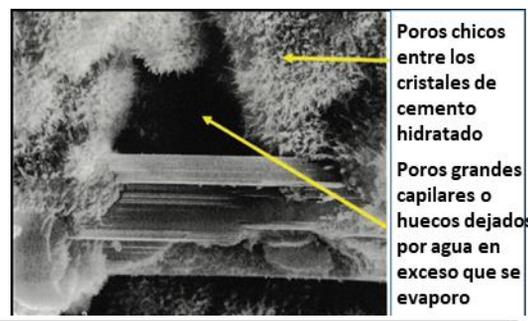


1.2. El AGUA tiene dos papeles :

- A. Hidratar el cemento.
- B. Fluidificar el mortero (o el concreto) para hacerlo trabajable (mezclado, transporte y colocación).

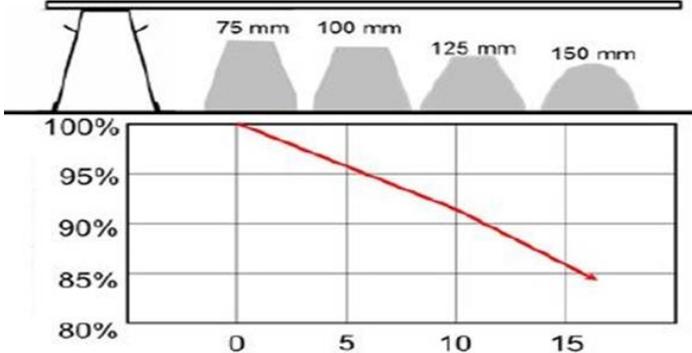
Por el ello la proporción Agua (litro)/Cemento (kg) rebasa los 25 % hasta llegar a los 60 %.

2. Pero hay un problema : el agua en exceso crea espacios entre los granos de cristales de cemento y lo debilita.



-Ventajas en disminuir la cantidad de agua :

- a. Aumenta la resistencia a la compresión.
- b. Reduce la permeabilidad (aumenta la durabilidad).
- c. Incrementa la resistencia a las intemperies.
- d. Mejora la adherencia entre el concreto y el cofre.
- e. Reduce la tendencia a la retracción y al agrietamiento.
- f. Reduce las variaciones de volumen.



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : RESUMEN. Pág. 2 de 3

1.3. El CONCRETO y sus componentes.

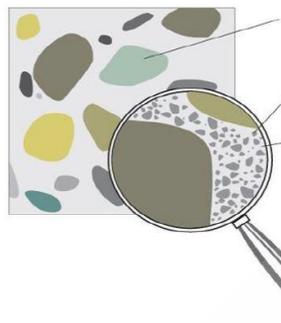
- Composición tipo de los concretos ;



LECHADA (coulis) :



MORTERO :



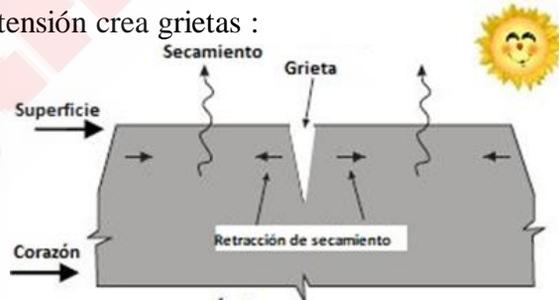
Granulado grueso
Granulado fino
Pegamento de cemento endurecido
Materiales inertes "esqueleto".
Aglutinante "carne" (cristal de cemento hidratado)

Composición (aquí volumen) típica del CONCRETO :

- Evolución del concreto fresco :



El fenómeno de retracción es normal pero la falta de continuidad de las fuerzas de tensión crea grietas :



El curado que mantiene humedad y temperatura limita los problemas.

- Si, a pesar de que no se ve, hay AIRE en el concreto : también llamado porosidad o oquedad.

Hay tres orígenes de aire :

1. Exceso de agua que luego se evapora.
2. Hay aire entre los cristales de cemento hidratados.
3. La fabricación (sistema de mezclado) y la colocación incorpora más aire; **el mezclador lo limita.**

- Los AGREGADOS son la mayor parte del concreto : 60-80% de su volumen y de su masa.

Las especies minerales son cristales homogéneos que se mezclan para formar tipos de roca :



Un mineral puro



Una roca

-Agregado fino



Arena o piedra triturada < 5 mm

Agregado grueso



Grava o piedra triturada La mayoría partículas > 5 mm En general entre 10 mm y 40 mm

Participan, después del cemento a la resistencia del concreto pero deben tener una granulometría continua sin falta de alguna dimensión.

Suelen tener agua → **Utilizar sonda de humedad LIEBHERR para ajustar la formula.**

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO : PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO (41 pág.) : RESUMEN. Pág. 3 de 3

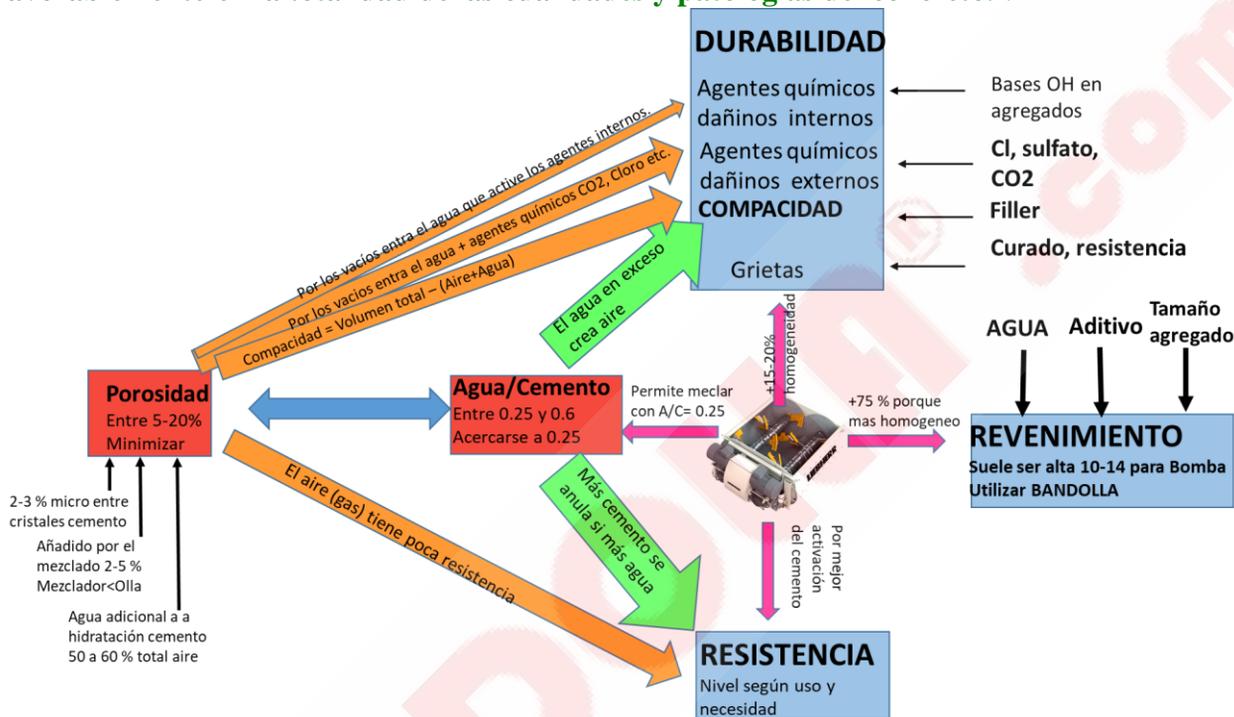
- Los ADITIVOS mejoran las propiedades del concreto.

* La categoría más común, y con razón, son los **reductores de agua**; permiten bajar el revenimiento pero sin añadir tanta agua, los más poderosos siendo los superplastificante.

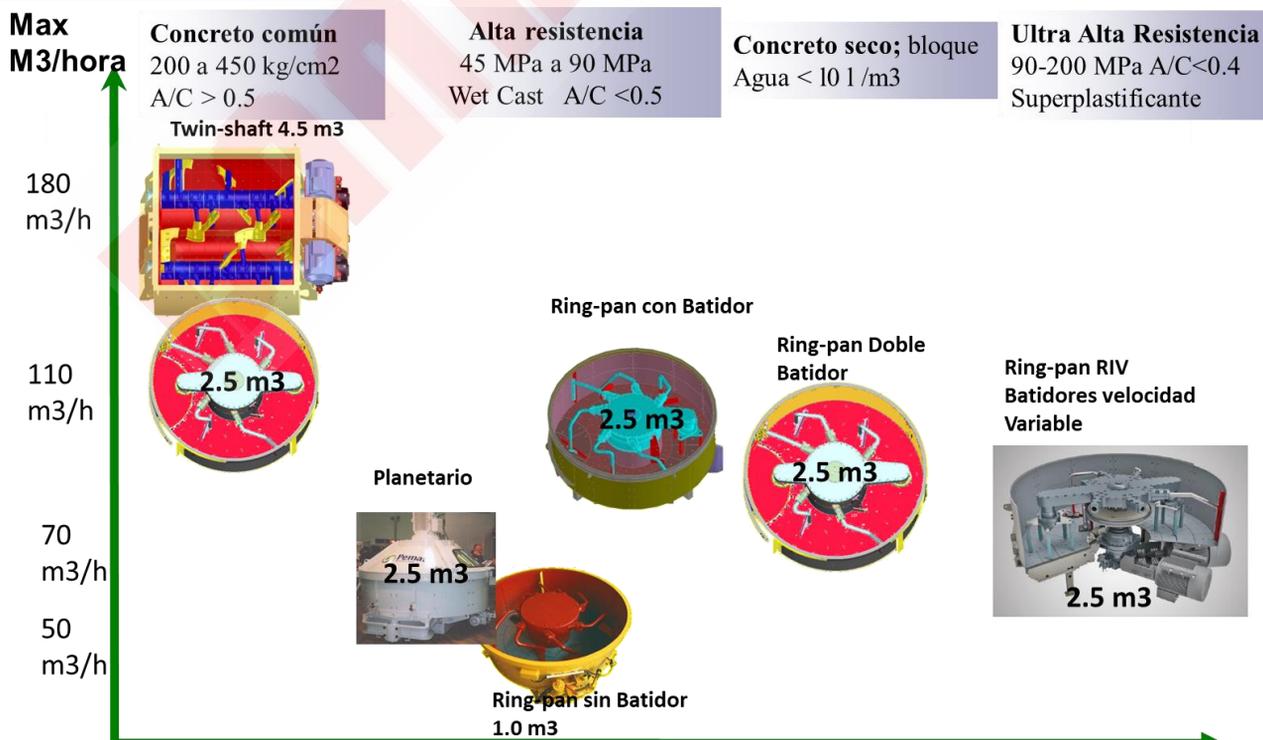
* Luego vienen los que modifican el proceso del fraguado o del endurecimiento : retardador o acelerador.

* Otros son menos comunes : creador de burbujas de aire, obstructor de porosidad, o inhibidor de corrosión.

1.4. Las PROPIEDADES del concreto : el uso de un mezclador (al lugar de la olla) interviene favorablemente en la totalidad de las cualidades y patologías del concreto. .



1.5. Las TIPOS de concreto :



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

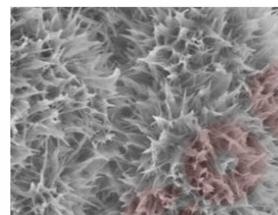
1.1. CEMENTO : 1.1.1 Cemento Portland y otros

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

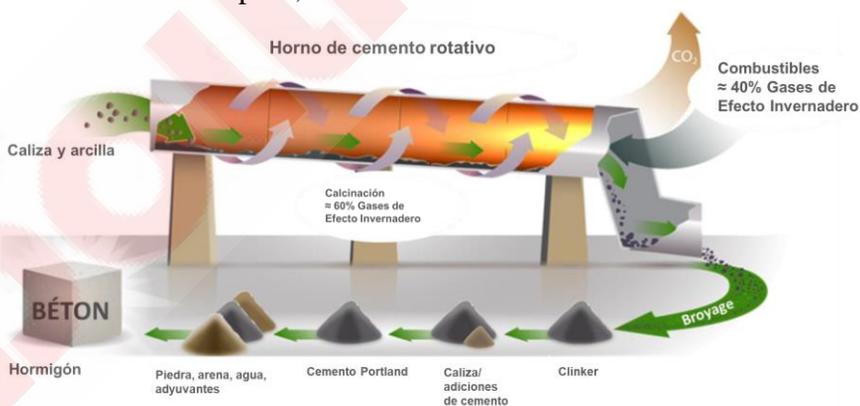
Silicate de Calcio duro

-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.

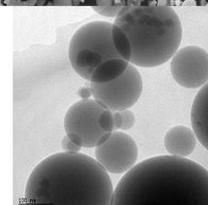
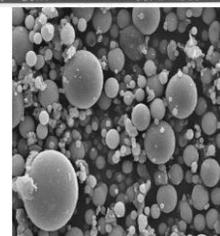
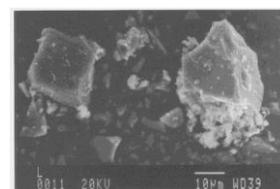
* **Escoria granulada :** viene de la fundición del mineral de hierro, la lechada (a parte del acero) que queda se enfría y forma un granulado que necesitará ser “activado” para poder hidratarse. Contiene 2/3 de Oxido de Calcio (CaO), de Silicio (SiO2) y de Magnesio (MgO). 15-20 μm y 400 à 600 m2/kg

* **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.

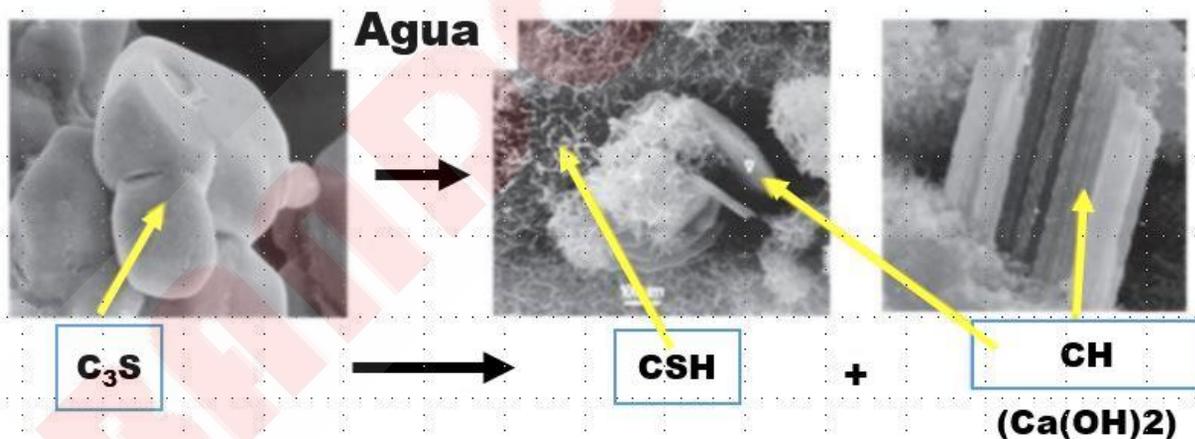
1.1. CEMENTO : 1.1.2. Reacciones químicas de los cementos. Pág. 2 de 4

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

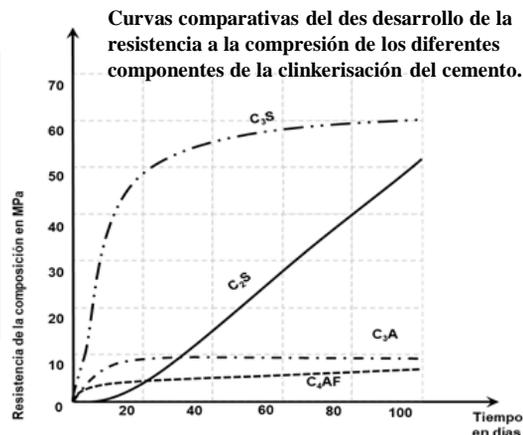
Nombre del tipo de radical molecular	Formula molécula	Abreviación utilizada en la industria cementera
Cal	CaO =	C
Silicate	SiO2 =	S
Aluminate	Al2O3 =	A
Oxido ferrico	Fe2O3 =	F
Agua	H2O	H
Portlandite	Ca(OH)2	CH

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 $C_3A + CaSO_4(Gypsum) \rightarrow C_3A(CaSO_4)H_{12}$ (mono sulfo-aluminate de calcio) y $C_3A(CaSO_4)3H_{22} = Ettringite$	70 % CSH (silicate de Calcio hidrata) 20 % Portlandite (Ca(OH)2) 10 % de silfo-aluminate
10-30 % silicate bicalcico	C2S	$2C_2S + 4H \rightarrow CSH + CH$		
2-15 % aluminate tricalcico	C3A	$2C_3A + 6H \rightarrow C_3A + H_6$		
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 :

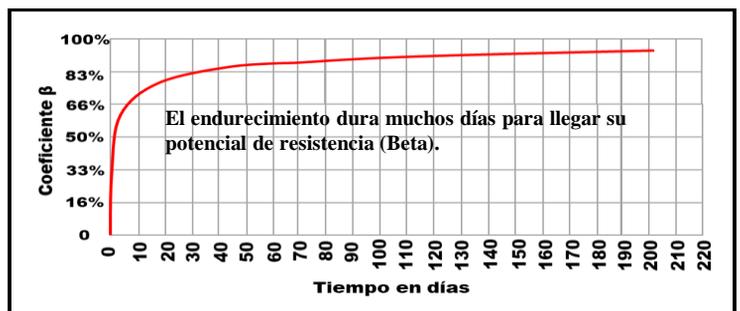
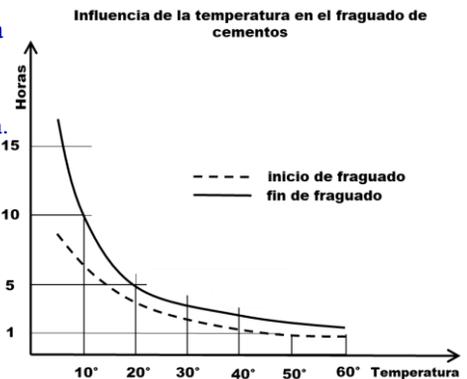
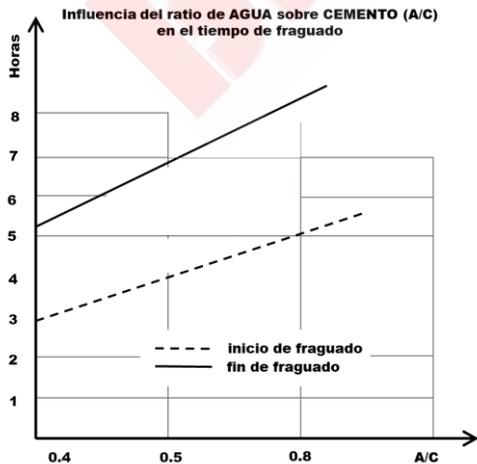
* El tipo de cemento y sus compuestos = calidad y marca que Ud. compra (ver página anterior).

* 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		

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.2. AGUA : 1.2.1. Hay que minimizar la dosis de agua cual sea el concreto. Pág. 1 de 2

- El agua añadida en la fórmula del concreto tiene dos objetivos :

1. Reacciona con el cemento : **cemento en polvo + agua líquida → cristales de silicato de calcio**
2. Permitir que el concreto fresco sea bastante fluido para poder trabajarlo; fabricar (amasar o mezclar), transportar y colar.

-Ejemplo de un concreto con 320 kg de cemento; el agua necesaria para su hidratación es de solo 80 litros (25%) pero se suele añadir un mínimo de 180 litros de agua en total, de los cuales entonces 55 % (100 litros) esta incluido en la formulación solo con el fin de fluidificar el concreto al estado fresco.

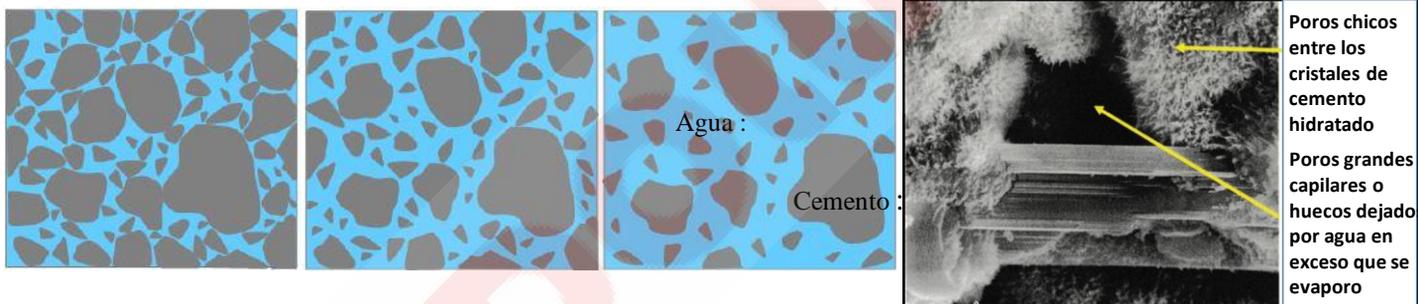
-Definición del ratio Agua/Cemento (A/C) = Litros de agua por m3 de concreto fresco dividido por kg de cemento por m3 de concreto fresco.

Ejemplo de arriba : el ratio Agua/Cemento = A/C = 180 litros / 320 kg = 0,56

Nota importante : no toma en cuenta el agua ya presente absorbida por los agregados.

-Determinación del A/C : se establece en función del revenimiento que se busca dentro de los limites impuestos por la compacidad calculada según el objetivo de durabilidad (más compacto, más duradero).

-El agua controla el espacio entre los granos de cemento fresco : -Porosidad creada por el agua en exceso* :



A/C bajo a 0.3

A/C mediano a 0.45

A/C mediano a 0.6

* El tercer tipo de porosidad es la que

→ Volumen cemento=50%

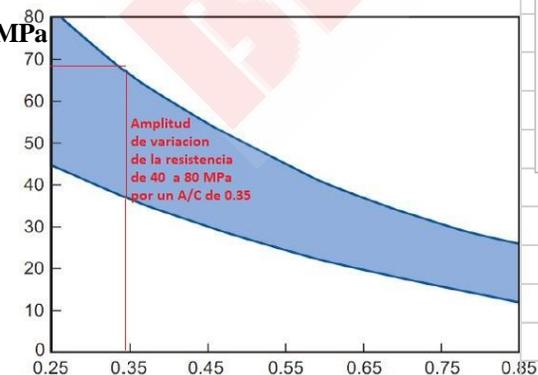
→ Volumen cemento=40%

→ Volumen cemento=35%

se crear involuntariamente durante el colado.

-Relación A/C con resistencia a la compresión (1) : (no toma en cuenta la evolución a más de 28 días)

- Dos maneras de aumentar la resistencia de un concreto



Agua (densidad=1)	Cemento (densidad=1)	Volumen total litros	A/C	Resistencia	Resistencia Mpa
180	391.1	571.1	0.35	420	41.2
180	366.6	546.6	0.40	370	36.3
180	351.9	531.9	0.45	340	33.3
180	329.8	509.8	0.50	295	28.9
180	320.0	500.0	0.55	275	27.0
==> Preserva la trabajabilidad (fluidez) pero costo más alto del m3.					
113	320.0	433.0	0.35	420	41.2
128	320.0	448.0	0.40	370	36.3
145	320.0	465.0	0.45	340	33.3
160	320.0	480.0	0.50	295	28.9
180	320.0	500.0	0.56	275	27.0
==> Más difícil para trabajar y fabricar pero costo más bajo.					
EL MEZCLADOR CENTRAL; SI PERMITE CON MENOS AGUA MAS FLUIDEZ.					

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.2. AGUA : 1.2.1. Hay que minizar la dosis de agua cual sea el concreto (2) Pág. 2 de 2

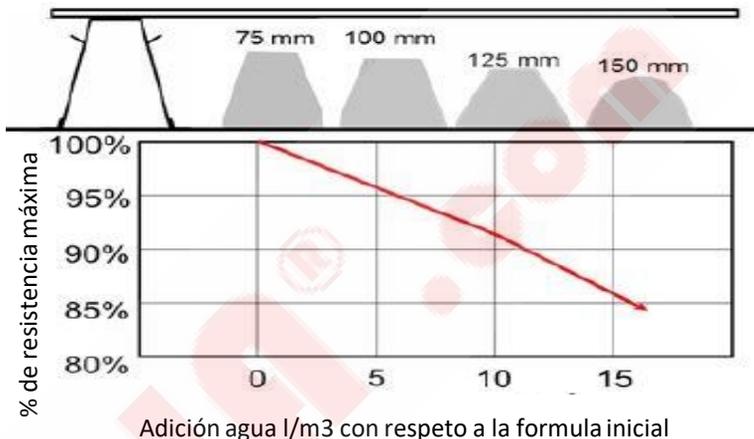
-Ventajas en disminuir la cantidad de agua :

- a. Aumenta la resistencia a la compresión.
- b. Reduce la permeabilidad (aumenta la durabilidad).
- c. Incrementa la resistencia a las intemperies.
- d. Mejora la adherencia entre el concreto y el cofre.
- e. Reduce la tendencia a la retracción y al agrietamiento.
- f. Reduce las variaciones de volumen.

-Agua añadida en obra; aumenta revenimiento PERO :

- a. Disminuye la resistencia.
- b. Baja la durabilidad al aumentar la porosidad (huecos de aire).
- c. Riesgos de grietas.
- d. Merma la cohesión del concreto, con peligro de segregación.

A/C	Resistencia	Resistencia Mpa
0.36	420	41.2
0.40	370	36.3
0.45	340	33.3
0.50	295	28.9
0.55	275	27.0
0.60	230	22.5
0.65	220	21.6
0.70	185	18.1
0.75	165	16.2
0.80	140	13.7



1.2.2. Contenidos y parámetros del agua a controlar.

- 3 diferentes tipos de origen de agua :

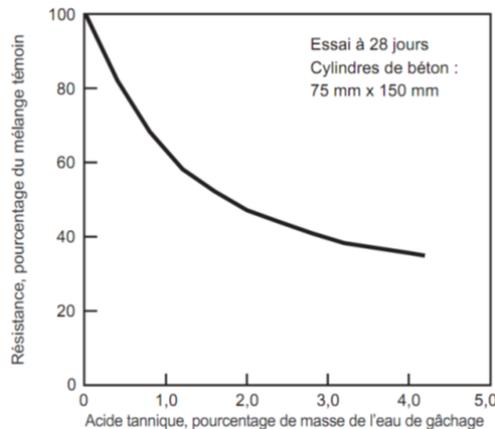
Tipo de agua	Fuente	Análisis
Agua potable	De la tapa "de casa"	No útil
Agua natural	Pozo, lago o rio	Cada 5 años
Agua de calidad variable	Reciclada, de lavado	Cada 180 días



Reciclador de concreto fresco; separa el cemento, los agregados, y el agua sucia.

- Parámetros del agua a vigilar y controlar :

Parámetro	Máximo mg/litro	Efecto negativo
*Cloruro (Cl-)	500 en concreto pretensado 1,000 para concreto reforzado	Oxida el acero Oxida el acero
*Sulfato (SO4)	3,000	Hinchazón
*Alcalis (Na2O +0,658 K2O)	600	Descamación
*Total sólidos	50,000 (=50 gramos/litro)	Mal fraguado
*pH	>6	Daña resistencia



El agua ácida (pH<6) disminuye la resistencia

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : composición. Pág. 1 de 9

CEMENTO :

Aglutinante → polvo

Ingrediente del hormigón

Reacciona con agua para formar el “pegamento del concreto”



CONCRETO :

Producto final para construir nuestra infraestructura :



Composición (volumen) típica de otras mezclas :

LECHADA (coulis) :



MORTERO :



Composición (aquí volumen) típica del CONCRETO :



Vista en sección del CONCRETO endurecido :



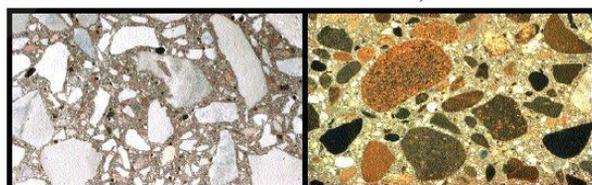
Granulado grueso

Granulado fino

Pegamento de cemento endurecido

Materiales inertes “esqueleto”.

Aglutinante “carne” (cristal de cemento hidratado)



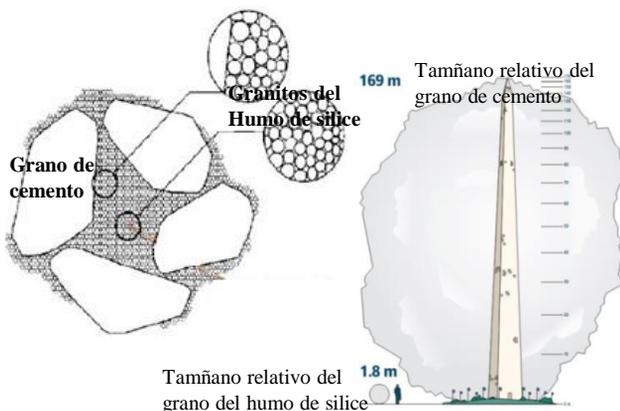
Concreto compuesto de calcáreo triturado.

Concreto compuesto de granulado sílice de río.

-Características físicas de los componentes del concreto :

Componente	Densidad absoluta; sin contar el aire entre las partículas (kg/litro)	Densidad aparente; tal como viene, con aire entre los granos (kg/litro)	Tamaño
Cemento	3.10	1.00	15-20 μm = 0.000015 metro
Agua	1.00	1.00	Líquido
Arena	2.60	1.50	< 2 mm
Agregado	2.50	1.45	4 a 60 mm
Humo de sílice			0.1-0.2 μm = 0.0000015 metro
Ceniza volante			15-20 μm = 0.000015 metro
Escoria granulada			15-20 μm = 0.000015 metro
Concreto	2.2-2.3	2.2-2.3	

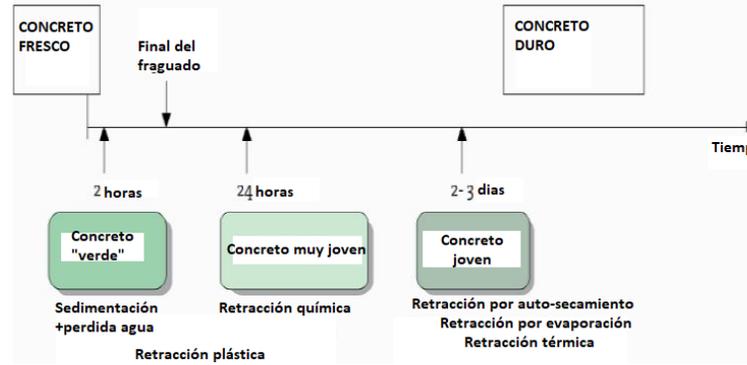
-Efecto filler (relleno) del humo de sílice :



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

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : retracciones. Pág. 2 de 9

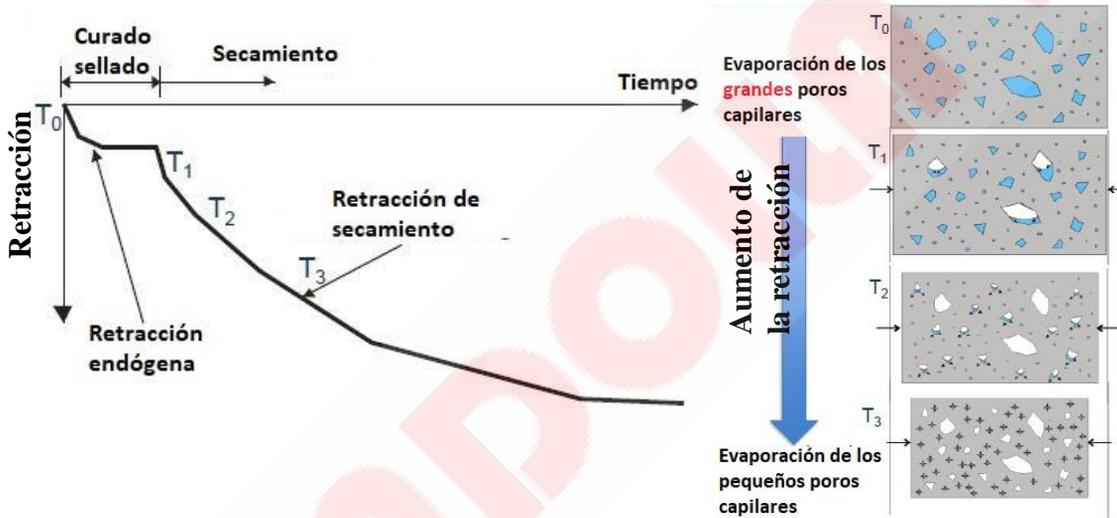
-Evolución del concreto a partir de su fraguado : fenómenos de retracción.



Retracción plástica : evaporación del agua ex exceso durante el fraguado.
Retracción endógena (química) : el volumen de los hidratos de cemento es más chico que el volumen del cemento y del agua por separado.
Retracción de secamiento : evaporación del agua por los capilares; formación de meniscos y tensiones en el concreto joven.
Retracción térmica : variación de la temperatura durante la hidratación.

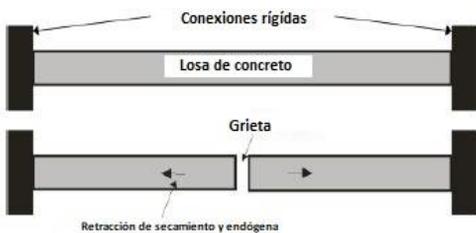
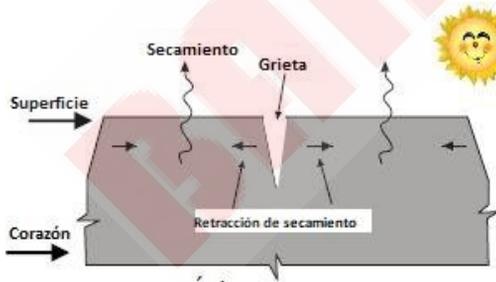
Retracción endógena : influencia de A/L (Agua/Ligante)
 -A/L > 0,45 : retracción endógena no perceptible
 -A/L entre 0,35 y 0,45 : cuidado a su control
 -A/L < 0,35 : retracciones endógena importante
 El humo de sílice aumenta la retracción endógena
 -Duración : de 0 a 7 días
 -Consejos ; prever una buena maduración a edad temprana, empezar lo más pronto posible. Saturar de humedad los capilares.

-Explicación del fenómeno de retracción.



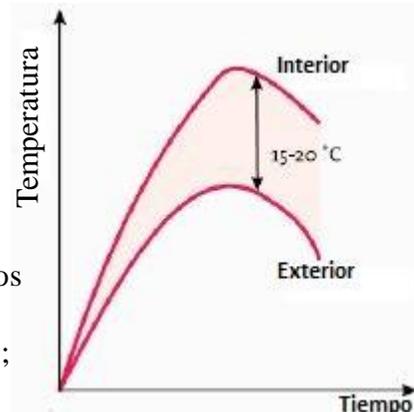
Retracción de secamiento :
 -Influye A/L si >0.60; retracción importante.
 -A/L entre 0.50 y 0.40 mucha agua libre; cuidado.
 -Si A/L < 0.40, poca retracción.
 -Humo de sílice; disminuye la retracción de secamiento pero prever una buena y larga maduración.

-Descripción de las retracciones por secamiento y endógena.



-Retracción térmica :

La hidratación del cemento produce calor. La evacuación demasiada rápida, insuficiente, o desigual de esta calor provoca una diferencia importante de temperatura entre el núcleo y los bordes, porque la superficie se enfría más rápido que el centro; caso del desencofrado.



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : curado. Pág. 3 de 9

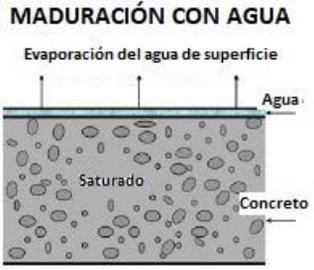
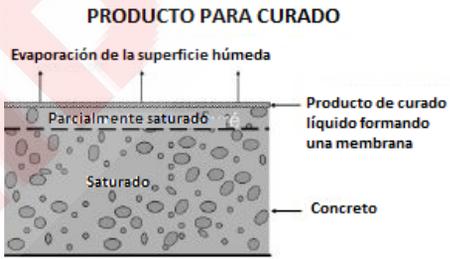
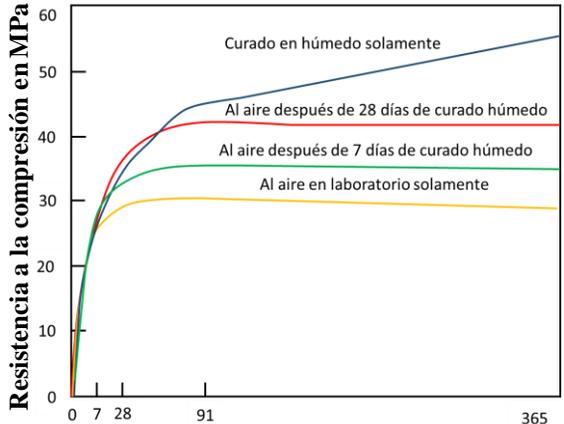
-Curado (o maduración) del concreto : mantenimiento de una humedad y de una temperatura adecuadas durante una duración suficiente después del colado, de tal forma que las propiedades deseadas del concreto pueden aparecer.

La resistencia mecánica del concreto continua de aumentar con la edad siempre que el agua presente y la temperatura favorable permiten una hidratación del cemento que todavía no lo es.

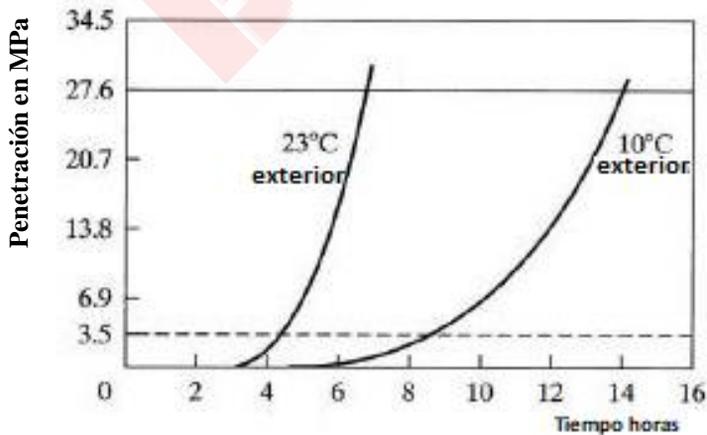
La hidratación y las ganancias de resistencia se paran cuando la humedad relativa del concreto es inferior a 80 %.

-Los métodos de curado son :

- * Productos líquidos especiales.
- * Glaseado o aspersión de agua en continuo.
- * Riego y recubrimiento con hojas de polietileno.
- * Aplicación de agua y tejido absorbente.
- * Encofrado del concreto.



-El principio y la duración del fraguado y del proceso de hidratación depende de la temperatura exterior.



Se utiliza una aguja en el concreto fresco para medir la resistencia a la penetración y entonces el avance del fraguado en MPa.



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

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : componentes. Pág. 4 de 9

CEMENTO : ver [Parte 1.1](#); "Cemento y fraguado".

AGUA: ver [Parte 1.2](#); "Agua y calidad del concreto".

AIRE = porosidad : ver [Parte 1.2](#); "Agua y calidad del concreto" y lo siguiente :

* El aire se encuentra en los poros (vacíos) del concreto;

1. Los dejados por el agua en exceso y evaporada; este aire representa el 50 a 60 % de la porosidad.
2. Los micro-poros finos de los cristales de cemento hidratado.
3. Además el aire incorporado durante la fabricación y la colocación del concreto (1 a 2 % del volumen del concreto).

Porosidad	Calidad del concreto
≤ 15 %	Buena
16% - 20 %	Media
≥ 21 %	Mala

→ El mezclador crea mucho menos aire incorporado que la olla, entonces el concreto hecho por mezclado central tiene menos porosidad y por lo tanto más compacidad y más vida útil = calidad ;) Ver [Parte 2.1](#).

* La porosidad es una de las características principales del un concreto porque influye directamente sobre:

- Las cualidades físicas y mecánicas, disminuye la resistencia, aumenta la retracción y la deformación diferida (fluage) - La durabilidad (vida útil); carbonatación, aguante del gel, penetración de los agentes químicos agresivos como el Cloro y el Sulfato ..
- Porque **donde hay porosidad, puede pasar el agua**, salvo para el aire inyectado por un adyuvante en forma de burbujas independientes que no tienen relación entre ellas.

AGREGADOS = Agregado fino (arena) + Agregado grueso (grava).

Representan de 60 a 80 % del volumen del concreto y 70 a 70 a 85 % de su masa.

Cualidades buscadas : duro, resistente, duradero, sin sustancia química nociva,

-Agregado fino



Arena o piedra triturada
< 5 mm

Agregado grueso



Grava o piedra triturada
La mayoría partículas > 5 mm
En general entre 10 mm y 40 mm



-Un **mineral** es un material no orgánico, sólido en forma de cristal que a su vez tiene una composición estándar de varios elementos químicos (átomos o moléculas), ejemplo silicio, hierro, potasio etc.



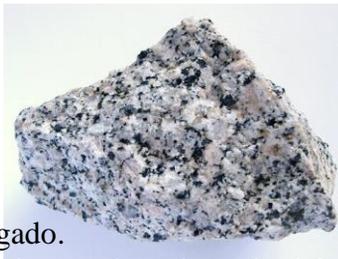
ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : componentes Pág. 5 de 9

-Un **tipo de roca** (o agregado o granulado) es un material sólido hecho de una combinación de minerales. Puede ser un solo mineral o varios minerales mezclados.

Hay tres grandes categorías :

1. Roca magmática : granito, basidiana etc.
2. Roca metaórmica : mármol, pizarra etc.
3. Roca sedimentaria : arcilla, caliza, etc.



-**Impurezas a evitar** : fines, polvo disminuyen la adherencia entre el cemento y la superficie del agregado.

-**Materiales ajenos** como el carbón o la escoria disminuyen la resistencia del concreto.

-**La materia orgánica** (humus), el aceite o el azúcar retrasan la hidratación del cemento y su endurecimiento.

-**La mica** absorba el agua y entonces afectan indirectamente la resistencia y la durabilidad del concreto,

-**El agregado grueso triturado** : se consiguen con la tala y la trituración del yacimiento de la roca.

Tienen una forma con ángulos y se pueden obtener diferentes clases de tamaño de un agregado limpio.

Su selección depende de la naturaleza de la roca, de la regularidad del banco, y del grado de trituración.

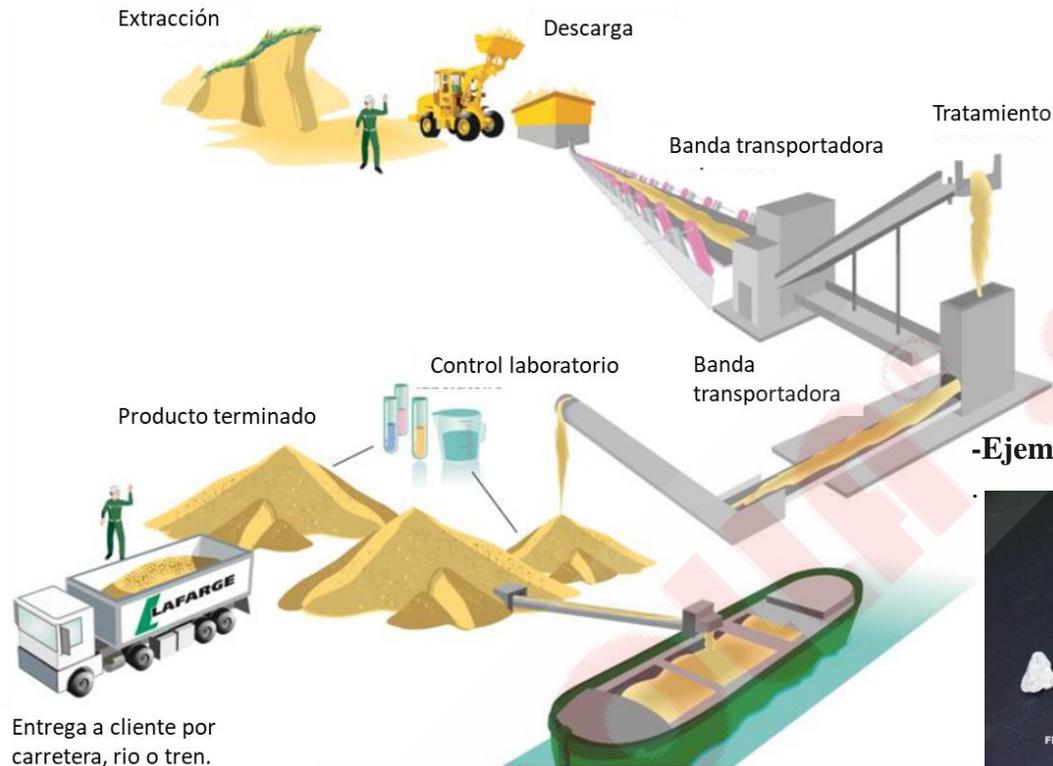


ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

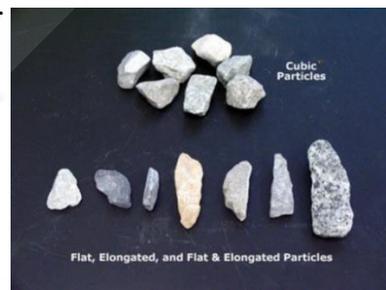
1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : componentes. Pág. 6 de 9

-Agregado grueso "natural" : grava.

Proviene de roca más tierna que se erodan en forma de grava transportada y depositada como aluvión. Hay que lavar este tipo de agregado para quitar la arcilla y hay que cribarlas 'por tamaño.

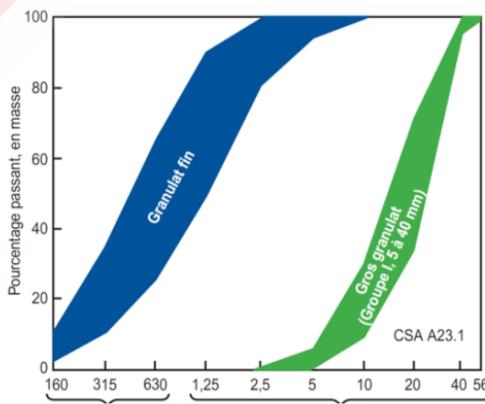
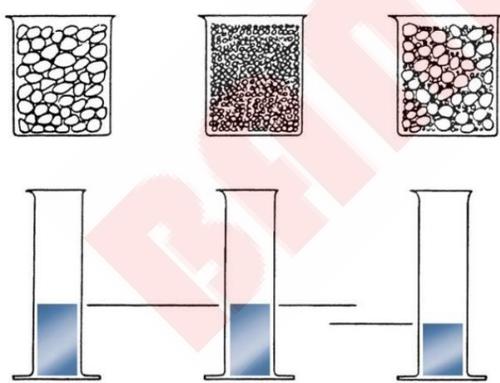


-Ejemplos de agregado grueso :



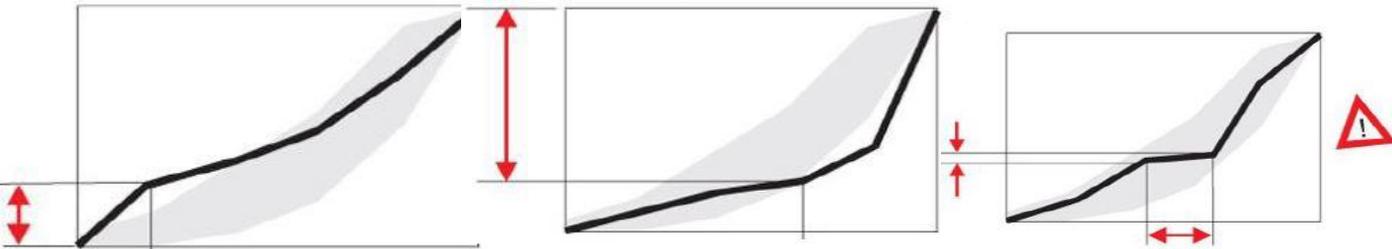
-Optimización granular : dejar lo menos posible de macro-porosidad y el agua libre que allí se coloca.

→ Incorporar agregados con una buena repartición entre diámetros.



3 clases de diámetro :

- Arena : entre 0 y 4 mm
- Grava ; entre 4 y 45 mm
- Gravilla : entre 4 y 63 mm



Demasiado agregado fino

Demasiado agregado grueso

Cuidado; una fracción falta no convendrá a ciertos R

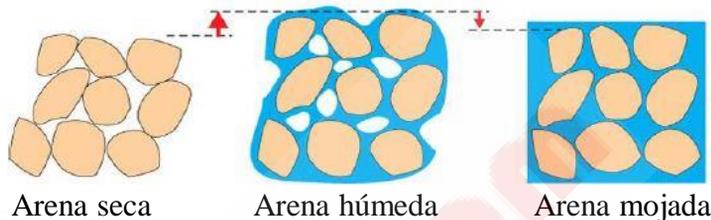
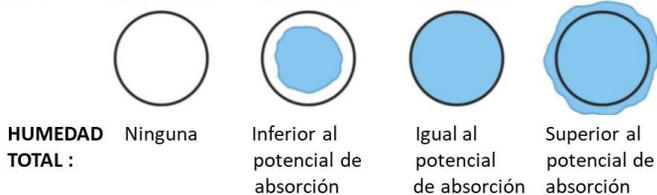
ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : componentes. Pág. 7 de 9

-Contenido en agua :

ESTADO : Secado al horno Secado al aire Saturado y seco en superficie Húmedo o mojado



-Comportamiento del arena con agua : con poca agua, su volumen tiende a aumentar hasta 30 %.

→ Cuidado en caso de dosificación por volumen.

-Reacciones químicas nocivas del agregado :

Reacción (silicio) con los hidróxidos de sodio y potasio del concreto; se fisura el concreto.

Sulfuro de hierro se pueden oxidar y hidratar y expandirse; se "hincha" el concreto.

Agregado de poca calidad que absorbe el agua y puede helarse y crear agujeros.



ADITIVO

Cualquier ingrediente, diferente del cemento, el agua y los agregados que se añade antes o durante el mezclado para mejorar las propiedades del concreto fresco o endurecido.

Para que ?

- Respetar especificaciones del concreto
- Mejorar las propiedades;
- *Aumentar resistencia bajando A/C
- *Disminuir permeabilidad y absorción,
- *Aumentar resistencia a la abrasión
- Aumentar durabilidad
- Modificar la cinética de la hidratación
- Disminuir el costo de los materiales
- Acelerar la frecuencia del desmolde
- Aumentar adherencia concreto al acero

Adyuvante especializado :

- Entrenador de aire
- Agente de viscosidad, retentor agua → Autonivelante.
- Inhibidor de corrosión
- Reductor de retracción
- Agente espumante
- Impermeabilizador
- Fibra

Adyuvante común :

- Reductor de agua :
 - * Estandar → Casi todos concretos comunes
 - * Medio alcance
 - * Superplastificante → Pretensado, prefabricado, pieza estructural, autonivelante.
- Retardador de fraguado
- Acelerador de fraguado

La dosificación total de los adyuvantes esta limitada al 5% del concreto.



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

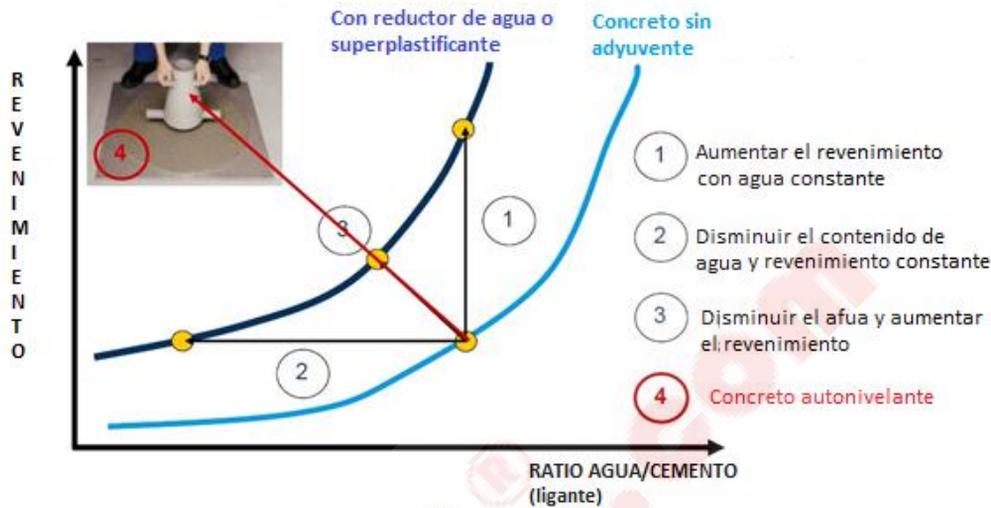
1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : componentes. Pág. 8 de 9

1. Adyuvantes que influyen sobre la reología (viscosidad) :

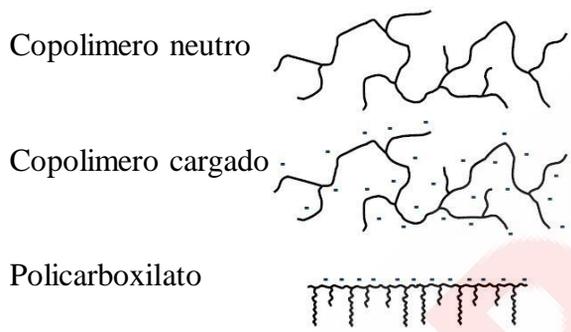
-Reductor de agua estándar; reduce el agua de 5 %.

Son lignosulfato, gluconate y azucares.

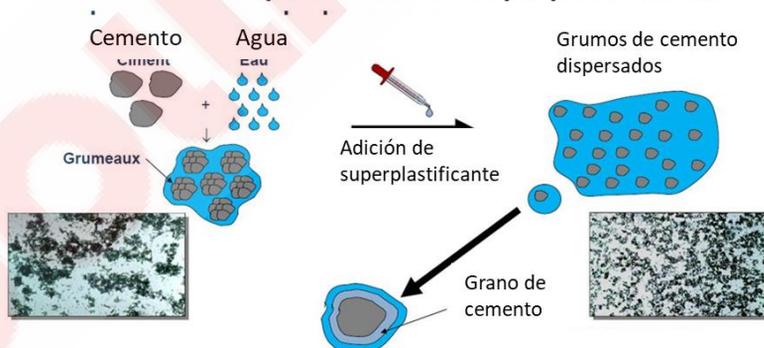
-Plastificante reductor de agua; tipo ASTM.



-Superplastificante (hiperfluidificante) altamente reductor de agua; reduce el agua de 12 a 30 %.
Son polinaftalene sulfonato (PNS), polimelamine sulfonato (PMS) y policarboxilato (PCP).
Son moléculas muy grandes que retienen/captan el agua.

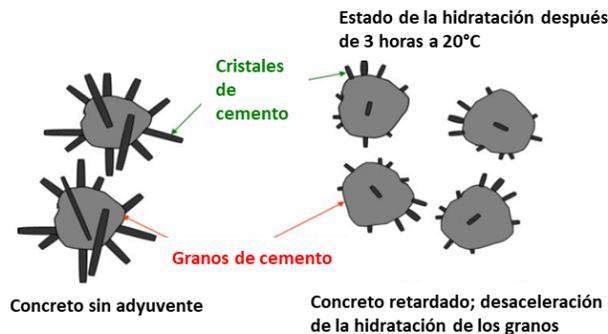
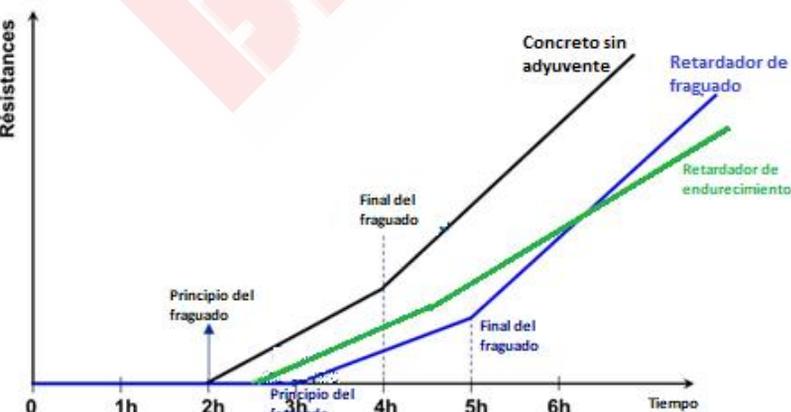


Dispersión con un superplastificante



2. Adyuvante que modifican el fraguado y/o el endurecimiento.

-Retardador de fraguado : para colado en continuo, durante el calor, transporte gran distancia, colado complicado etc.



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.3. EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES : componentes.

Pág. 9 de 9

-Acelerador de fraguado : para tiempo frío, operación de finición, reducir el tiempo para conseguir la resistencia deseada, acelerar el desencofrado, reducir costos de construcción.

*Tipo no clorado o a base de cloruro de calcio que tiene desventajas por el cloro que contiene.

*Acelera la hidratación y aumenta la resistencia a edad temprana.

→ **Prefabricado no armado.**

-Acelerador del endurecimiento.

→ **Prefabricado no armado, desencofrado rápido, pretensado.**

3. Otros tipos.

Entrenador de aire; crea burbujas microscópicas de aire para proteger del hielo ya que el agua congelada tiene espacio → **Concreto MR con hielo, durmiente.**

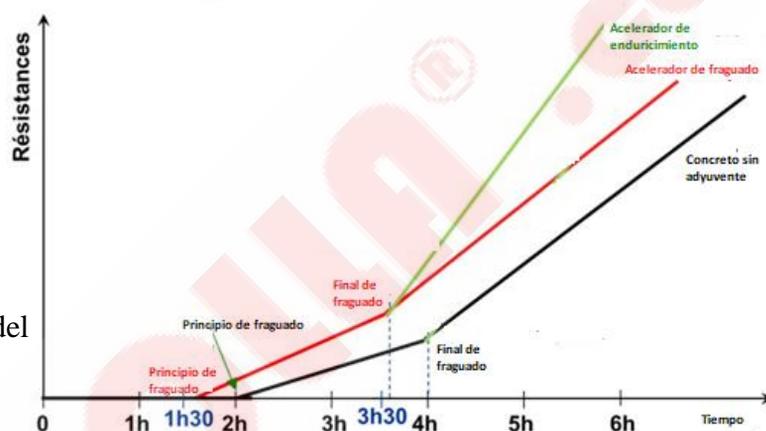
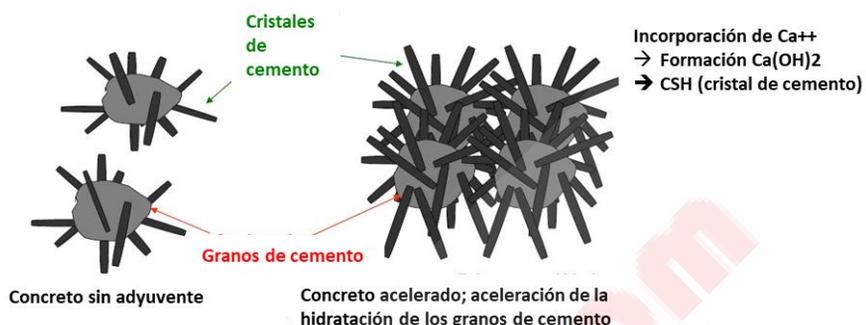
Hidrófobo de masa; disminuye la porosidad de los capilares por obstrucción (sales ácidos orgánicos+Ca)

→ **Estanque, cimentación.**

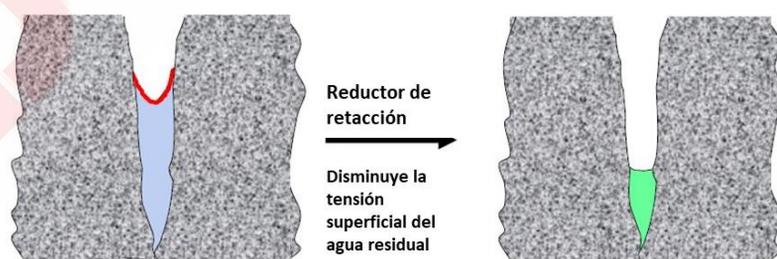
Agente modificador de la viscosidad.

Inhibidor de corrosión.

Rigidizador para concreto proyectado.



Reductor de retracción : los meniscos se reducen y bajan la tensión.



INCORPORACION DE OTROS MATERIALES

Son partículas finas a muy finas entre 1 μm a 80 μm ver también [Parte 1.1. Cemento y fraguado](#) Página n°1. Mejoran la durabilidad porque rellenan los poros de aire y aumentan la resistencia por dos razones :

1. Aumento de la compacidad (densidad, gracias al tener menos aire).
2. Tienen por lo general un poder de hidratación o de pouzolanición

Hay dos tipos :

1. Material poco activo químicamente : filler calcareo o de silicio.
2. Material con poder de hidratación o de pouzolanición; escorias, ceniza volante, humo de sílice y metakaolina. Hay que tomar en cuenta este poder en equivalente cemento en la formulación del concreto.

COLORANTES

Suelen ser polvo o emulsión de óxidos metálicos :

-Hierro para el amarillo y el rojo, Cromo para el verde, Titanio para el blanco, complejos para el azul, verde claro y amarillo vivo, Carbono en solución para el negro, el amasado tiene que durar 2 minutos.

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

1.4. PROPIEDADES BASES BUSCADAS : 1.4.0. Sumario.

Pág. 1 de 13

1.4.0. SUMARIO.

Dos síntesis : A. Efecto del mezclador sobre todas las cualidades

Pág. 2

B. Calidad de los mezcladores LIEBHERR : más homogeneidad.

1.4.1. LA DURABILIDAD depende de cuatro características.

1.4.1.1. LA COMPACIDAD : tiene que ser maximizada.

Pág. 3

A. La compacidad es el volumen sólido sobre el volumen

B. Comparación del amasado con olla y con mezclador Twin-shaft.

1.4.1.2. LA POROSIDAD : tiene que ser minimizada.

Pág. 4

A. La resistencia química a los agentes exteriores.

B. Ventajas de los mezcladores versus la hormigonera.

1.4.1.3. CONSERVACION DE LA INTEGRIDAD : como ausencia de grietas.

Pág. 5

A. Control de las grietas de retracción homogeneidad de los sistemas de amasado.

B. El mezclador Ring-pan fabrica un concreto mas homogéneo que el Planetario.

C. Definición de la homogeneidad. .

Pág. 6

1.4.1.4. ESTABILIDAD INTERNA : sulfatos internos y reacción álcali.

Pág. 6

A. Reacciones químicas y soluciones.

B. El mezclador crea 4 a 5 veces menos de permeabilidad que la Olla.

1.4.2. RESISTENCIA A LAS FUERZAS MECANICAS : la más importante, la compresión.

A. Dos fórmulas para estimar la resistencia.

B. Medición de la resistencia.

Pág. 7

C. Ajuste de la resistencia.

Pág. 8

D. Influencia del agua y el ratio Agua/Cemento.

E. Fuerzas de tracción y flexión.

F. La resistencia influye directamente sobre la durabilidad.

G. Diagrama de síntesis de los parámetros de la resistencia.

H. Ventaja del mezclador versus la olla : menos variabilidad (calidad) de la resistencia.

Pág. 10

1.4.3. REVENIMIENTO : criterio puramente práctico de trabajabilidad.

Pág. 11

A. Medición del revenimiento.

B. Caso del concreto autonivelante.

C. El mezclador aumenta el revenimiento de 75 % con respecto a la olla, y con menos agua y más compacidad.

1.4.4. PATOLOGIAS DEL CONCRETO : expresión de cualidades no cumplidas.

A. Varios orígenes de las patologías.

Pág. 12

B. Descripción patologías, influencia “mezclado” con olla o mezclado con mezclador.

Pág. 13

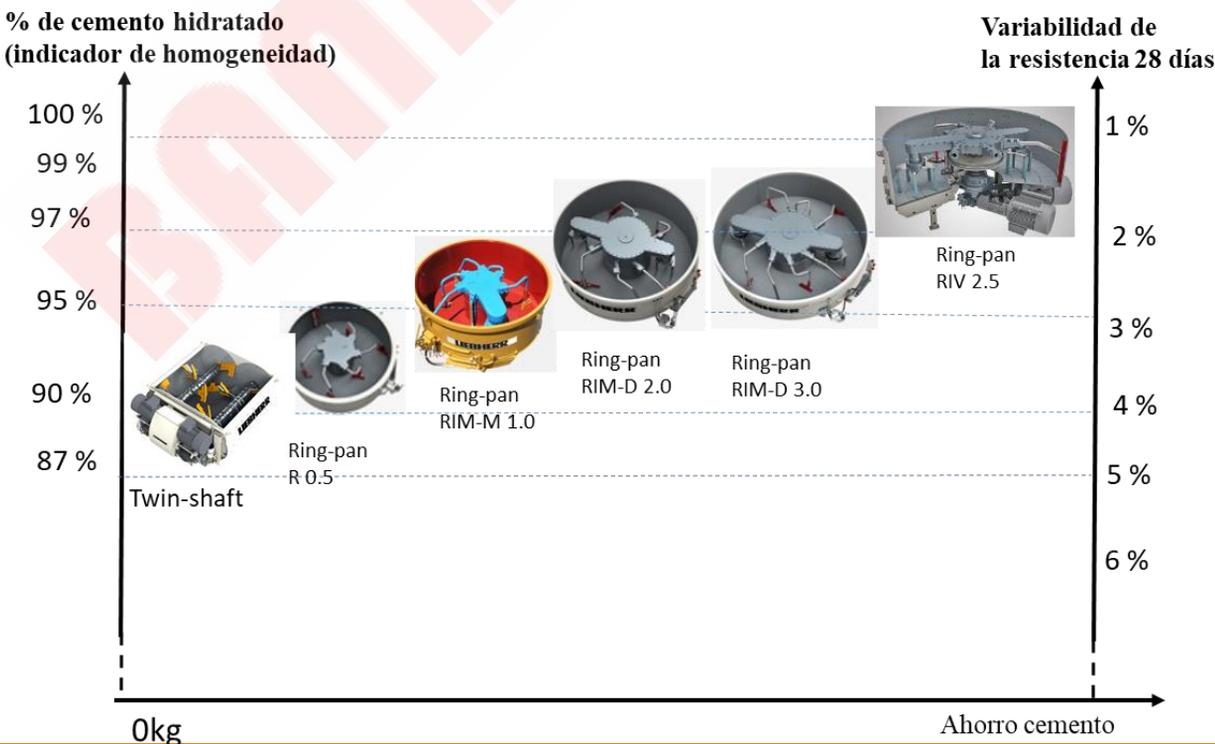
ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.4. PROPIEDADES BASES BUSCADAS : dos síntesis.

EL SISTEMA DE MEZCLADO INTERVIENE EN EL 95 % DE LAS CUALIDADES Y PATOLOGIAS DEL CONCRETO.



EL GRADO DE HOMOGENEIDAD DE LA MEZCLA DISTINGUE EL GRADO DE CALIDAD DE LOS MEZCLADORES.



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

1.4. PROPIEDADES BASES BUSCADAS : 1.4.1. La durabilidad. Pág. 3 de 13

1.4.1. LA DURABILIDAD DEPENDE DE 4 CARACTERISTICAS.

1.4.1.1. LA COMPACIDAD : tiene que ser maximizada.

-Desde hace varios años, la concepción de estructuras de concreto están más y más asociados con las prescripciones de mantenimiento y vida útil; por ejemplo en el Eurocode apareció la norma NF en 19907A1.

Demasiado siniestros han sido vinculados con la pérdida rápida de los desempeños del concreto como tal o por la pérdida de su capacidad a proteger su armadura interior.

Los prescriptores han hecho evolucionar **los textos reglamentarios con una continua mejora en la toma en cuenta de los parámetros que influyan sobre la durabilidad** :

A. La compactidad es el volumen sólido sobre el volumen total (sólido+líquido+gas).

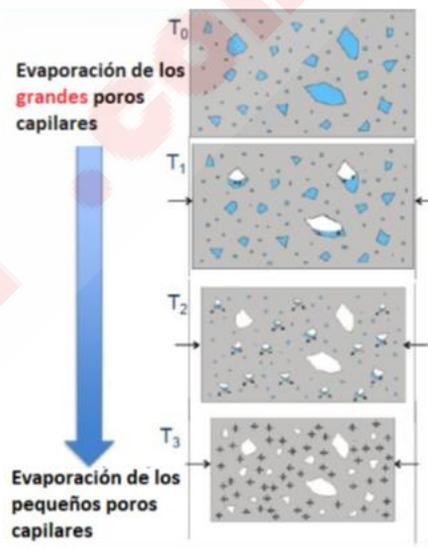
El caso del concreto el líquido es básicamente el agua y el gas el aire y su suma es la porosidad o “huecos” donde no hay cemento cristalizado, ni arena y ni agregado.

En un concreto fresco; el agua ocupa toda la porosidad.

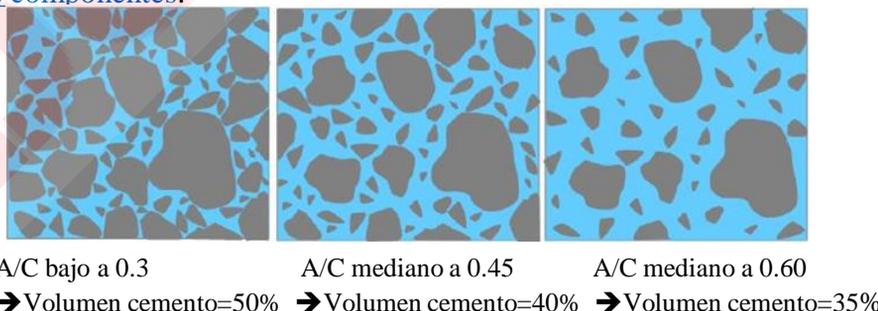
A medida que el concrete endurece, en realidad se seca y el agua por percolación y evaporación deja su lugar al aire en los huecos de porosidad.

Más la compactidad es alta, menos hay aire en el concreto lo cual a la disminuye la resistencia (en un gaz y “aguanta” menos peso obviamente) y deja la posibilidad al agua de infiltrarse de nuevos por los poros trayendo agentes químicos dañinos.

Ver también [Parte n°1.3. : Concreto y sus componentes.](#)



Es la proporción Agua/cemento en litro/kg quien definirá la compactidad : en teoría con un A/C de solo 0.25 es suficiente para hidratar (activar) el cemento).
Ver también [Parte n°1.2. : Agua y calidad del concreto.](#)



B. EJEMPLO : VENTAJAS MEZCLADOR VERSUS OLLA; datos científicos.

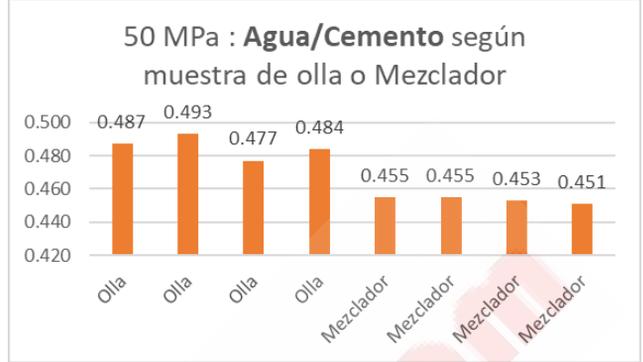
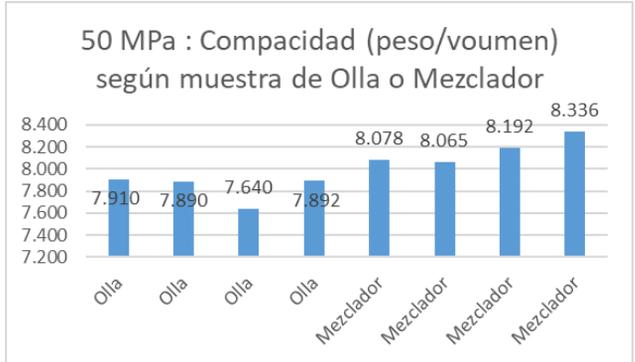
2.3. Síntesis (cuadros y gráficas) de los resultados científicos; mejores propiedades; *resistencia más alta, Agua/Cemento más bajo, revenimiento más alto, y permeabilidad más baja.*

Muestra	Sistema de mezcla	Concreto objetivo	Resistencia medida	Peso= Compacida	Agua / Cemento	Permeabilidad =1/Porosida
1	Olla	50 MPa	52.420	7.910	0.487	9.0
2	Olla	50 MPa	51.430	7.890	0.493	8.0
3	Olla	50 MPa	50.200	7.640	0.477	
4	Olla	50 MPa	49.730	7.892	0.484	9.0
5	Mezclador	50 MPa	59.700	8.078	0.455	
6	Mezclador	50 MPa	59.600	8.065	0.455	1.5
7	Mezclador	50 MPa	60.540	8.192	0.453	
8	Mezclador	50 MPa	61.600	8.336	0.451	1.5

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

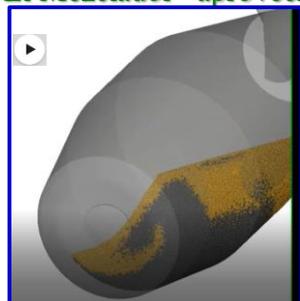
PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.4. PROPIEDADES BASES BUSCADAS : 1.4.1. La durabilidad. Pág. 4 de 13



VENTAJAS MEZCLADOR VERSUS OLLA : en la práctica.

- La olla NO puede mezclar un concreto con A/C bajo mientras que el mezclador lo puede.
- El Mezclador “aprovecha” mucho mejor el agua que la Olla a fin de hidratar el cemento.



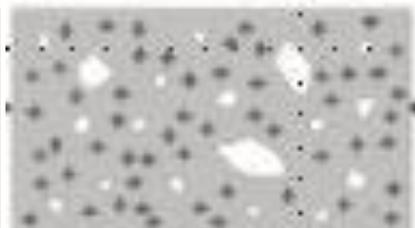
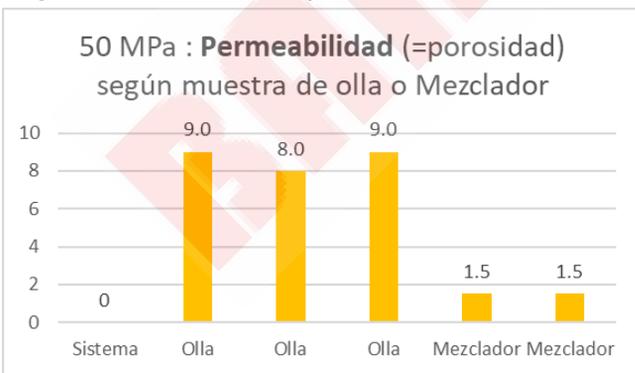
Olla/hormigonera/Tilt : NO hay herramienta dinámica para mezclar, solo la gravedad interviene.

Mezclador (Twin-shaft) : hay 2 ejes que giran con brazos y sus paletas que “baten” el concreto dinámicamente.

1.4.1.2. LA POROSIDAD : tiene que ser minimizada.

A. La resistencia química a los agentes exteriores ; depende de la selección del cemento y dosificación pero mucho también de la porosidad, que mas hay, más deja penetrar el agua. También ver Parte 1.4.7. Patología del concreto.

2.3. Síntesis (cuadros y gráficas) de los resultados científicos; mejores propiedades; *resistencia más alta, Agua/Cemento más bajo, revenimiento más alto, y permeabilidad más baja.*



Poros (blanco) y capilares (negro)



Agua percola y gotea en el techo de una casa provocando el hinchamiento del concreto.

B. VENTAJAS MEZCLADOR VERSUS OLLA :

- El aire añadido durante el amasado es mucho menor con el mezclador.
- La homogeneidad muy superior propicia la ausencia de grandes poros y capilares donde el agua puede entrar fácilmente.

POROSIDAD = OQUEDAD = AIRE Y AGUA : tiene que la más mínima y inferior a 15 %.

-Disminuye la resistencia.

-Deja pasar el agua; problema con las heladas, los cloros, sulfatos o CO2 que trae consigo el agua.

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

1.4. PROPIEDADES BASES BUSCADAS : 1.4.1. La durabilidad.

1.4.1.3. CONSERVACIÓN INTEGRIDAD como ausencia agrietamiento.

A. El control de las grietas de retracción, si bien suele ser controlado por la cura, se hace más fácil con un concreto lo más homogéneo que se pueda. Ver también parte 1.3. páginas 2 y 3.

% de cemento hidratado (indicador de homogeneidad)

Variabilidad de la resistencia 28 días

Tendencia natural del cemento a formar grumos hidrófobos : la olla no permite desmenuzarse los grumos que se forman de cemento en el concreto.



B. EL MEZCLADOR RING-PAN FABRICA UN CONCRETO MAS HOMOGENEO QUE EL MEZCLADOR PLANETARIO :

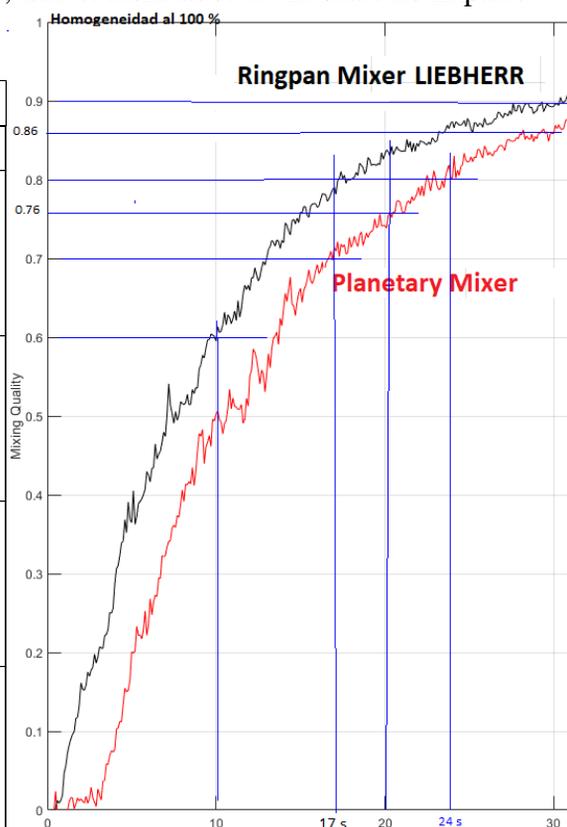
Según el sistema de mezclado de menos a más avanzado, la homogeneidad (buena repartición de cada componente y ausencia de grumo) aumenta desde el uso de la olla hasta el mezclador Ring-pan. Arriba de una cierta resistencia (cierta cantidad de cemento/m3), aún el mezclador Twin-shaft no imparte bastante energía a la mezcla para que no se formen grumo.

Ejemplo : entre Ring-pan LIEBHERR y Planetario :

2.9. Simulación matemática

LIEBHERR Ring-pan sin Batidor y Planetario n°1.

		Ring-pan LIEBHERR	
Tiempo	Homogeneidad	Visualización por modelo matemático	
0	0		
10	60%		
20	83%		
30	90%		



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.4. PROPIEDADES BASES BUSCADAS : 1.4.1. La durabilidad. Pág. 6 de 13

C. Definición de la homogeneidad.

Variance:
$$s_K^2(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{K,i}(t) - \mu_K)^2$$

Standard deviation:
$$s_K(t) = \sqrt{s_K^2(t)}$$

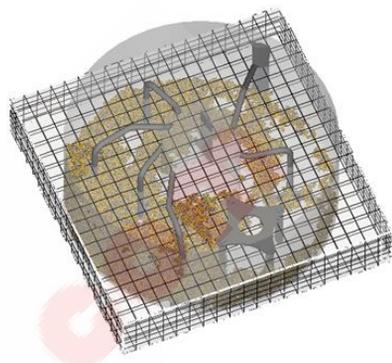
$$v_K(t) = \frac{s_K(t)}{\mu_K}$$

n - Number of probes
 $x_{K,i}$ - Mass percentage of component K in probe i at timestep t
 μ_K - Mass percentage which is supposed to be in the probe K

Mixing quality :

$$M_K(t) = 1 - v_K(t)$$

$M_K = 0$ inhomogenous Mixture
 $M_K = 1$ homogenous Mixture



1.4.1.4. ESTABILIDAD INTERNA : sulfatos internos y reacción álcali.

A. Diferentes reacciones y soluciones.

Reacciones sulfáticas internas : se trata de la formación diferida de Etringite a causa de un exceso de temperatura (superior a 65 °C).

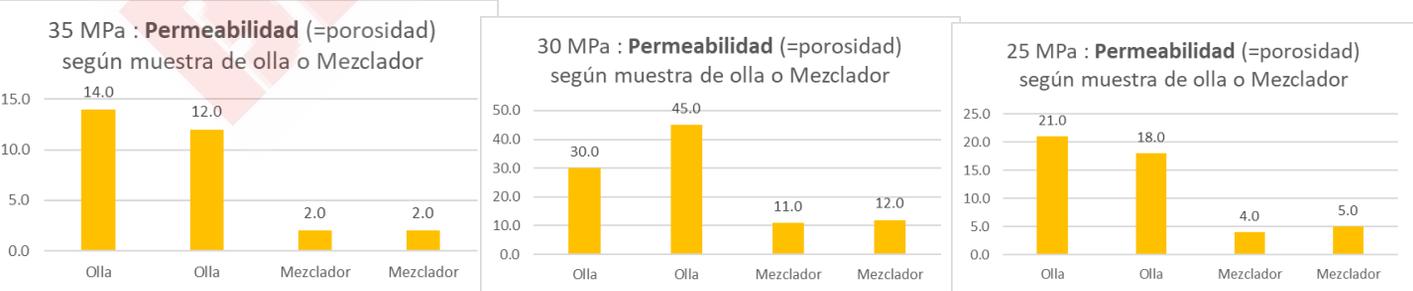
Reacciones alcalina-silice : son agregados que contiene silicio amorfo o mal cristalizado que pueden reaccionar con oxidos alcalinos presentes en el concreto y dar, **en presencia de agua**, geles de silicatos alcalinos con carácter expansivo.

La solución a este ultimo problema (el más frecuente) es la verificación química de los agregados, pero también el control de la porosidad que deja penetrar el agua, la cual cataliza la reacción química álcali-sílice.

También ver Parte 1.4.7. Patología del concreto.

B. VENTAJAS MEZCLADOR VERSUS OLLA : el mezclador disminuye la permeabilidad de 4 a 5 veces, cual sea el tipo de concreto.

2.3. Síntesis (cuadros y gráficas) de los resultados científicos; mejores propiedades: *resistencia más alta, Agua/Cemento más bajo, revenimiento más alto, y permeabilidad más baja.*



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

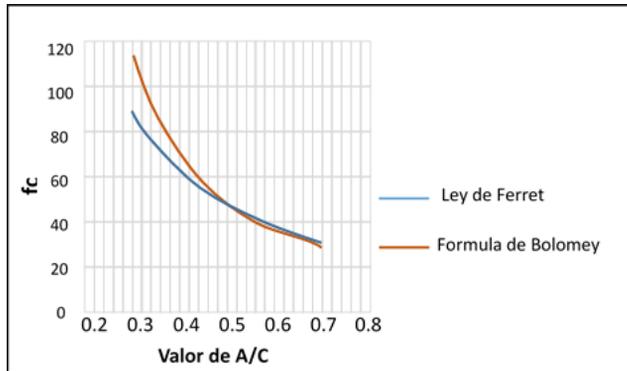
1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.2. La resistencia (1)

1.4.2. RESISTENCIA A MECANICAS : la más importante es la resistencia a la compresión.

A. Dos formulas que evalúan la resistencia.

-Fórmula René FERET (Francia, 1898) ha establecido una relación la resistencia en compresión, la resistencia del cemento y el volumen de los componentes :

$$f_c = k_f \cdot f_{mc} \cdot [c / (c + e + a)]^2$$



f_c : resistencia en compresión del concreto en MPa
 f_{mc} : resistencia en compresión del cemento en MPa
 k_f : coeficiente dependiendo de la naturaleza y calidad de los agregados

c : volumen de cemento en m^3

e : volumen de agua en m^3

a : volumen de aire en m^3

También en función de $A_{\text{Eficiente}}/C$:

$$f_c = k_f \cdot f_{mc} / [(1 + 3.1 / (A/C))]^2$$

-Fórmula de Bolomey :

$$f_c = R_{c28} \times G ((C/E)-0.5)$$

Calidad de los agregados : G	Dimensión Dmax de los agregados		
	Fino (D ≤ 16 mm)	Medio (20 ≤ D ≤ 40 mm)	Grueso (D ≥ 50 mm)
Excelente	0.55	0.60	0.65
Bueno	0.45	0.50	0.55
Justo	0.35	0.40	0.45

B. Medición de la resistencia a la compresión : naturalmente alta del concreto.

Medición (f_c') : cilindro-muestra del concreto sometido a una carga axial a los 28 días, unidad méga Pascal (MPa).

Si se hace a los 7 días, por lo general la medida es de 75 % la de los 28 días.

Entre 56 y 90 días, gana unos 10 a 15 % de resistencia adicional a la de los 28 días.

Su valor de entre 20 y 40 MPa para la mayoría de los concretos y más de 50 MPa para los de alta resistencia.

DESARROLLO DE LA RESISTENCIA



→ La resistencia depende de la compacidad es decir que todos los componentes con densidad < 2 la bajan ; aire (porosidad d=1.2 o agua d=1.

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

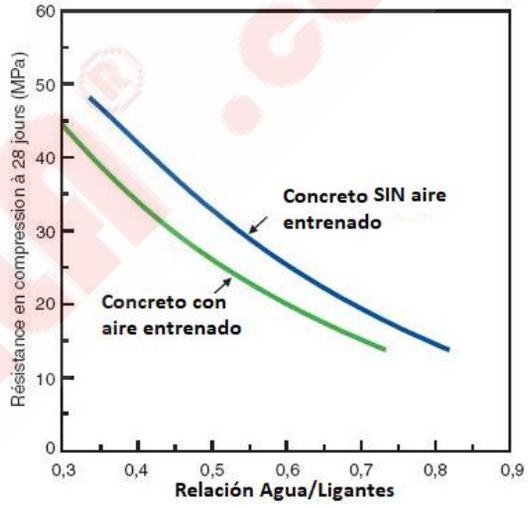
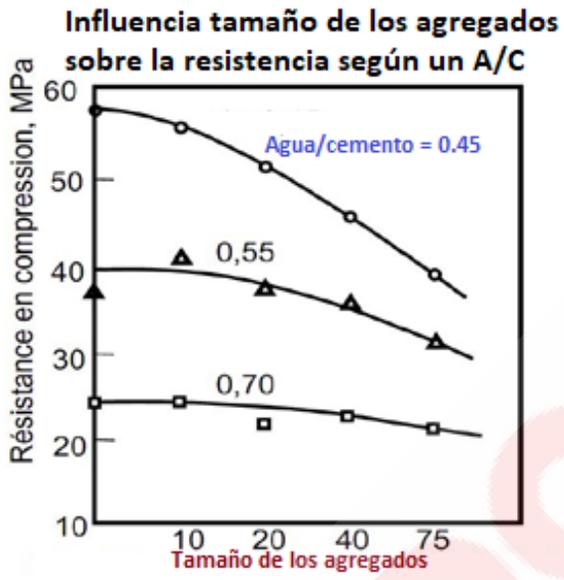
PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.2. La resistencia (2). Pág. 8 de 13

1.4.2. RESISTENCIA A MECANICAS : la más importante es la resistencia a la compresión.

C. Ajuste corregir la resistencia :

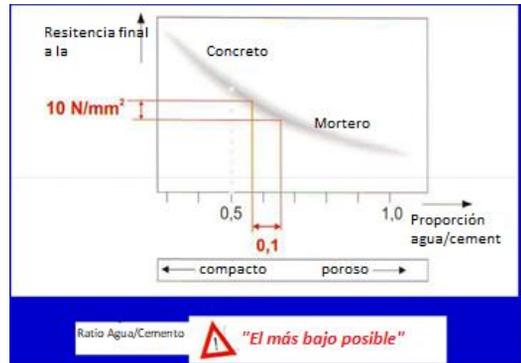
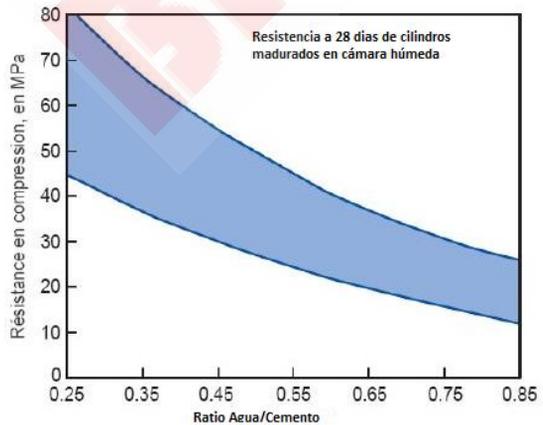
- * Aumentar el cemento,
- * Bajar el ratio Agua/Cemento
- * Cambiar la formulación
- * Controlar el aire entrenado
- * Reducir tiempo de transporte



-Influencia del agua y el ración Agua/Cemento :

1. Es el “principio activo” (la molécula H₂O) reacciona con el cemento dando la rigidez del concreto.
2. Influencia directamente la porosidad por los vacíos que pueda dejar al percollar o evaporarse.

-Relación entre la resistencia y el agua :



→ El aire adentro del concreto lo debilita.

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

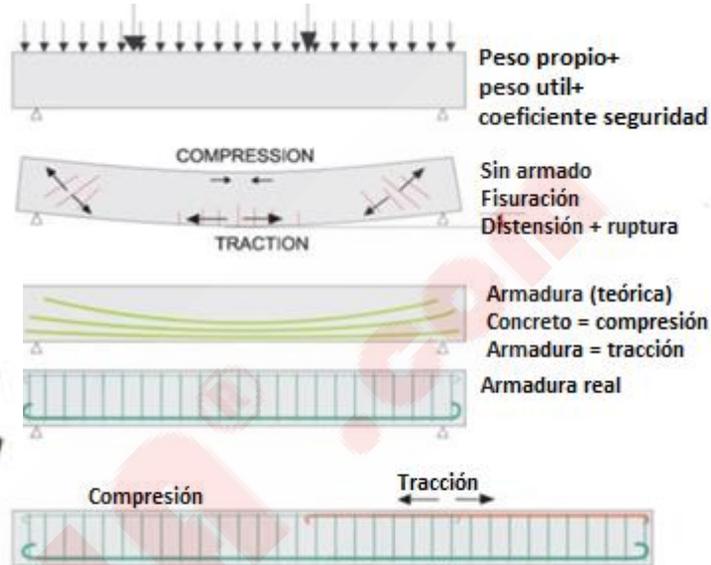
PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.2. La resistencia (3).

E. Fuerzas de tracción y de flexión.

-Solución para mejorar la tracción y a la flexión : el concreto armado.

-Resistencia a la tracción y a la flexión : naturalmente baja del concreto.



Aparato para medir la tracción

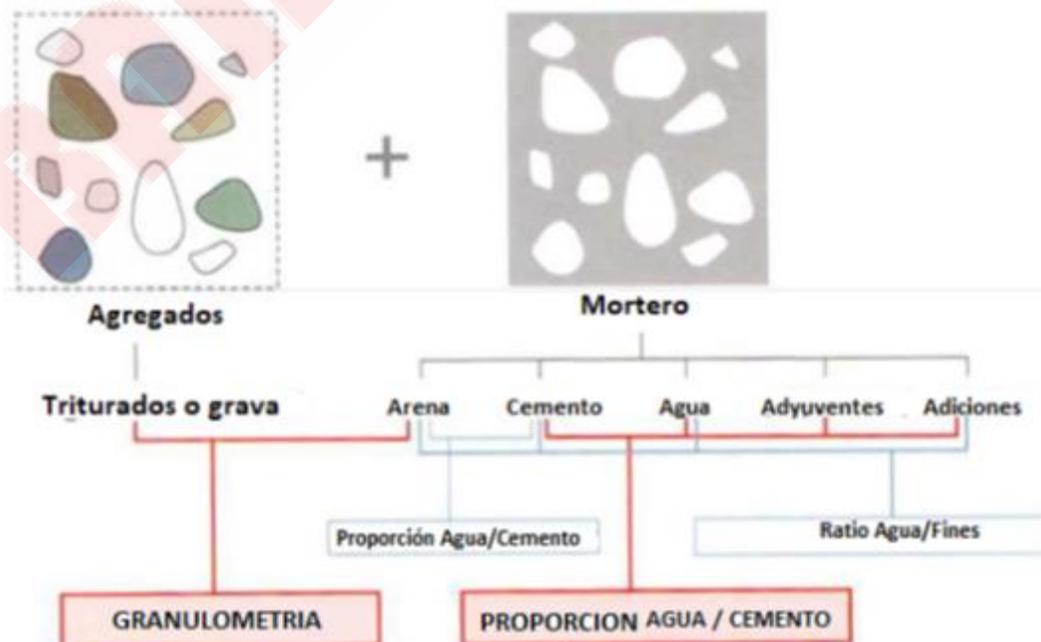


Aparato para medir la flexión

F. La resistencia vale por sí pero también como indicador n°1 de la durabilidad :

- Porque, **resiste más al desgaste mecánico** por compresión, gracias a 3 características :
 - Calidad en resistencia del cemento solo : proporción de C3S (silicato tricálcico) y C2S (silicato bicálcico) en su fórmula.
 - Aportación de agua la más cercana a la necesidad de hidratación del cemento o sea 25 % = **ratio Agua/cemento de 0.25**.
 - Agregados y arena finos y con **granulometría bien escalonada**.
- Si es alta, por parte es por tener menos aire (porosidad), **resiste más al desgaste químico**, ya que el agua no puede infiltrar fácilmente y llevar consigo moléculas (cloros, sulfatos etc.) que deshacen los cristales de cemento hidratado o se atacan al armado (corrosión).

G. Diagrama de síntesis de los parámetros de la resistencia :



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

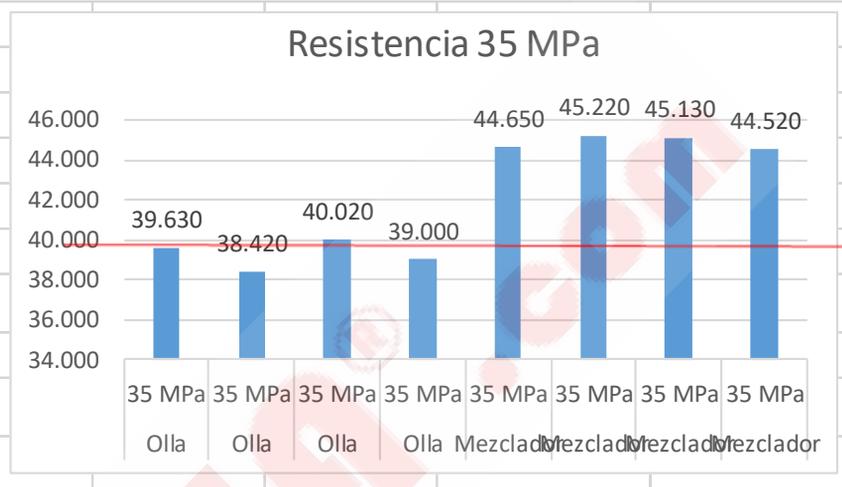
1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.2. La resistencia (4)

H. VENTAJAS MEZCLADOR VERSUS OLLA : menos variabilidad (calidad) de la resistencia.

2.3. Síntesis (cuadros y gráficas) de los resultados científicos; [Ver prueba científica 2.3. Mejores propiedades](#); *resistencia más alta, Agua/Cemento más bajo, revenimiento más alto, y permeabilidad más baja.*

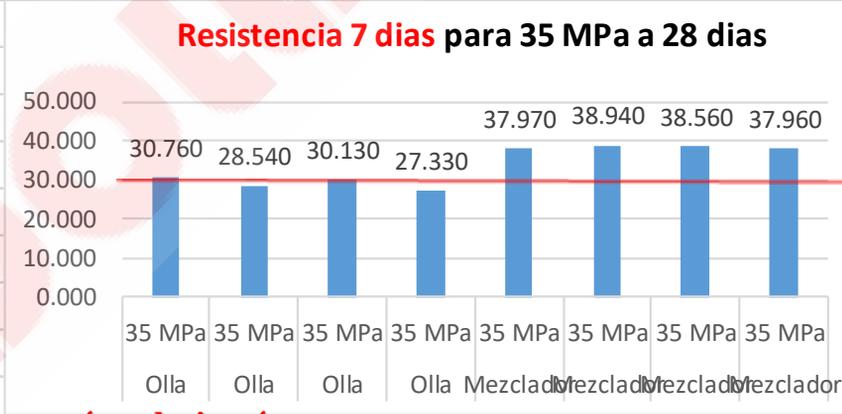
-Resistencia a 28 días :

N°	Sistema	Concreto	Resistencia x	Desviación x-promedio	Desviación expo 2
9	Olla	35 MPa	39.630	0.362	0.131
10	Olla	35 MPa	38.420	-0.848	0.718
11	Olla	35 MPa	40.020	0.752	0.566
12	Olla	35 MPa	39.000	-0.268	0.072
Total			157.070	0.000	1.487
Promedio			39.268	Varianza	0.372
			Desviación estandar	0.610	
==>Variación alta de : 1.553%					
13	Mezclador	35 MPa	44.650	-0.230	0.053
14	Mezclador	35 MPa	45.220	0.340	0.116
15	Mezclador	35 MPa	45.130	0.250	0.063
26	Mezclador	35 MPa	44.520	-0.360	0.130
Total			179.520	0.000	0.361
Promedio			44.880	Varianza	0.090
			Desviación estandar	0.300	
==>Variación baja : 0.669%					



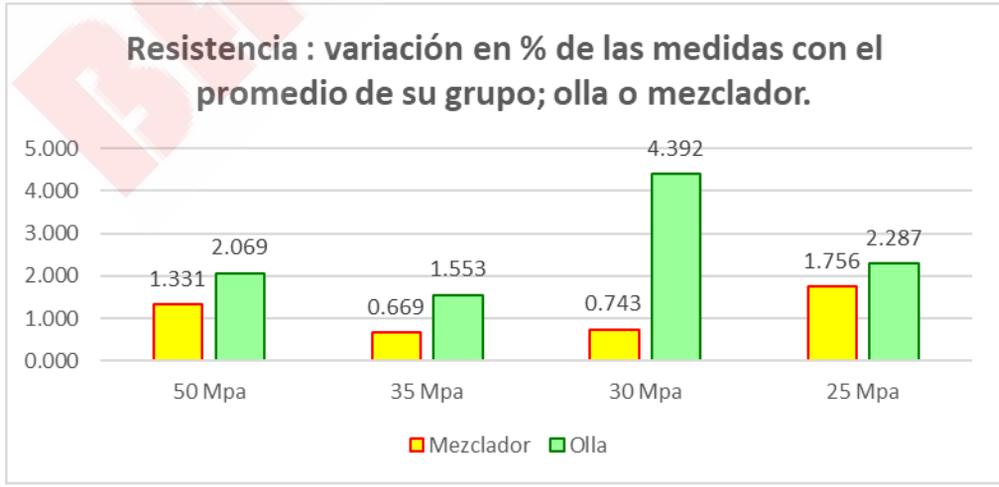
→ Se ahorra más del 10 % de cemento con un mezclador.

-Resistencia a temprana edad :



→ Se puede desencofrar más temprano y así producir más.

-La variabilidad de la resistencia es menor : se explica por la mejora de la homogeneidad.



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

1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.3. La trabajabilidad.

1.4.3. REVENIMIENTO : criterio puramente práctico de trabajabilidad.

A. Condiciones a respetar para hacer la nuestra : ver [video CEMEX](#) (cliente de BANDOLLA).

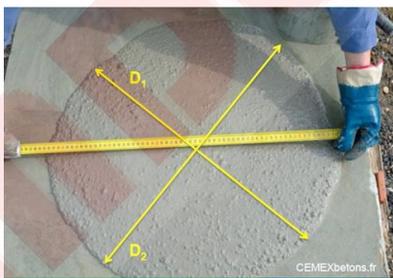
- * Hacerlo entre los 105 y 90 % de la descarga.
- * Volumen de mínimo 20 litros.
- No más de 10 minutos después del ultimo batido
- de la olla.



1. La muestra de vierte en un cono.
2. El modelo se retira.
3. La columna de concreto se hunde.
4. La distancia vertical entre de hundimiento se mide (+/- mm).



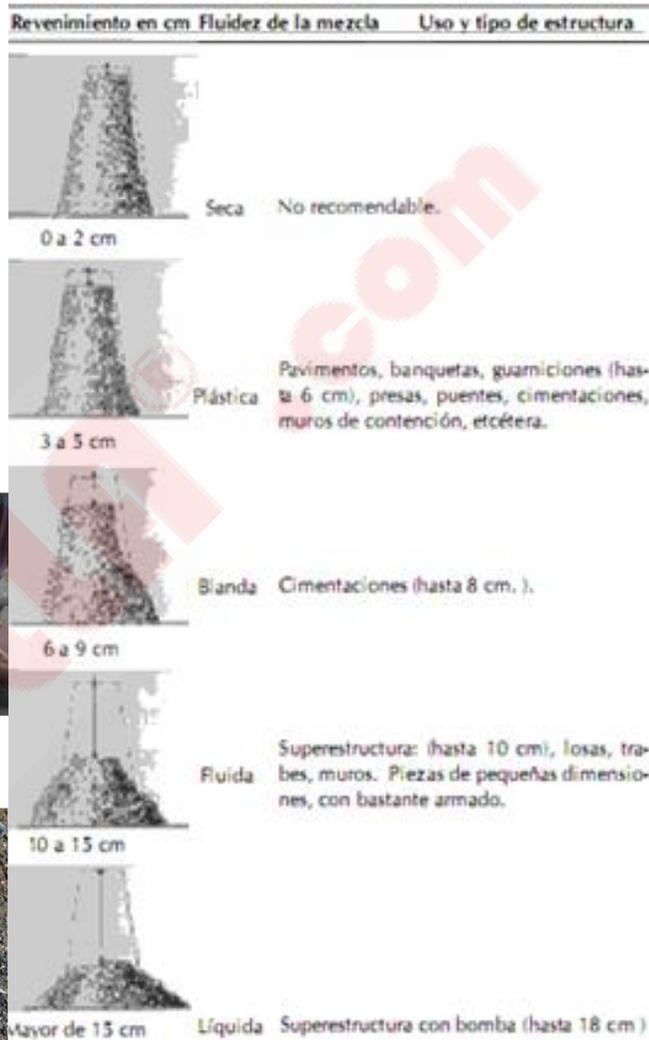
B. Protocolo para concreto autonivelante : se mide el diámetro



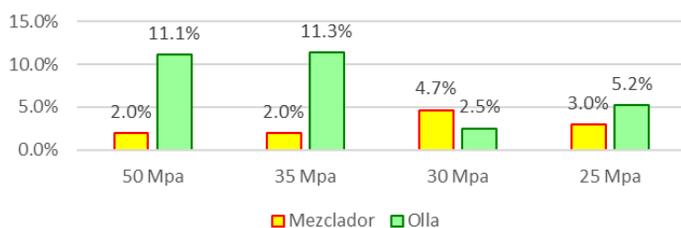
C. **VENTAJAS MEZCLADOR VERSUS OLLA: revenimiento 75 % más alto con menos agua y más compacidad).**

2.3. Síntesis de los resultados científicos; mejores propiedades:

Sistema de mezcla	Concreto objetivo	Peso	Agua/cen medida	Revenimiento mm
Olla	25 MPa	7.837	0.530	100
Olla	25 MPa	7.883	0.537	105
Olla	25 MPa	7.833	0.550	110
Olla	25 MPa	7.767	0.549	115
Mezclador	25 MPa	7.858	0.490	180
Mezclador	25 MPa	7.815	0.481	190
Mezclador	25 MPa	7.879	0.489	185
Mezclador	25 MPa	7.839	0.495	195



Revenimiento : variación en % de las medidas con el promedio de su grupo; olla o mezclador.



➔ Posibilidad añadir menos agua y mejorar A/C + ahorrar aditivos.

➔ Mejor control de la calidad del colado y concreto más homogéneo.

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

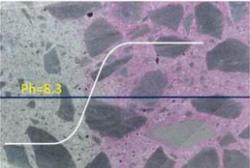
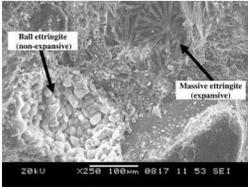
PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.4. Patalogias del concreto. Pág. 12 de 13

1.4.4. PATALOGIAS DEL CONCRETO : expresión de cualidades no cumplidas.

-La calidad de una obra en concreto depende de :

- * Especificaciones estructurales y buen diseño.
- * **Fabricación de un concreto bien formulado y mezclado**, así que su transporte.
- * Colocación y acabado del concreto.
- * Maduración del concreto (hasta 7 días), y desde las primeras horas.

Cualidades y patología	Origen	Síntoma	Sistema de mezclado malo : Olla y Tilt.	Ventaja mezclador adecuado
Problemas mecánicos	Molestia física durante las retracciones del fraguado y endurecimiento; temperatura, agua, diferencia de composición	Grieta o estallido 	- Hidratación baja de entre 75 y 80 % - Grumo, bolita de cemento no hidratado, falta homogeneidad	- Hidratación al 90-100 % - No hay grumo ni bolita Homogeneidad del concreto
Problemas químicos :				
Agresión externa	CO2+Agua penetra →Carbonatación	Perdida de resistencia y dureza superficial 	Creación de porosidad; agua excesiva, incorporación aire (olla varios minutos) por el tiempo y palas El agua puede penetrar	Menos porosidad. El agua penetra menos
	Cloruros+agua penetra	Corrosión de la armadura, hinchamiento 	Creación de porosidad; agua excesiva, incorporación aire (olla varios minutos) por el tiempo y palas El agua puede penetrar	Menos porosidad. El agua penetra menos
	Hielo	Hinchamiento	Creación de porosidad; agua excesiva, incorporación aire (olla	Menos porosidad.
	Hielo	Hinchamiento 	Creación de porosidad; agua excesiva, incorporación aire (olla varios minutos) por el tiempo y palas El agua puede penetrar	Menos porosidad. El agua penetra menos
Agresiones internas	Sulfatos libres internamente Page 319	Formación de ettringite secundaria Hinchamiento 	La causa es la temperatura excesiva durante el fraguado y endurecimiento.	
	Reacción alcalina con agua Frecuente	Presencia NaOH en agregados 	Creación de porosidad; agua excesiva, incorporación aire (olla varios minutos) por el tiempo y palas El agua puede penetrar y activar los sales básicos	Menos porosidad. El agua penetra menos

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

1.4. PROPIEDADES BUSCADAS : 1.4.4. Patalogias del concreto. Pág. 13 de 13

<p>Concreto armado</p>	<p>Corrosión armadura</p>	<p>OH creado por bajada de pH, carbonación o cloruro Hinchamiento y estallido</p> 	<p>Creación de porosidad; agua excesiva, incorporación aire (olla varios minutos) por el tiempo y palas El agua puede penetrar y activar los sales básicos</p>	<p>Menos porosidad. El agua penetra menos</p>
<p>Concreto pretensado</p>	<p>Sensibilidad a la corrosión bajo tensión</p>	<p>Riesgos de penetración de agua+sales corosivos</p> 	<p>Dificultad de controlar la retracción térmica</p>	<p>Homogeneidad mejorar el control de la retracción térmica Limita la porosidad Aumenta todavía más su compacidad y lo valora</p>

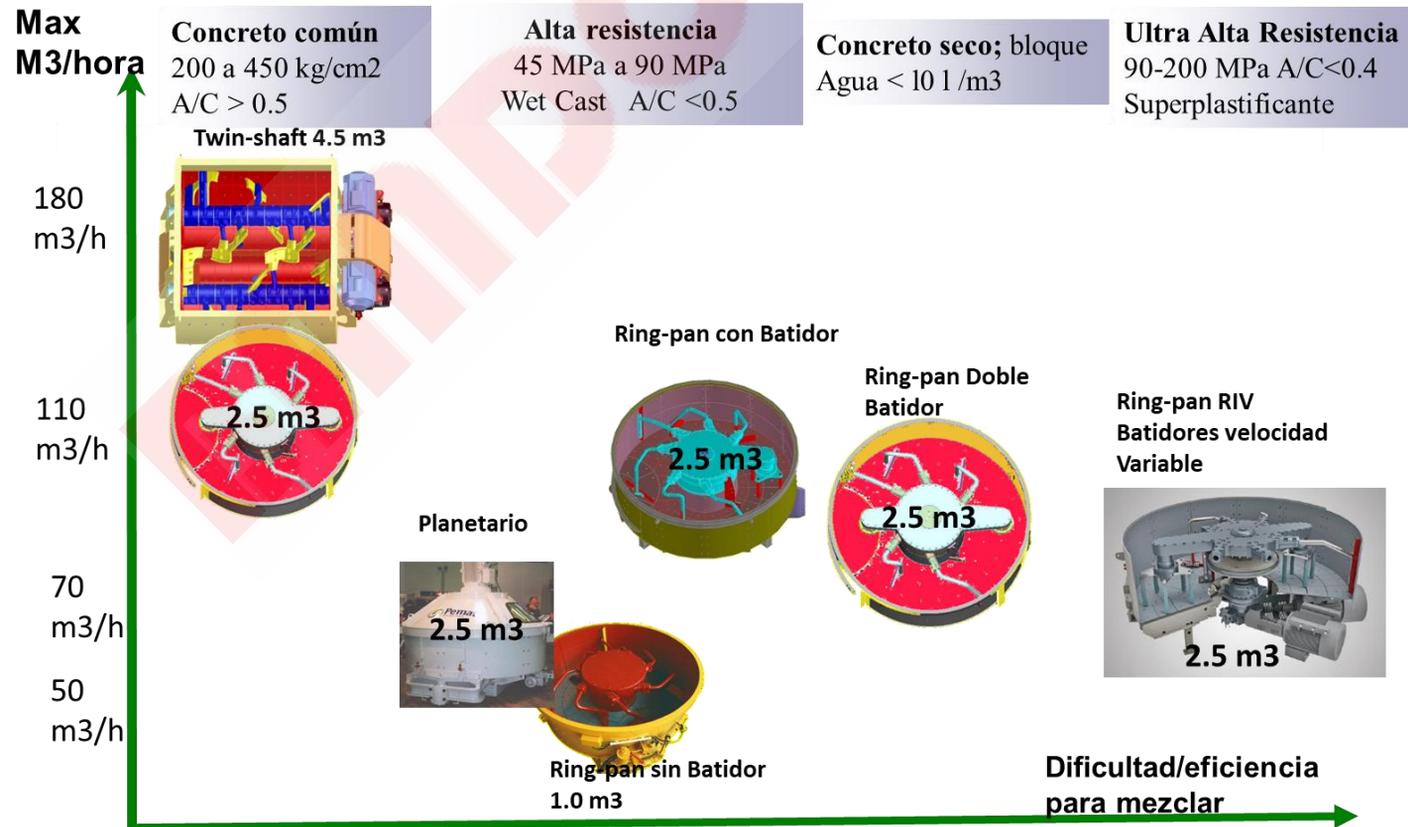
ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.5. TIPOS DE CONCRETO : SUMARIO.

1.5.0. SUMARIO.

1.5.1. FORMULACION DEL CONCRETO : objetivos contradictorios.	Pág. 2
1.5.2. GRANDES CATEGORIAS DE CONCRETO SEGÚN LA RESISTENCIA.	Pág. 3
1.5.2.1. Concreto de muy baja resistencia : bloque y adoquin	
1.5.2.2. Concreto de baja resistencia : hasta 280 kg/cm ² = 27 MPa = 4,000 PSI	Pág. 4
1.5.2.3. Concreto Prefabricado : entre 300 y 400 kg/cm ² , ejemplo trabe.	
1.5.2.4. Concreto MR para carretera : entre 350 y 450 kg/cm ² .	Pág. 5
1.5.2.5 Concreto Pretensado : entre 400 y 600 kg/cm ² , ejemplo vigueta.	
1.5.2.6. Concreto Alto Desempeño : > 500-600 kg/cm ² ;	Pág. 6
Ejemplo dovela 62 MPa a 28 días	
Ejemplo durmiente 66 MPa (9,500 PSI) a 28 días y 4.500 a 4 días	
1.5.2.7. Concreto de Muy Alto Desempeño : > 80 MPa hasta 200 MPa.	Pág. 7
1.5.3. CONCRETOS CON APLICACIONES ESPECIALES.	Pág. 7
1.5.3.1. Concreto Autonivelante.	
1.5.3.2. Concreto Lanzado.	Pág. 8
1.5.3.3. Concreto Pesado.	
1.5.3.4 Concreto Ligero.	Pág. 9
1.5.3.5. Concreto Drenante.	
1.5.2.6. Concreto con Fibra Orgánica.	Pág. 10



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.5. TIPOS DE CONCRETO : Formulación.

1.5.1. FORMULACION PRACTICA DEL CONCRETO : objetivos contradictorios.

-La composición responde a muchos requisitos :

- *Proyecto : medidas de la obra, estructura de acero etc.
- *Obra : equipo de colocación, clima etc.
- *Propiedad de concreto : trabajabilidad, durabilidad, compactibilidad, aspecto, etc.

. Dosificación del cemento : tiene dos funciones :

- a. La función de "ligante" : depende del tipo de cemento, de su resistencia propia y de la evolución de endurecimiento.
- b. La función *filler* : completa la curva de granulometría como elemento muy fino. Los hidratos de cemento tapan progresivamente los capilares (espacios vacíos entre los elementos sólidos de la mezcla) lo que disminuye la porosidad et mejora por lo tanto la durabilidad del concreto.

-Etapas de la formulación : con fórmula y pruebas experimentales.

Se utiliza los **Abacos** (según la fineza y granulometria de los agregados) de **Dreux** que calcula el ratio C/E (Cemento en kg / Agua en kg) con la variables siguientes :

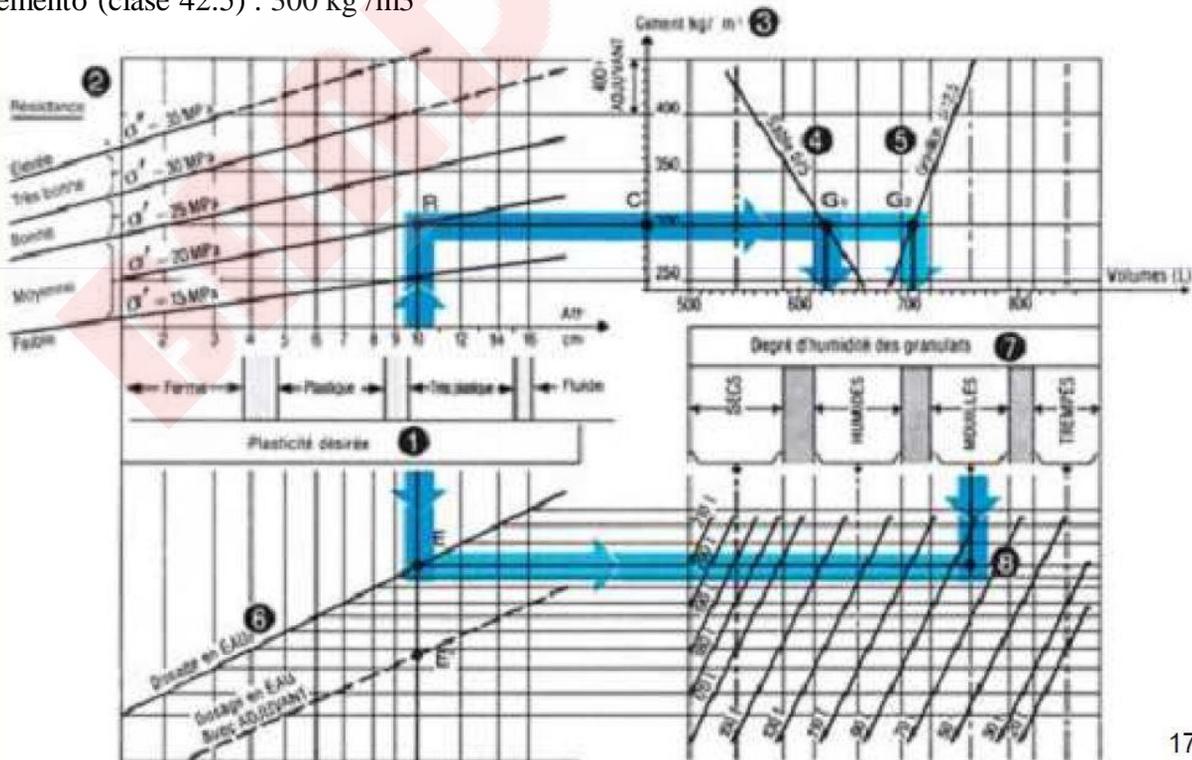
$$Rb_{28} = G \times Rc \times (C/E - 0,5)$$

G : coeficiente entre agregados y arena entre 0.25 y 0.65

Rc : resistencia del cemento puro utilizado

1. Se define la trabajabilidad (revenimiento) deseada con el cono de Abrahams y así el agua de la mezcla; hundimiento en cm, por ejemplo 10 cm.
2. Se define la resistencia a 28 días : ejemplo 20 MPa.
3. Cemento (clase 42.5) : 300 kg /m3

4. Arena 0-5 mm seco : 625 litros
5. Agregados 5-12 mm : 705 litros
6. Cantidad de agua a añadir : punto E
7. Se asume que los agregados son húmedos
8. La lectura da 80 litros de agua a añadir.



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

1.5. TIPOS DE CONCRETO : concreto estandar.

1.5.2. GRANDES CATEGORIAS DE CONCRETO :

-Grandes categorías de concreto según el desempeño :

1. Resistencia en compresión.
2. Durabilidad.

Características	Hormigón		
	C25/30	BHP	BTHP
Resistencia compresión : Fc28	30	60	90
Resistencia tracción : Ft28	2.4	4.2	5.5
Módulo de elasticidad (GPa)	35	42	52
Coefficiente de arrastre	2	1.5	0.8
Agua eficiente/(C + kS)	0.5	0.38	0.27
Cemento (kg/m ³)	280	400	420
Humo de sílice (% de C)			8
Superplastificante (% de C)		1	2
Porosidad (%)	14 a 20	10 a 13	6 a 9
Permeabilidad al oxígeno (m ²)	10 ⁻¹⁶	10 ⁻¹⁷	10 ⁻¹⁸
Coefficiente de difusión de iones de cloro (m ² /s)	2 10 ⁻¹¹	2 10 ⁻¹²	10 ⁻¹³
Contenido de portlandita (kg/m ³)	76	86	66

* Concreto e Alto Desempeño > 45-50 MPa

** Concreto de Ultra Alto Desempeño > 85-90 MPa

1.5.2.1. CONCRETO DE MUY BAJA RESISTENCIA : "Dry cast". - Inglés : DRY CAST.

- El bloque y el adoquin tienen una resistencia muy baja porque no necesitan soportar mucha presión en sus usos.
- Su proceso de producción es automatizado y se necesita un mezclador de concreto para poder hacer una mezcla homogénea con tan poca agua por m³.



- Composición según el volumen producido :

Cantidad	Mezcla m ³	Agua Litros	Cemento	Arena	Grava	F + G
60 Bloques	1	40	50 Kg	150 Kg	200 Kg	0,4
120 Bloques	2	80	100 Kg	300 Kg	400 Kg	0,4
240 Bloques	3	160	200 Kg	600 Kg	800 Kg	0,4
480 Bloques	4	320	400 Kg	1200 Kg	1600 Kg	0,4
960 Bloques	5	640	800 Kg	2400 Kg	3200 Kg	0,4

- Bloque no estructural : Norma [NMX-C-441](#) - "Industrias de la Construcción - Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para uso No Estructural - Especificaciones".

- Bloque estructural : La [Norma NMX-C-404](#) - "Industrias de la Construcción - Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para uso Estructural - Especificaciones y Métodos de Prueba".

MEDIDAS DE BLOCKS

PIEZAS EN CM	PESO KG	PIEZAS POR M2	PESOS POR M2 EN KG	ABSORCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION
10X20X40 HUECO	8.50	12.50	106.25	25%	Minima 35 kgf/cm2
12X20X40 HUECO	8.75	12.50	109.38	25%	Minima 35 kgf/cm2
15X20X40 HUECO	9.60	12.50	120.00	25%	Minima 35 kgf/cm2
20X20X40 HUECO	13.60	12.50	168.75	25%	Minima 35 kgf/cm2
10X20X40 MACIZO	9.50	12.50	118.75	25%	Minima 35 kgf/cm2
12X20X40 MACIZO	13.30	12.50	166.25	25%	Minima 35 kgf/cm2
15X20X40 MACIZO	16.40	12.50	205.00	25%	Minima 35 kgf/cm2
20X20X40 MACIZO	18.25	12.50	228.13	25%	Minima 35 kgf/cm2

las especificaciones y propiedades de este producto no son limitativas, si necesitas alguna característica especial favor de ponerte en contacto para obtener la ayuda y asesoría correspondiente

NMX-C-441-ONNCCCE-2013

MEDIDAS DE BLOCKS

PIEZAS EN CM	PESO KG	PIEZAS POR M2	PESOS POR M2 EN KG	ABSORCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION
10X20X40 HUECO	11.00	12.50	137.50	9%	Minima 60 kgf/cm2
12X20X40 HUECO	11.40	12.50	142.50	9%	Minima 60 kgf/cm2
15X20X40 HUECO	13.55	12.50	169.38	9%	Minima 60 kgf/cm2
20X20X40 HUECO	21.55	12.50	269.38	9%	Minima 60 kgf/cm2
10X20X40 MACIZO	12.50	12.50	156.25	9%	Minima 60 kgf/cm2
12X20X40 MACIZO	17.00	12.50	212.50	9%	Minima 60 kgf/cm2
15X20X40 MACIZO	24.35	12.50	304.38	9%	Minima 60 kgf/cm2
20X20X40 MACIZO	34.25	12.50	428.13	9%	Minima 60 kgf/cm2

las especificaciones y propiedades de este producto no son limitativas, si necesitas alguna característica especial favor de ponerte en contacto para obtener la ayuda y asesoría correspondiente

NMX-C-404-ONNCCCE-2013

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

1.5. TIPOS DE CONCRETO : carretera y presa, autocompactante. Pág. 4 de 10

1.5.2.2. CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA : “común”.

Cantidades (cmt - ar - gr)	Resistencia			Cemento (cmt)	Arena mt3 (ar)	Grava mt3 (gr)	Agua Lts (promedio)	Agua/C
	kg/cm2	PSI	Mpa					
1 - 2 - 2	280	4000	27	420	0,67	0,67	190	0.45
1 - 2 - 2,5	240	3555	24	380	0,60	0,76	180	0.47
1 - 2 - 3	226	3224	22	350	0,55	0,84	170	0.48
1 - 2 - 3,5	210	3000	20	320	0,52	0,90	170	0.53
1 - 2 - 4	200	2850	19	300	0,48	0,95	158	0.56
1 - 2,5 - 4	189	2700	18	280	0,55	0,89	158	0.53
1 - 3 - 3	168	2400	16	300	0,72	0,72	158	0.63
1 - 3 - 4	159	2275	15	260	0,63	0,83	163	0.64
1 - 3 - 5	140	2000	14	230	0,55	0,92	148	0.68
1 - 3 - 6	119	1700	12	210	0,50	1,00	143	0.76
1 - 4 - 7	109	1560	11	175	0,55	0,98	133	0.78
1 - 4 - 8	99	1420	10	160	0,55	1,03	125	

Tabla de dosificación de concreto - cantidades por mt3

1.5.5.3. CONCRETO PARA HACER PREFABRICADO :

- Inglés : WET CAST.



Trabe	Kg/m3
Resistencia	De 350 kg/cm2
Cemento	405
Agua	200
Agua / Cemento	0.49
Agregado	520
Arena	1150
Aditivo	780 ml

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

1.5. TIPOS DE CONCRETO : prefabricado y pretensado.

1.5.2.4. CONCRETO COMPACTADO POR RODILLO PARA : CCR o MR.

- **Inglès** : RCC “Roller Compacted Product”

1. Necesita el uso de un mezclador para conseguir una buena homogeneidad con este concreto que contiene poca agua. **No lo puede fabricar la hormigonera ;**
2. Se suele transportar por camión volquete.
3. Se descarga en una asfatora de concreto y colocado por capa de 11 a 20 cm.
4. Esta compactador por una apisadora vibrante hasta llegar a la densidad, resistencia, y textura deseada.
5. Un curado es necesario para asegurar el desarrollo de la resistencia.

- **Ventajas** : costo bajo, durabilidad larga, no se deformará, poco mantenimiento, rentabilidad, construcción sencilla (no join). Resistencia a la flexión alta 500-1000 PSI, a la compresión 4,000 a 10,000 PSI (400-90 MPa).

- **También uso para presa.**



Carretera o estacionamiento de concreto

Presión abajo <math>< 0.2 \text{ MPa}</math>

= Buena repartición de la presión

Carretera asfáltica

Presión abajo >> 2 MPa



Componentes	MR 42 kg/m3	MR 48 Kg/m3
Cemento	280	360
Agua total	160	176
Agua/Cementos	0.57	0.49
Grava	1124	1248
Arena	741	176
Aditivos	Si	Si

1.5.2.5. CONCRETO PARA HACER PRETENSADO :

- **Inglès** : WET CAST.

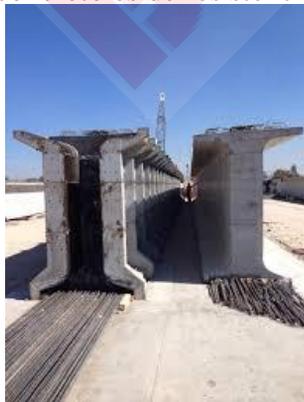
-La armadura de acero esta tendida desde antes de relleno del molde de prefabricado : se crea voluntariamente una tensión contraria a la carga exterior.

Se utiliza cuando el peso de la pieza pre-fabricado es importante con respecto a la carga que tendrá que soportar; puente, vigueta etc.

- El acero utilizado tiene un liite elástica alta.
- El concreto es de resistencia alta entre 40 y 60 MPa.

Ejemplo de fórmula : vigueta

Componentes	kg/m3
Resistencia	¿
Cemento	600
Agua total	145
Agua/Cementos	0.24
Agregado	500
Arena	700
Aditivos	Si



Trabe



Vigueta



Durmiente (ver Concreto Alto Desempeño)

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

1.5. TIPOS DE CONCRETO : Alto Desempeño.

Pág. 6 de 10

1.5.2.6. CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO: resistencia > 50-60 MPa.

- Inglès = High-Strength Concrete; compressive strength higher than 6,000 PSI - Inglés : WET CAST.
 - Para el Concreto Ligeró, la norma se aplica a partir de 50 MPa para que sea de Alta Resistencia.
 - Se habla de Alto Desempeño porque no solo tienen alta resistencia pero también una durabilidad muy larga gracias a una porosidad muy baja y resisten así a : helada, cloruro, carbonación etc.
- Aparecieron en USA en los años 1970.



Torre Burj Khalifa
Dubai, E.A.U.



Puente Confederation Bridge,
Prince Edward Island, USA.



Viaduco de Millau, Francia-

-Dos componentes han permitido su aparición :

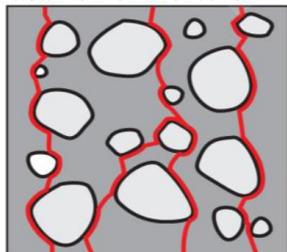
1. Aditivo superplastificante (dosis de 1.5 a 2 %), altamente reductor de agua, que permite la defloculación del cemento y así su reactividad aún con menos agua.
La proporción Agua/Cemento puede bajar a menos de 0.4 permitiendo a la vez una resistencia alta y una gran durabilidad.
2. Los humos de sílice (limitado a 10%) que por su tamaño muy fino (0.1 μm) permiten disminuir todavía más la porosidad a la vez de tener un poder puzolánico.

-El cemento es de clase 52.5 N o R, los agregados son de roca dura con poca absorción de agua,

-Los agregados triturados son preferidos y el arena entre 3.8 y 3.2. ya que más fino, puede bajar la resistencia.

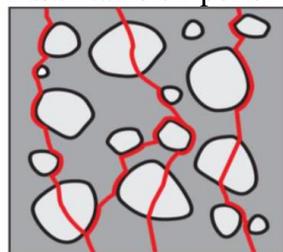
-Resistencia a la compresión, línea de fisuración :

Pasan en el mortero :



Concreto < 40 MPa

Pasan también por el agregado :



Concreto > 50 MPa

Hormigón 80 MPa	
Componentes	Cantidades en kg/m
Cemento CEM I 52.5	420
Humo de sílice	35
Agua total	152
Agua/Cementos	0.33
Grava 6/10	250
Grava 10/14	730
Arena	660
Arena gruesa	140
Superplastificante	7.3

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

1.5. TIPOS DE CONCRETO : Ultra Alto Desempeño.

Pág. 7 de 10

- Cualidades del durmiente y productividad :

- Cumplir la norma de 7000 PSI resistencia 28 días
- Cumplir la norma variación resistencia 28 días <500 PSI.
- Bajar % de rechazados (entre 1% y 3 %).
- Mejorar resistencia a temprana edad ; para acortar tiempo de fabricación.
- Homogeneidad visual externa; huecos etc
- Aumentar durabilidad : bajar la porosidad.

Componentes	Cantidadeskg/m3
Resistencia	9800 PSI a 28 días 66 MPa 4500 a 4 horas 30 MPa
Cemento	415
Agua total	133
Agua/Cementos	0.32
Grava	1200
Arena	530

- Dovela para eólica



Dovela para eólica	Kg/m3
Resistencia	55 MPa a 7 días y 62 a 28 días
Cemento	460
Agua	190
Agua / Cemento	0.41
Agregado 3/4	780
Arena 0.5	950
Aditivo	

1.5.2.7. CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO: resistencia > 90 MPa.

- Inglés : Ultra-High Performance Concrete.

- El límite superior es de 200 MPa.
- Se suelen utilizar fibras minerales para aumentar la resistencia.

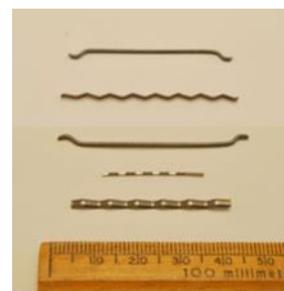
Tipos de fibras	Densidad (kg/m³)	Diámetro medio (µm)	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Alargamiento hasta la ruptura
Metálico	7850	50 - 1000	1000 - 2500	150 - 200	3 - 4
Vidrio	2600	9 - 15	2000 - 3000	80	2 - 3.5
Polipropileno	900	>4	500 - 750	5 - 10	10 - 20

-Fibra metálica : acero, acero de fundición, inox.

*Permite conseguir resistencia igual a las de la reja metálica o de las barras de refuerzo.

*Poco eficiencia sobre la retracción plástica.

*Más el concreto envejece, menos las fibras metálicas son eficientes para controlar las fisuras.



1.5.3. CONCRETOS CON APLICACIONES ESPECIALES :

1.5.3.1. CONCRETO AUTONIVELANTE :

- **Fluido pero estable; permite colar fácilmente cimentaciones,** y rellena sin aire el encofrado y la armadura de muro o prefabricado de forma compleja, apariencia más lisa, trabajo más fácil, no ruido de vibrador.

- **Cuidados específicos :** estanquidad del encofrado, no añadir agua, curado adaptado, limitar altura de caída, retracción.

ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.5. TIPOS DE CONCRETO : Lanzando y Pesado.

Pág. 8 de 10

Prueba de extensión, en general entre 50 mm y 800 mm, tolerancia +/- 70 mm

- Se consigue al **aumentar el volumen de pasta** (en oposición con los agregados) :

* Cemento : 250 a 300 kg

* Fines de arena : 40 a 80 kg

* Adiciones (filler, ceniza volante etc.) : 150 a 250 kg.

- **Otros componentes** : agregado : 870 kg, arena 720 kg, agua 170 l,

Superplastificante 6 l, Agua/Cemento = 0.47



1.5.3.2. CONCRETO LANZADO.

- **Inglès** : Ultra-High Performance Concrete.

- **Concreto lanzado** : mortero o concreto con gravas pequeña proyectada neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie.

* Se hace por vía seca o húmeda.

* Para colocar concreto en lugares difíciles de alcanzar, secciones estrechas o grandes superficies.

* Ventajas : aplicación en formas libres, reparación de estructuras, película fina, no cofre necesario, variedad de texturas.

* Se utiliza más para las reparaciones.

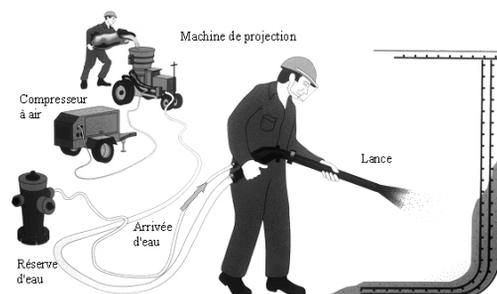
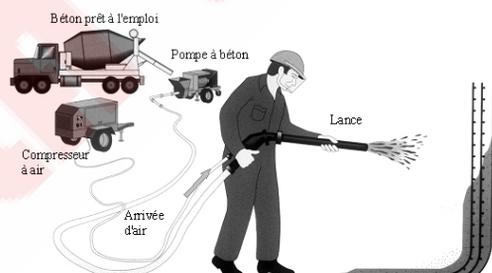
- **Vía húmeda** : concreto o mortero normal bombeado dentro de una manguera y luego proyectado a alta velocidad por aire comprimida que llega a la lanzadora.

Se utiliza para volúmenes grandes y el control de calidad es seguro.

- **Vía seca**;

* El cemento y la grava llegan a lanza secos, transportados por aire comprimido.

* El agua a presión se mezcla a los sólidos dentro de la lanza.



1.5.3.3. CONCRETO PESADO.

- **Concreto pesado** : masa volumétrica > 2500 kg/m³ (puede llegar hasta 6400 kg(m³)).

-Plataforma o lastre fijo o móvil.

-Protección contra las rayos o explosiones en ; central nuclear, sala de radioterapia, sala de control de soldadura o pieza de fundición por rayo X, centro de investigación sobre el átomo.

-Losa o capa anti deflagración.

-Para su fabricación, cuidado con : segregación, curado indispensable por la retracción debida al fuerte calor de hidratación, encofrado reforzado, nido de abeja y fisura.



ESTUDIO MEZCLADO CENTRAL DEL CONCRETO

PARTE N°1 : BASES SOBRE CEMENTO Y CONCRETO.

1.5. TIPOS DE CONCRETO : Ligeroy y Drenante.

1.5.3.4. CONCRETO LIGERO.

- Es un concreto cuyo granulado tienen una masa volumétrica de menos de 2,000 kg/m³.

- Concreto estructural ligero :
- Concreto celular de relleno para aislante fónico o térmico.



Pierre pomez



Escoria expandida



Arcilla expandida

Tipo de hormigón	Agregados utilizados	Densidad (kg/m ³)	Características		
			Resistencia a la compresión (MPa)	Retracción (10 ⁻⁴)	Conductividad térmica (w/m/°C)
Actual C25/30	Actuales	2350	25	4	1.75
Hormigones estructurales ligeros	Puzolanas	110 – 1500	5 – 17	6 – 12	0.35 – 0.5
	Piedra pómez	750 – 1400	4 – 13	15	0.35 – 0.5
	Lácteos expandidos	1100 – 1500	5 – 13	4 – 6	0.35 – 0.5
	Arcilla expandida	800 – 1500	6 – 25	3 – 6	0.35 – 0.5
Rellenos – aislamiento de hormigón	Vermiculita de perlita	400			0.13
	Hormigones celulares	400	0.5 – 1	20	0.15
		1200	5 – 6	16.5	0.40

1.5.3.5. CONCRETO DRENANTE :

- Tiene muchos vacios entre 18 y 20 % de aire.
- Se formula con grava gruesa, poca o nada de arena y aditivo reductor de agua..



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

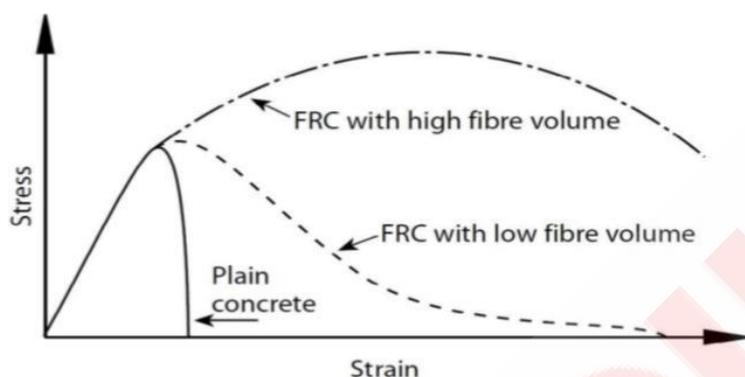
1.5. TIPOS DE CONCRETO : especiales de menos usos.

Pág. 10 de 10

1.5.3.6. CONCRETO CON FIBRA ORGANICA :

-Mejora las características siguientes :

- * Concreto fresco más compacto.
- * Antes de romper, se deforma.
- * Ductibilidad y resistencia post-fisuración.
- * Reducción de la retracción por el efecto costura de las micro-fisuras.



-Mejora la resistencia a :

- * La tracción por flexión.
- * Los choques.
- * El desgaste.
- * Resistencia mecánica del concreto joven.
- * Al fuego.
- * Al abrasión.



-Comportamiento de una viga de concreto con fibra :

-Microfibra sintética (tipo polipropileno) :

- * Micro monofilamento fino o micro-fibrilado.
- * Largo entre 0,8 y 50 mm y diámetro < 0,2 mm
- * Controla y atenúa las fisuras de retracción plástica.



-Macrofibra sintética : filamento grueso, largo 25-65 mm y diámetro 0,2 a 1,2 mm.

- * Permite reemplazar las rejillas metálicas.
- * Controla y atenúa las fisuras de retracción plástica.

