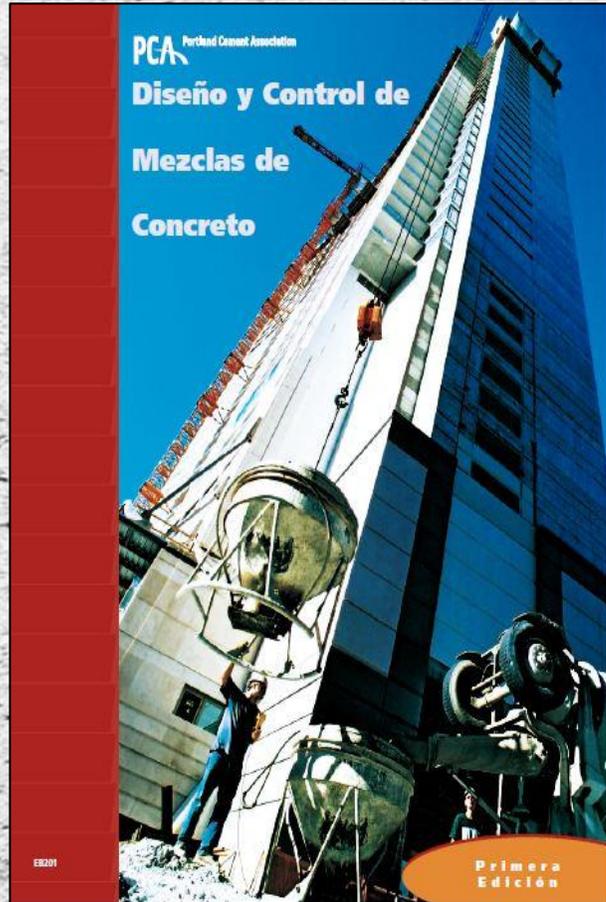




**Charlas Técnicas del Libro de la  
Portland Cement Association  
Diseño y Control de Mezclas de Concreto  
Agua y Aditivos para Concreto**





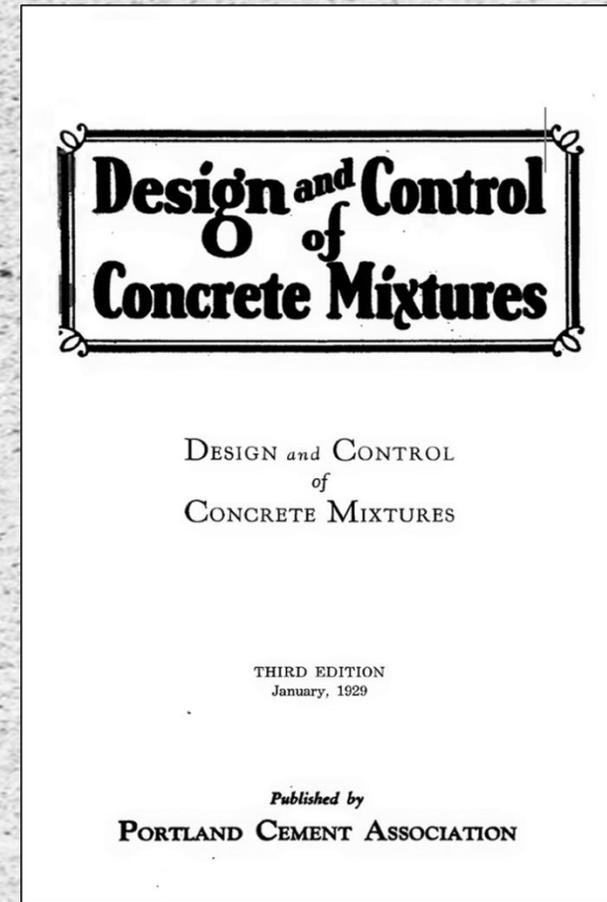
### Diseño y Control de Mezclas de Concreto

Título, Copyright, y Prefacio y Agradecimientos

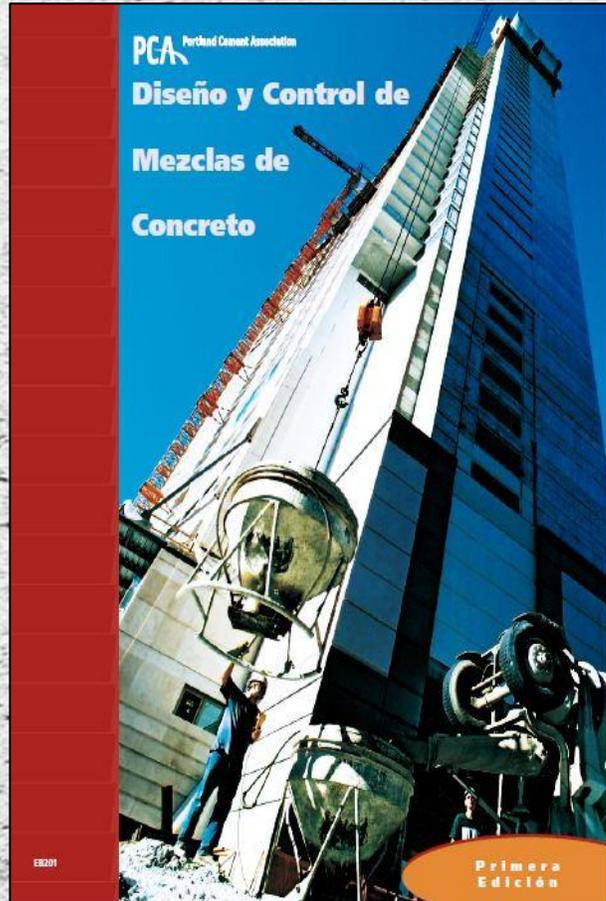
PDF  1 Fundamentos del Concreto	PDF  10 Dosificación, Mezclado, Transporte y Manejo del Concreto
PDF  2 Cementos Portland, Cementos Adicionados y Otros Cementos Hidráulicos	PDF  11 Colocación y Acabado del Concreto
PDF  3 Ceniza Volante, Escoria, Humo de Sílice y Puzolanas Naturales	PDF  12 Curado del Concreto
PDF  4 Agua de Mezcla para el Concreto	PDF  13 Colado en Clima Caluroso
PDF  5 Agregados para Concreto	PDF  14 Colado en Clima Frío
PDF  6 Aditivos para Concreto	PDF  15 Cambios de Volumen del Concreto
PDF  7 Fibras	PDF  16 Ensayos de Control del Concreto
PDF  8 Concreto con Aire Incluido	PDF  17 Concreto de Alto Desempeño
PDF  9 Diseño y Proporcionamiento de Mezclas de Concreto Normal	PDF  18 Concretos Especiales

---

 <p>Glosario</p> <p>Sobre PCA</p> <p>Asociaciones</p> <p>Sinónimos</p> <p>Normas</p>	<p>Factores de Conversión para el Sistema Métrico</p> <p>Búsqueda del Libro</p> <p>Ayuda</p>	<p>Publicaciones Adicionales Incluidas en este CD:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto de Cemento Blanco, EB224 / Hormigón de Cemento Blanco, EB222</li> <li>• Defectos Superficiales en Losas: Causas, Prevención, Reparación, IS542</li> <li>• Guía del Albañil, PA399</li> </ul>
--	--	---







## Capítulo 4 Agua de Mezcla para el Concreto

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se la puede usar como agua de mezcla (de mezclado, de amasado) para la preparación del concreto (Fig. 4-1). Sin embargo, también se pueden emplear en concreto algunas aguas que no se consideran potables.

La Tabla 4-1 muestra seis análisis típicos de abastecimiento (suministro) de agua de algunas ciudades y agua de mar. Estas aguas poseen composición similar al agua de abastecimiento doméstico para la mayoría de las ciudades con más de 20,000 personas en los EE.UU. y Canadá. El agua de cualquiera de estas fuentes es adecuada para la preparación de concreto. Una fuente de agua con análisis equivalente a cualquiera de las aguas en la tabla es probablemente satisfactoria para el uso en concreto (Fig. 4-2).

La Tabla 4-2 presenta las normas que tratan específicamente de la calidad del agua para empleo en morteros y concretos.

Se puede emplear el agua dudosa en concreto, pero se debe verificar su desempeño. Por ejemplo, se aconseja que los cubos de mortero (ASTM C 109 o AASHTO T 106) preparados con el agua dudosa tengan la resistencia a los 7 días igual a por lo menos 90% de la resistencia de los



Fig. 4-1. El agua que es buena para beber es buena para el concreto. (IMG12312)

especímenes de referencia preparados con agua potable o agua destilada. Además, se debe garantizar a través de ensayos del tiempo de fraguado que las impurezas en el agua de amasado no van a disminuir o aumentar adversamente el tiempo de fraguado del cemento. Las normas

Tabla 4-1. Análisis Típicos del Agua de Abastecimiento de Las Ciudades y Agua de Mar, Partes Por Millón

Sustancia química	Análisis No.						Agua de mar*
	1	2	3	4	5	6	
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	2.4	0.0	6.5	9.4	22.0	3.0	—
Hierro (Fe)	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	—
Calcio (Ca)	5.8	15.3	29.5	96.0	3.0	1.3	50 a 480
Magnesio (Mg)	1.4	5.5	7.6	27.0	2.4	0.3	260 a 1410
Sodio (Na)	1.7	16.1	2.3	183.0	215.0	1.4	2190 a 12,200
Potasio (K)	0.7	0.0	1.6	18.0	8.8	0.2	70 a 550
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	14.0	35.8	122.0	334.0	549.0	4.1	—
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	9.7	59.9	5.3	121.0	11.0	2.6	580 a 2810
Cloruro (Cl)	2.0	3.0	1.4	280.0	22.0	1.0	3960 a 20,000
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.5	0.0	1.6	0.2	0.5	0.0	—
Total de sólidos disueltos	31.0	250.0	125.0	983.0	564.0	19.0	35,000

\* Diferentes mares contienen diferentes cantidades de sales disueltas.

## Capítulo 6 Aditivos para Concreto

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado (Fig. 6-1). Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, como sigue:

1. Aditivos incorporadores de aire (incluidos de aire)
2. Aditivos reductores de agua
3. Plastificantes (fluidificantes)
4. Aditivos aceleradores (acelerantes)
5. Aditivos retardadores (retardantes)
6. Aditivos de control de la hidratación
7. Inhibidores de corrosión
8. Reductores de retracción
9. Inhibidores de reacción álcali-agregado
10. Aditivos colorantes
11. Aditivos diversos, tales como aditivos para mejorar la trabajabilidad (manejabilidad), para mejorar la adherencia, a prueba de humedad, impregnabilizantes, para lechadas, formadores de gas, anti-deslave, espumante y auxiliares de bombeo.

La Tabla 6-1 muestra una clasificación mucho más amplia de los aditivos.

El concreto debe ser trabajable, fácilmente acabado, fuerte, durable, estanco y resistente al desgaste. Estas calidades se las puede obtener fácil y económicamente con la selección de los materiales adecuados, preferiblemente al uso de aditivos (a excepción de los inclusores de aire cuando son necesarios).

Las razones principales para el uso de aditivos son:

1. Reducción del costo de la construcción de concreto;
2. Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que otras;
3. Mantenimiento de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adversas;



Fig. 6-1. Aditivos líquidos, de la izquierda hacia la derecha: aditivo anti-deslave, reductor de retracción, reductor de agua, agente espumante, inhibidor de corrosión e incorporador de agua. (MG12188)

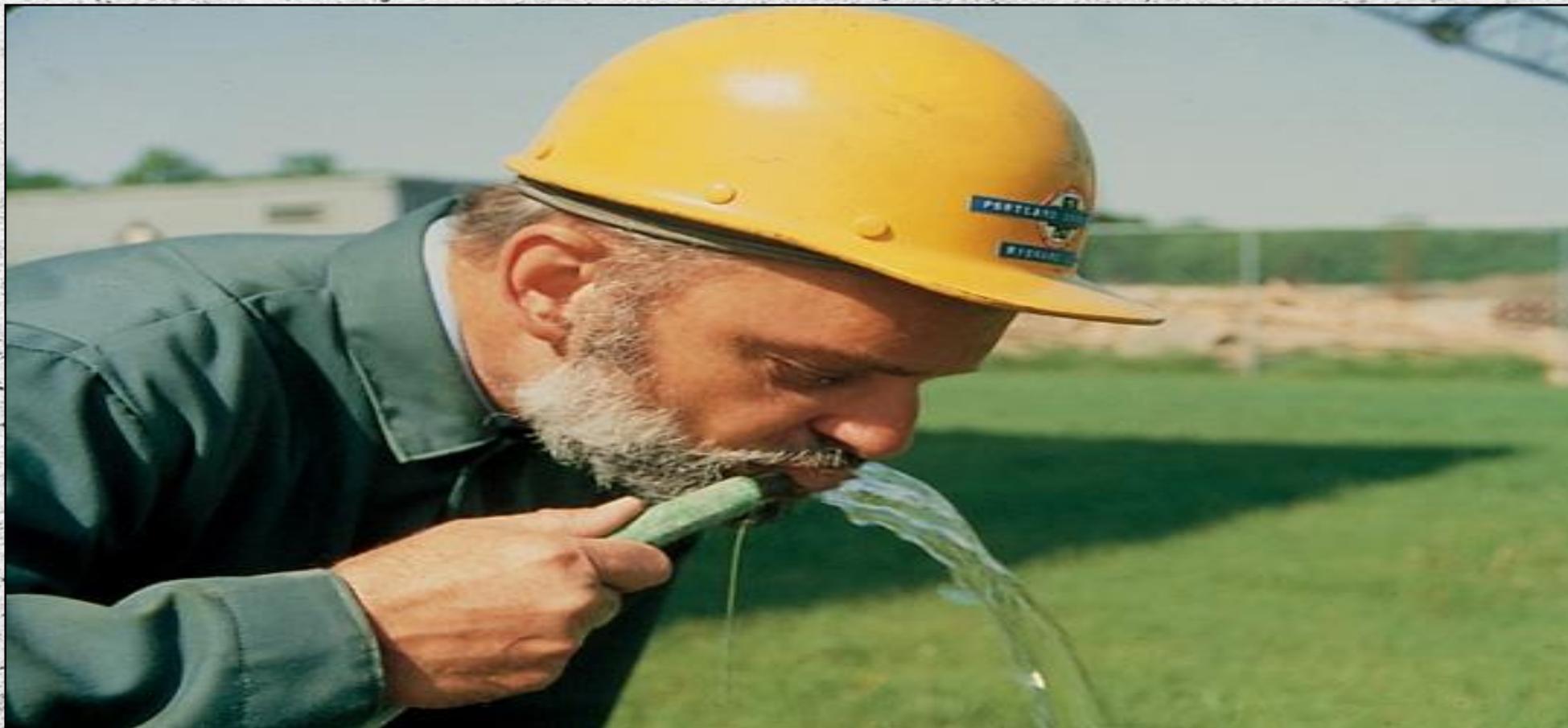
4. Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado;

A pesar de estas consideraciones, se debe observar que ningún aditivo de cualquier tipo o en cualquier cantidad se lo puede considerar como un sustituto de las buenas prácticas de construcción.

La eficiencia de un aditivo depende de factores tales como: tipo, marca y cantidad del material cementante; contenido de agua; forma, granulometría y proporción de los agregados; tiempo de mezclado y temperatura del concreto.

Los aditivos para uso en concreto deben cumplir con las especificaciones, como se presenta en la Tabla 6-1. Las mezclas que se van a ensayar se las deben producir con los aditivos y materiales usados en la obra en la temperatura y humedad previstas para la obra. De esta manera, se puede observar la compatibilidad de los aditivos y de los materiales de la obra, bien como los efectos de los aditivos sobre las propiedades del concreto endurecido. Se debe usar la

# Agua de Mezcla para el Concreto



## Análisis Típicos de Agua, ppm

Sustancia química	Agua de abastecimiento	Agua de mar
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	0 a 25	—
Hierro (Fe)	0 a 0.2	—
Calcio (Ca)	1 a 100	50 a 480
Magnesio (Mg)	0 a 30	260 a 1,410
Sodio (Na)	1 a 225	2,190 a 12,200
Potasio (K)	0 a 20	70 a 550
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	4 a 550	—
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	2 a 125	580 a 2810
Cloruro (Cl)	1 a 300	3,960 a 20,000
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0 a 2	—
Total de sólidos disueltos	20 a 1,000	35,000



# Normas de la Calidad del Agua para Empleo en Morteros y Concretos

País	Norma	Nombre de la norma
Argentina	IRAM 1601	Agua para morteros y hormigones de cemento portland
Chile	NCh1498	Hormigón - Agua de amasado – Requisitos
Colombia	NTC 3459	Concretos. Agua para la elaboración de concreto
Ecuador	1855-1	Hormigón Premezclado: requisitos
	1855-2	Hormigón preparado en obra: requisitos
País	Norma	Nombre de la norma
EE.UU.	ASTM C 94	Standard specification for ready mixed concrete
Perú	NTP 339.088	Hormigón (concreto). Agua para morteros y hormigones de cementos portland. Requisitos
México	NMX-C-122	Agua para concreto
Venezuela	CONVENIN 2385	Concreto y mortero. Agua de mezcla. Requisitos

# Criterios de Aceptación para Abastecimiento de Aguas Dudosas

	Límites	Método de ensayo
Resistencia a compresión, porcentaje mínima en relación al control, a los siete días	90	ASTM C 109 o AASHTO T 106
Tiempo de fraguado, diferencia en relación al control, hr:min	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	ASTM C 191 o AASHTO T 131

**ASTM C 94 o AASHTO M 157**

# Límites Químicos para Agua de Mezcla

Sustancia química o tipo de construcción	Concentración máxima en ppm	Método de ensayo
Cloruro, como Cl		ASTM D 512
Concreto pretensado o concreto para tablero de puentes	500	
Otros tipos de concreto reforzado en ambiente húmedo o conteniendo elementos de aluminio o metales distintos embebidos o cimbras permanentes de metal galvanizado	1,000	
Sulfato, como SO <sub>4</sub>	3,000	ASTM D 516
Álcalis, como (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O)	600	
Total de sólidos	50,000	AASHTO T 26

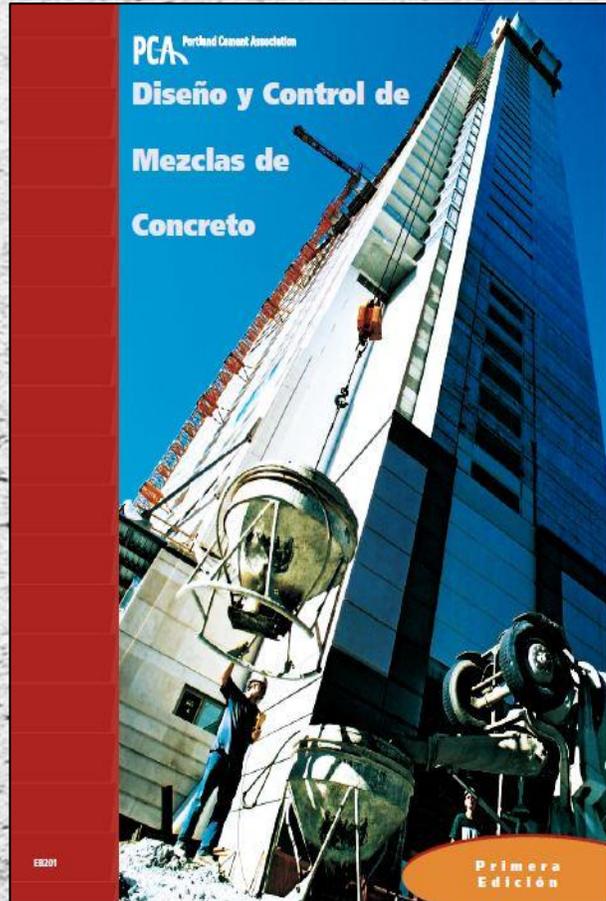
**ASTM C 94 o AASHTO M 157**

# Límites del ACI 318 para el Contenido de Iones Cloruro en el Concreto

- **0.06 %** para concreto pretensado
- **0.15 %** para concreto reforzado expuesto a cloruros durante su servicio
- **1.00 %** para concreto reforzado que va a ser mantenido seco y protegido de la humedad durante su vida
- **0.30 %** para otras construcciones en concreto reforzado

## Aguas de Lavado





## Capítulo 4 Agua de Mezcla para el Concreto

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se la puede usar como agua de mezcla (de mezclado, de amasado) para la preparación del concreto (Fig. 4-1). Sin embargo, también se pueden emplear en concreto algunas aguas que no se consideran potables.

La Tabla 4-1 muestra seis análisis típicos de abastecimiento (suministro) de agua de algunas ciudades y agua de mar. Estas aguas poseen composición similar al agua de abastecimiento doméstico para la mayoría de las ciudades con más de 20,000 personas en los EE.UU. y Canadá. El agua de cualquiera de estas fuentes es adecuada para la preparación de concreto. Una fuente de agua con análisis equivalente a cualquiera de las aguas en la tabla es probablemente satisfactoria para el uso en concreto (Fig. 4-2).

La Tabla 4-2 presenta las normas que tratan específicamente de la calidad del agua para empleo en morteros y concretos.

Se puede emplear el agua dudosa en concreto, pero se debe verificar su desempeño. Por ejemplo, se aconseja que los cubos de mortero (ASTM C 109 o AASHTO T 106) preparados con el agua dudosa tengan la resistencia a los 7 días igual a por lo menos 90% de la resistencia de los



Fig. 4-1. El agua que es buena para beber es buena para el concreto. (IMG12312)

especímenes de referencia preparados con agua potable o agua destilada. Además, se debe garantizar a través de ensayos del tiempo de fraguado que las impurezas en el agua de amasado no van a disminuir o aumentar adversamente el tiempo de fraguado del cemento. Las normas

Tabla 4-1. Análisis Típicos del Agua de Abastecimiento de Las Ciudades y Agua de Mar, Partes Por Millón

Sustancia química	Análisis No.						Agua de mar*
	1	2	3	4	5	6	
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	2.4	0.0	6.5	9.4	22.0	3.0	—
Hierro (Fe)	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	—
Calcio (Ca)	5.8	15.3	29.5	96.0	3.0	1.3	50 a 480
Magnesio (Mg)	1.4	5.5	7.6	27.0	2.4	0.3	260 a 1410
Sodio (Na)	1.7	16.1	2.3	183.0	215.0	1.4	2190 a 12,200
Potasio (K)	0.7	0.0	1.6	18.0	8.8	0.2	70 a 550
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	14.0	35.8	122.0	334.0	549.0	4.1	—
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	9.7	59.9	5.3	121.0	11.0	2.6	580 a 2810
Cloruro (Cl)	2.0	3.0	1.4	280.0	22.0	1.0	3960 a 20,000
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.5	0.0	1.6	0.2	0.5	0.0	—
Total de sólidos disueltos	31.0	250.0	125.0	983.0	564.0	19.0	35,000

\* Diferentes mares contienen diferentes cantidades de sales disueltas.

## Capítulo 6 Aditivos para Concreto

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado (Fig. 6-1). Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, como sigue:

1. Aditivos incorporadores de aire (incluidos de aire)
2. Aditivos reductores de agua
3. Plastificantes (fluidificantes)
4. Aditivos aceleradores (acelerantes)
5. Aditivos retardadores (retardantes)
6. Aditivos de control de la hidratación
7. Inhibidores de corrosión
8. Reductores de retracción
9. Inhibidores de reacción álcali-agregado
10. Aditivos colorantes
11. Aditivos diversos, tales como aditivos para mejorar la trabajabilidad (manejabilidad), para mejorar la adherencia, a prueba de humedad, impregnabilizantes, para lechadas, formadores de gas, anti-deslave, espumante y auxiliares de bombeo.

La Tabla 6-1 muestra una clasificación mucho más amplia de los aditivos.

El concreto debe ser trabajable, fácilmente acabado, fuerte, durable, estanco y resistente al desgaste. Estas calidades se las puede obtener fácilmente y económicamente con la selección de los materiales adecuados, preferiblemente al uso de aditivos (a excepción de los inclusores de aire cuando son necesarios).

Las razones principales para el uso de aditivos son:

1. Reducción del costo de la construcción de concreto;
2. Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que otras;
3. Mantenimiento de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adversas;



Fig. 6-1. Aditivos líquidos, de la izquierda hacia la derecha: aditivo anti-deslave, reductor de retracción, reductor de agua, agente espumante, inhibidor de corrosión e incorporador de agua. (MG12188)

4. Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado;

A pesar de estas consideraciones, se debe observar que ningún aditivo de cualquier tipo o en cualquier cantidad se lo puede considerar como un sustituto de las buenas prácticas de construcción.

La eficiencia de un aditivo depende de factores tales como: tipo, marca y cantidad del material cementante; contenido de agua; forma, granulometría y proporción de los agregados; tiempo de mezclado y temperatura del concreto.

Los aditivos para uso en concreto deben cumplir con las especificaciones, como se presenta en la Tabla 6-1. Las mezclas que se van a ensayar se las deben producir con los aditivos y materiales usados en la obra en la temperatura y humedad previstas para la obra. De esta manera, se puede observar la compatibilidad de los aditivos y de los materiales de la obra, bien como los efectos de los aditivos sobre las propiedades del concreto endurecido. Se debe usar la

## Tipos de Aditivos



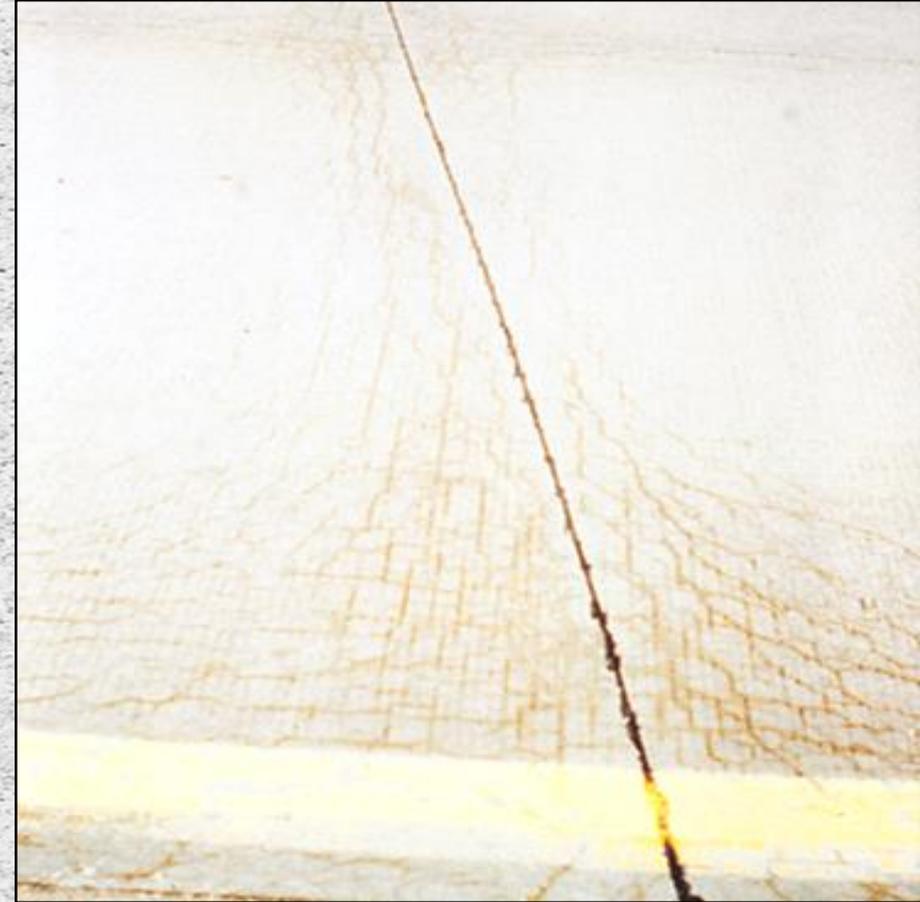
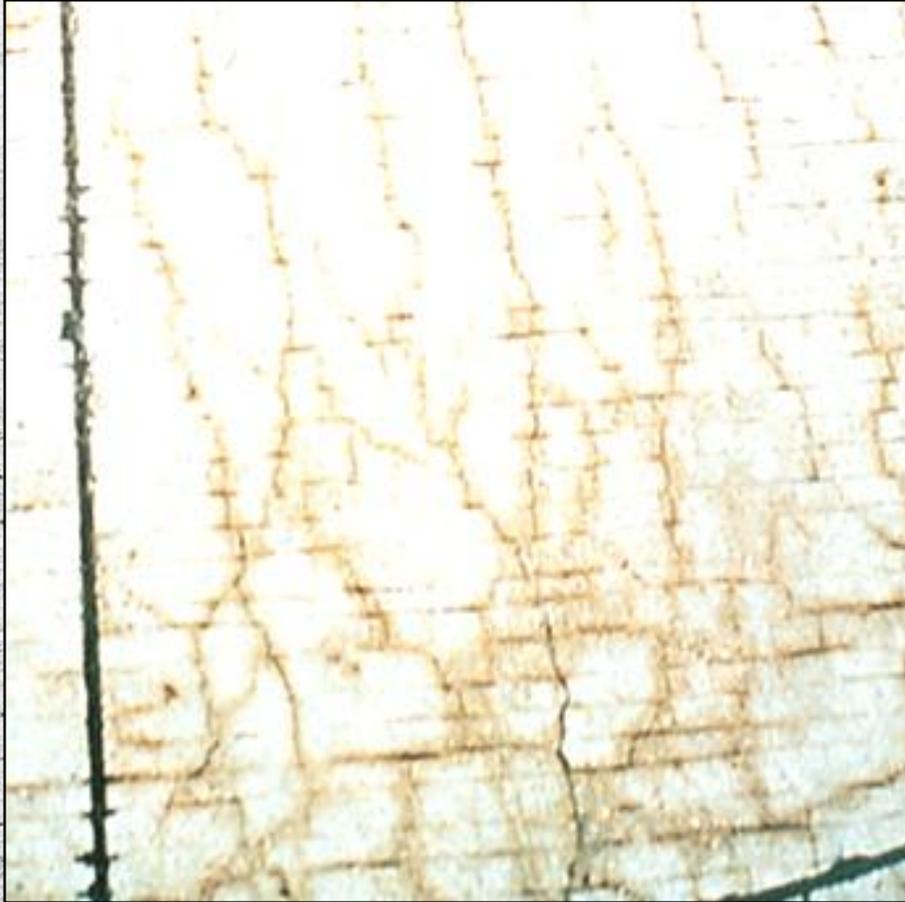
- Inclusiones de aire
- Reductores de agua
- Plastificantes
- Aceleradores
- Retardadores
- Para Control de Hidratación
- Inhibidores de corrosión
- Reductores de contracción
- Inhibidores de RAS
- Colorantes
- Aditivos diversos

## Aditivos Incluidores de Aire

ASTM C 260 o AASHTO M 154, COVENIN 0357, IRAM 1663, NCh2182, NMX-C-200, NTC 3502, NTP 334.089

- Aumenta la durabilidad del concreto expuesto a:
  - ◆ Congelación-deshielo
  - ◆ Descongelantes
  - ◆ Sulfatos
  - ◆ Ambientes álcali reactivos
- Aumenta la trabajabilidad

# Daño por Congelación



# Superficie Descascarada del Concreto



# Aditivos Reductores de Agua

## Usados principalmente para:

- Reducir el agua de mezcla necesaria para producir un cierto revenimiento (asentamiento)
- Reducir la relación agua-cemento
- Reducir el contenido de cemento
- Aumentar el revenimiento (asentamiento)

# Aditivos Reductores de Agua

## Normas:

- ASTM C 494
- AASHTO M 194 (Tipo A)
- COVENIN 0356,
- IRAM 1663
- NCh2182
- NMX-C-255
- NTC 1299
- NTP 334.088

# Aditivos Reductores de Agua

ASTM C 494, AASHTO M 194 (Tipo A)

- Tipo A —
  - ◆ Reduce el contenido de agua 5% min.
  - ◆ Retarda el fraguado — normalmente se adiciona acelerador
- Tipo D —
  - ◆ Reduce el contenido de agua 5% min.
  - ◆ Retarda el fraguado
- Tipo E —
  - ◆ Reduce el contenido de agua 5% min.
  - ◆ Acelera el fraguado

# Aditivos Reductores de Agua de Rango Medio

- Reducen el contenido de agua en 6% a 12%
- Reducen el contenido de cemento
- Reducen la relación agua-cemento
- Sin retraso
- Facilitan la colocación y el acabado

# Aditivos Reductores de Agua de Rango Alto

ASTM C 494 or AASHTO M 194

Tipo F — Reductor de agua

Tipo G — Reductor de agua y retardador

- Reducen el contenido de Agua del 12% a 30%
- La relación a/c reducida produce concretos con:
  - ◆ Resistencia a compresión > 70 MPa
  - ◆ Aumento de la resistencia inicial
  - ◆ Reduce la penetración de iones

# Aditivos Superplastificantes para Concreto Fluído

También conocidos como:

Superfluidificantes, Superfluidizantes

En los EUA, México y Ecuador, se puede usar el término plastificante.

- Son esencialmente reductores de alto rango

Nota: En Argentina y Chile plastificante se refiere a reductores de agua convencionales



# Aditivos Superplastificantes para Concreto Fluído

## ASTM C 1017

Tipo 1 — Plastificante

Tipo 2 — Plastificante y Retardador



# Aditivos Superplastificantes para Concreto Fluído

ASTM C 1017, IRAM 1663, NCh2182,  
NTC 4023, NTP 334.088

- Producen concretos fluidos con alto revenimiento (asentamiento) ( $\geq 190$  mm [7.5 in])
- Reducen el sangrado (exudación)
- Los plastificantes con revenimiento extendido reducen la pérdida de revenimiento



# Concreto Fluído como una Capa Delgada Superpuesta



# Aditivos Retardantes

ASTM C 494 o AASHTO M 194 (Tipo B), COVENIN 0356,  
IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255NTC 1299, NTP 334.088

**Retardan el fraguado o la velocidad del endurecimiento para:**

- Colocación en clima caluroso
- Colocación difícil
- Procesos especiales de acabado

# Aditivos Acelerantes

- ASTM C 494 o AASHTO M 194 (Tipo C)
- ASTM D 98 | AASHTO M 144
- COVENIN 0356
- IRAM 1663
- NCh2182
- NMX-C-255 | NMX-C-356
- NTC 1299 (Tipo C)
- NTP 334.088

# Aditivos Acelerantes

Aceleran:

- Hidratación (fraguado)
- Desarrollo de la resistencia en edades tempranas

Aceleradores a base de cloruro de calcio:

- Aumentan contracción por secado
- Corrosión potencial del refuerzo
- Descascaramiento potencial
- Oscurecen el concreto

## Contenido Máximo de Iones Cloruro

<b>Tipo de elemento</b>	<b>Contenido máximo de iones solubles en agua (Cl<sup>-</sup>) en el concreto, porcentaje de la masa de cemento</b>
Concreto Pretensado	0.06
Concreto reforzado (armado) expuesto a cloruros durante su servicio	0.15
Concreto reforzado que va a secar o va a estar protegido de la humedad durante su servicio	1.00
Otras construcciones de concreto reforzado	0.30

# Aditivos Inhibidores de Corrosión del Acero de Refuerzo

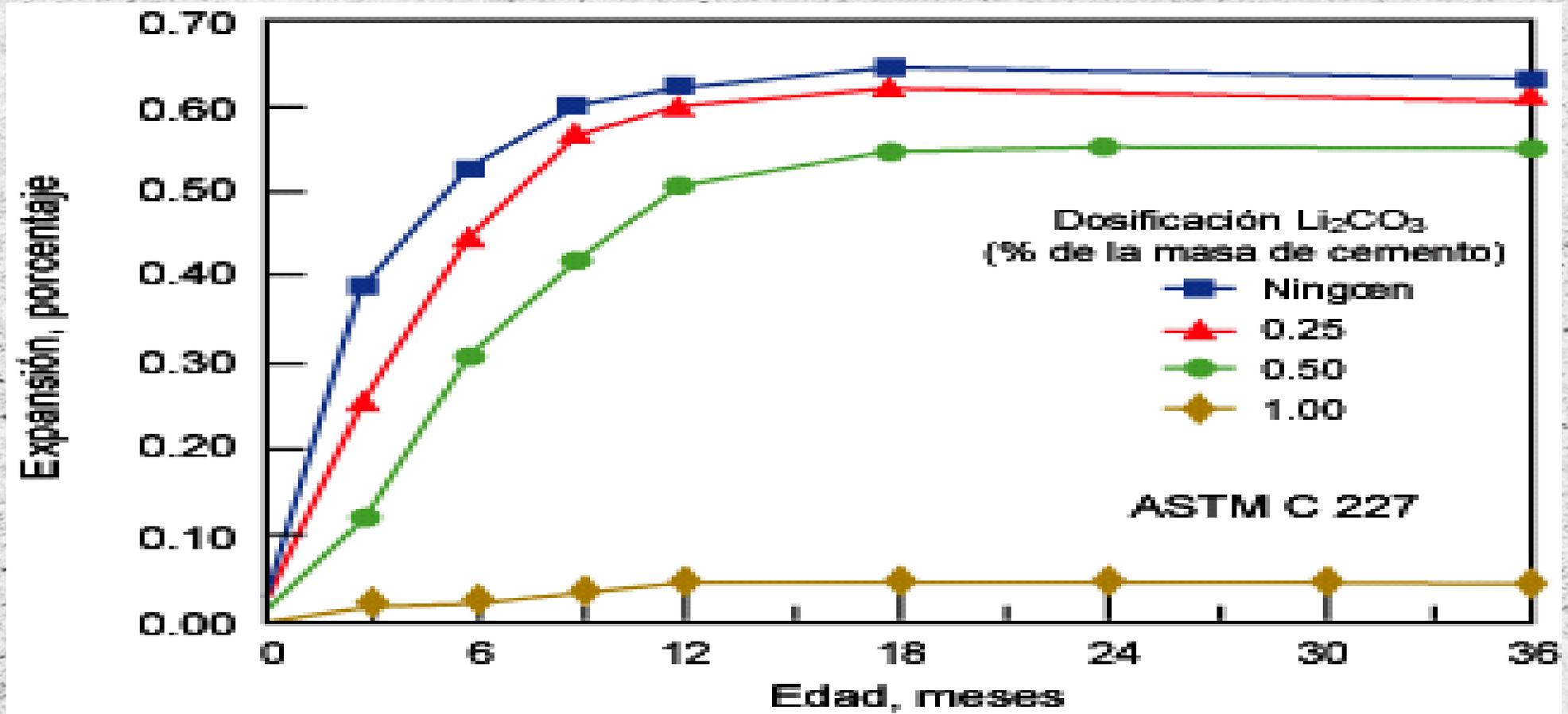


- Control de la corrosión del acero del refuerzo
- La dosis depende del nivel de cloruros previsto

# Aditivos Reductores de Contracción



# Aditivos Inhibidores de Reactividad Alcali-Sílice (Carbonato de Litio)



# Aditivos Colorantes (Pigmentos)











# CONCRETE UNDER NANOSCOPE:

*Mechano-Chemical Activation of Fly Ash-Nanoparticle Blends in Self-Consolidating Concrete*

**Konstantin Sobolev,**

*University of Wisconsin-Milwaukee*

*Concrete Nanotechnology and Nanoscience Society*

Los principales deseos eran:

- 1) Desarrollar Aditivos que sean **uniformes con todos los cementos** o combinaciones de materiales cementicios y cemento;
- 2) Desarrollar Aditivos de **Rangos Bajo, Medio y Alto** que tengan una respuesta de Tiempos de Fraguado Normales, mediante el empleo de **dosificaciones lineales** para obtener trabajabilidades (en Revenimiento o Extensibilidad) proporcionales a su utilización;
- 3) Desarrollar **Aditivos Polifuncionales** para minimizar la necesidad de emplear sinergias de productos;
- 4) Desarrollar Aditivos que mantengan bajo **control la Temperatura del Concreto**;
- 5) Desarrollar Aditivos que mantengan bajo **control la Inclusión de Aire**;
- 6) Desarrollar Aditivos que funcionen a menores cantidades de Cemento Portland puro y mayores cantidades de Materiales Cementicios o **Nanomateriales** (> 50%);
- 7) Desarrollar **Aditivos Robustos**, que incrementen el Desarrollo de Resistencias a Edad Temprana; y
- 8) Desarrollar Aditivos de **Trabajabilidad Extendida**, que mejoren la surfactancia del concreto.

# Dosificador de Aditivo Líquido

