



# Hormigones de alta trabajabilidad

**José Luis Sáez Hostaled**

Gerente Calidad Aragón&Cataluña  
Zaragoza, Diciembre, 15th 2016,

**CX**  
**LISTED**  
**NYSE**

[www.cemex.com](http://www.cemex.com) // [www.cemex.es](http://www.cemex.es)



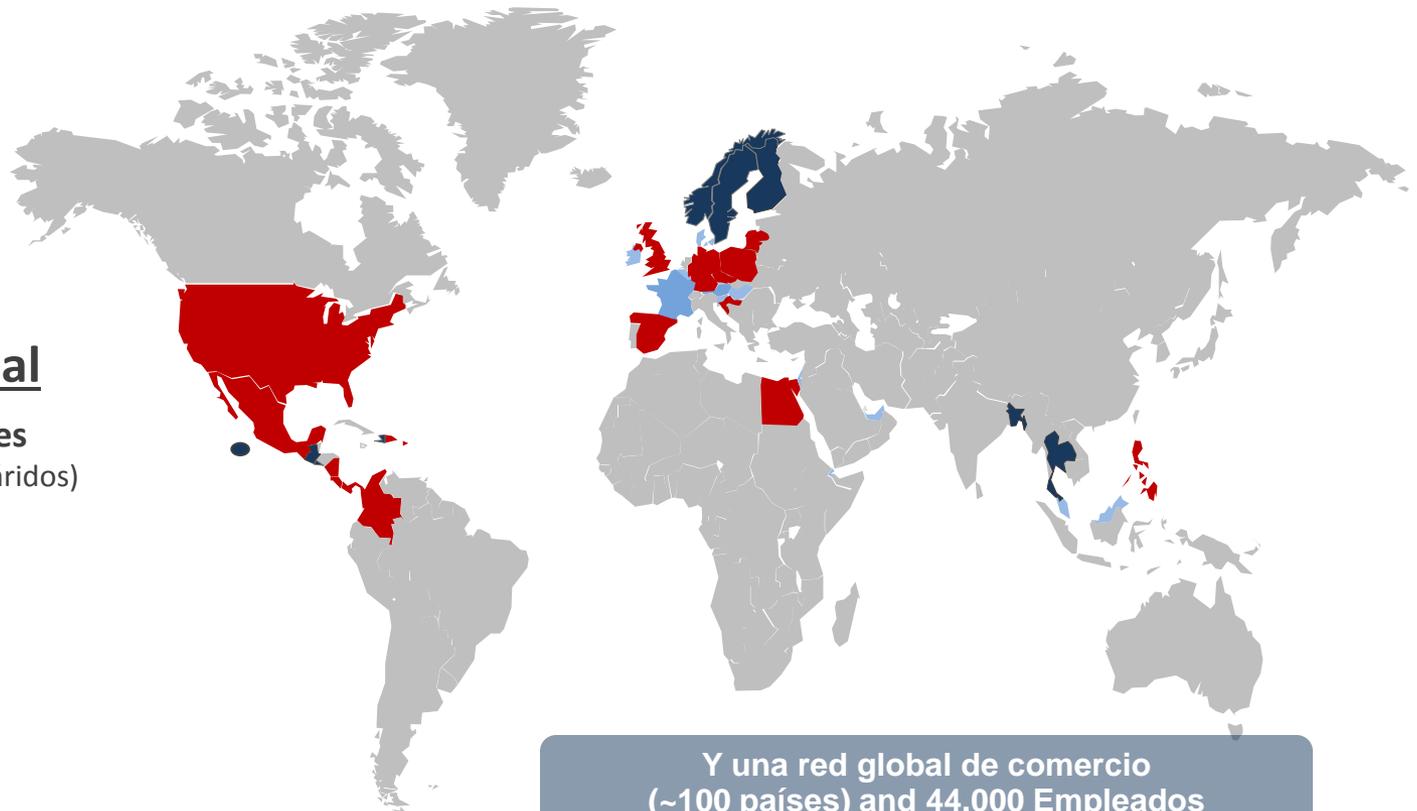
# ¿Quien es CEMEX?



- Fundada en Mexico en 1906, CEMEX ha crecido con el paso del tiempo dejando de ser una industria local para convertirse en una de las mayores compañías de la industria de materiales de construcción

## Presencia Global

- All 3 core businesses  
(cemento, hormigón, áridos)
- In 2 businesses
- In 1 business



# Nuestros números a final de 2015



	MEXICO	USA	SAC	NE	MED	ASIA
<b>Net sales</b>	US\$ 3.2 B	US\$ 3.7 B	US\$ 2.2 B	US\$ 4.2 B	US\$ 1.6 B	US\$ 0.6 B
<b>EBITDA</b>	US\$ 1.0 B	US\$ 0.4 B	US\$ 0.7 B	US\$ 0.4 B	US\$ 0.3 B	US\$ 0.1 B
<b>Cement Capacity</b>	29.3	17.1	12.0	12.4	17.2	5.7
<b>Cement Plants</b>	15	13	7	7	10	3
<b>Ready-mix Plants</b>	282	353	134	785	165	17
<b>Aggs Quarries</b>	16	74	20	197	30	4



**SI UN TRABAJO SE REALIZA  
CON FACILIDAD, ES MUY  
PROBABLE QUE SE HAGA BIEN**

También conocida como “Ley del mínimo esfuerzo”  
Anónimo



Los composites son materiales sintéticos mezclados heterogéneamente formando un compuesto.

Componentes:

- de *cohesión* envuelven y unen los componentes de *refuerzo* manteniendo la rigidez y la posición de éstos.
- de refuerzo dotan al conjunto con unas propiedades físicas que mejoran la cohesión y la rigidez.

Hormigón:

Material de construcción constituido básicamente por rocas (refuerzo), de tamaño máximo limitado, que cumplen ciertas condiciones respecto a sus características mecánicas, químicas y granulométricas, unidas por una pasta formada por un conglomerante (cohesión) y agua... si ya lleva fibras de refuerzo...



# Éxito de una estructura de hormigón

**CENTRAL  
HORMIGONERA**



**HORMIGON A  
PIE DE OBRA**



**HORMIGON  
COLOCADO**

Admixtures



Cement



Sand



Gravel



Water



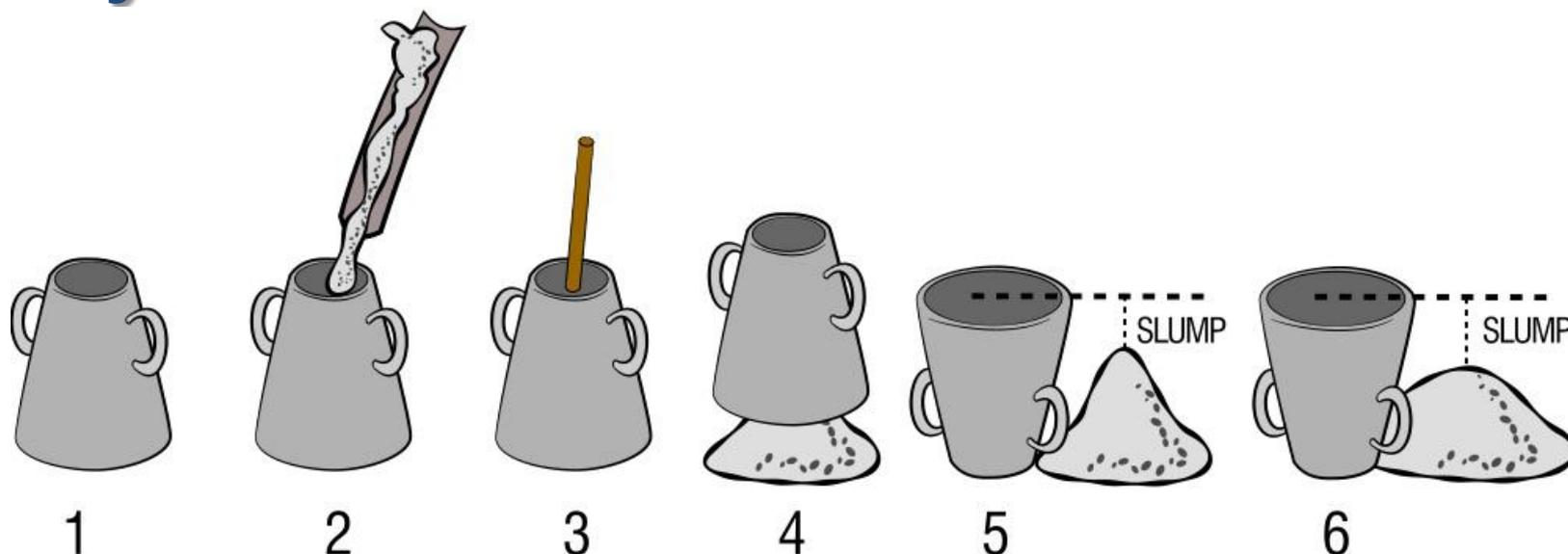
Aggregates



Ready-mix  
concrete



## Ensayo cono de Abrams



	Tipo de consistencia	Asiento en mm	Tolerancia mm
S1	Seca (S)	0 - 20	10
S2	Plástica (P)	30 - 50	10
S3	Blanda (B)	60 - 90	10
S4	Fluida (F)	100 - 150	20
S5	Líquida (L)	160 - 200	20

**A mayor trabajabilidad del hormigón,  
menor esfuerzo para extender y compactar  
bien, pero.... ¿cúal es el hormigón mas  
vendido?**

**EFFECTIVAMENTE:**

**Cualquier resistencia pero...**

**CONSISTENCIA BLANDA.**



# Algunos “éxitos” asociados al HX-XX/B.....



**MUCHA MAYOR PROBABILIDAD DE QUE LA ESTRUCTURA DE HORMIGON SE AJUSTE AL PROYECTO**

**AUMENTA LA COMPETITIVIDAD FRENTE A LAS ESTRUCTURAS DE ACERO Y MADERA**



- **Antecedentes:**
  - Impulso desde el punto de vista del material
  - No visión estructural EHE08.
  - Confusión en ensayos. Protagonismos
  - Existencia de experiencias principalmente en el sector del prefabricado



- **Si:**
  - De alguna manera hay que distinguirlos para pedirlos...
  - De alguna manera habrá que intentar sistematizarlos...

**Tabla A.17.2**

Requisitos generales para la autocompactabilidad

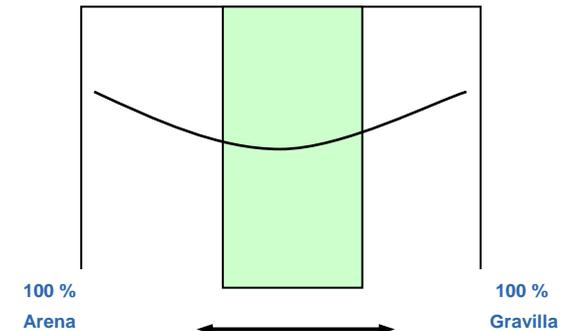
Ensayo	Parámetro medido	Rango admisible
Escurrecimiento	$T_{50}$	$T_{50} \leq 8 \text{ seg}$
	$d_f$	$550 \text{ mm} \leq d_f \leq 850 \text{ mm}$
Embudo en V	$T_V$	$4 \text{ seg} \leq T_V \leq 20 \text{ seg}$
Caja en L	$C_{bL}$	$0,75 \leq C_{bL} \leq 1,00$
Escurrecimiento con anillo J	$d_{Jf}$	$\geq d_f - 50 \text{ mm}$

- **No:**
  - Introduce especificidad... y lleva a tratamientos individualizados
  - Hace que perdamos el sentido físico... sustituyéndolo por el sentido normativo
  - En realidad, cada hormigón es distinto y se diseña con una finalidad/uso determinada

“Dígame que necesita y fabricaré el hormigón que desea”

## Porosidad

Asociado al sistema de puesta en obra:  
Cubilote o bomba



¿Es la misma energía potencial?



**No anteponer el ensayo a la puesta en obra, sino:  
el ensayo es consecuencia de la puesta en obra**

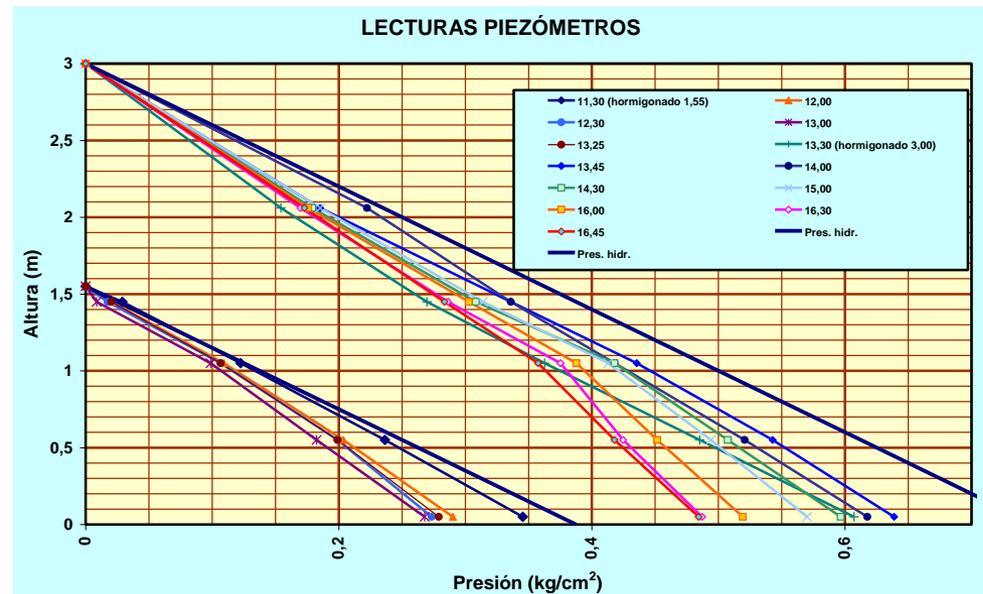


- **Generalmente:**
  - **Alto contenido en finos**
    - **Efectos superficiales**
    - **Mayor riesgo de asentamiento plástico**
  - **Mayor pasta**
    - **Menor peso específico**
    - **Mayor compacidad**
    - **Menor módulo de elasticidad**
    - **Menor engranamiento**
    - **Adherencia similar (menor acuñamiento pero mayor adhesión)**
    - **Mayor retracción básica**
    - **Mayor fluencia**



- **Generalmente:**
  - Mayor empuje sobre las paredes encofrado

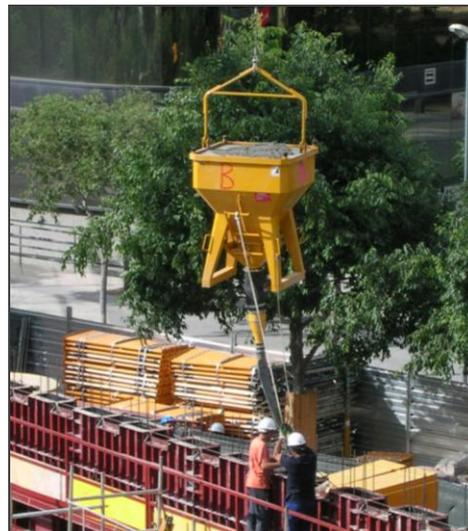
comportamiento como un líquido de densidad superior a 2 t/m<sup>3</sup>



- Riesgo de pérdida de lechada por juntas de encofrado
- Dependiendo del tipo, necesidad de compactación



# Algunas aplicaciones...



**Son aquellos hormigones con un asentamiento superior a los 15 cm. (cono de Abrams) y no presentan segregación y si una adecuada viscosidad**

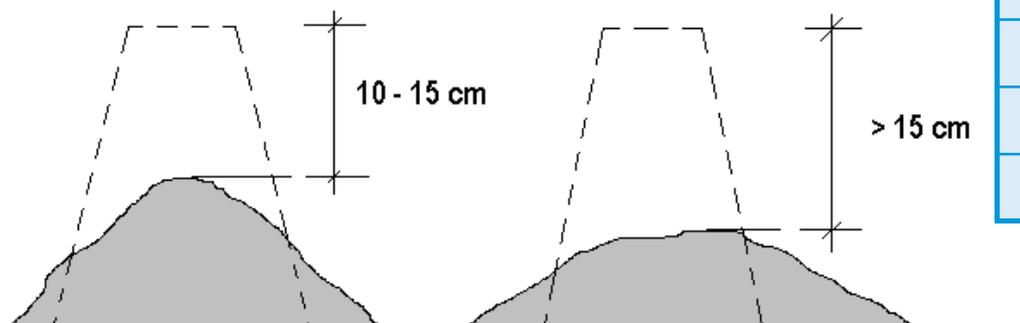


Asentamiento según el cono de Abraham			Tipo de compactación recomendable
Tipo	Valoración cualitativa	Asentamiento (mm)	
A1	Seca	10 a 40	Vibrado intensivo
A2	Plástica	50 a 90	Vibrado normal
A3	Blanda	100 a 150	Vibrado normal o picadura con barras
A4	Fluida	160 a 210	Vibrado ligero o picadura con barras de acero
A5	Muy fluida	≥ 220	

Tipo de consistencia	Asentamiento en cm
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20

**FLUIDA**

**LIQUIDA**



- **Art. 31.5:**
  - Salvo en aplicaciones específicas que así lo requieran, se evitará el empleo de las consistencias seca y plástica
  - No podrá emplearse la consistencia líquida, salvo que se consiga mediante el empleo de aditivos superplastificante (con la relación agua/cemento no se juega!!)



- **Debilidades:**

- **Dosificación mas cuidada:**
  - **Atención a la segregación**
  - **Adecuada viscosidad**
- **Mayor precio**
  - **De 7 a 10 % superior**

**Segregada**



**No segregada**



**COHESIÓN**

**FLUIDEZ**



**(-) ← Trabajabilidad → (+)**



- **Fortalezas:**

- Adaptación al encofrado
- Facilita el extendido y vibrado
- Menor cansancio de los equipos de trabajo
- Mayor rendimiento de hormigonado
- Mayor calidad de amasado
- Hormigón mas homogéneo
- Necesario en estructuras muy armadas
- Mayor durabilidad

Líquido cohesivo y poco viscoso



- **Ejemplo dosificación tipo:**

- **Cemento**  $\geq 300 \text{ kg/m}^3$
- **Arido 0/4**  $1.150 \text{ a } 1.350 \text{ kg/m}^3$
- **Arido 4/12; 12/20**  $515 \text{ a } 715 \text{ kg/m}^3$
- **Finos, % masa  $\leq 0,125 \text{ mm}$**   $\geq 500 \text{ kg/m}^3$
- **Superplastificante,**  $1,5 \text{ a } 3,0 \text{ \% s.p.c.}$

**Capaz de soportar variaciones:**

- $20 - 40 \text{ kg/m}^3$  de finos ( $\leq 0,125 \text{ mm}$ )
- $5 - 10 \text{ l/m}^3$  de agua

**Capaz de mantener la consistencia líquida**

- **Tiempo de uso (T.U.) =  $t_{\text{fabricación}} + t_{\text{transporte}} + t_{\text{colocación}}$**
- **Tiempo abierto (T.A.) = tiempo en el que se mantiene la consistencia**
- **T.A.  $> 90 \text{ min.} > \text{T.U.}$**



- **Estructuras:**
  - armadas y muy armadas
  - difíciles de vibrar
  - con formas complicadas
  - con necesidades especiales de durabilidad
- **Hormigón visto**
- **Pavimentos de hormigón**
- **Necesidad de grandes rendimientos de hormigonado:**
  - Tableros de puentes
  - Zapatas
  - Forjados
  - Muros
  - Pantallas y pilotes



- **Hagamos fácil lo que puede serlo. HAT's**
- **Los HAT's presentan significativas ventajas que, en determinadas aplicaciones, los hacen insustituibles**
- **No extrapolemos los comportamientos “alegremente”, se debe analizar la influencia estructural de un mayor contenido de pasta**
- **Comuniquemos los resultados de nuestros proyectos... aumentemos la experiencia disponible**





# GRACIAS!



CX  
LISTED  
NYSE

[www.cemex.com](http://www.cemex.com)

