

# CI5223 – DISEÑO DE ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL

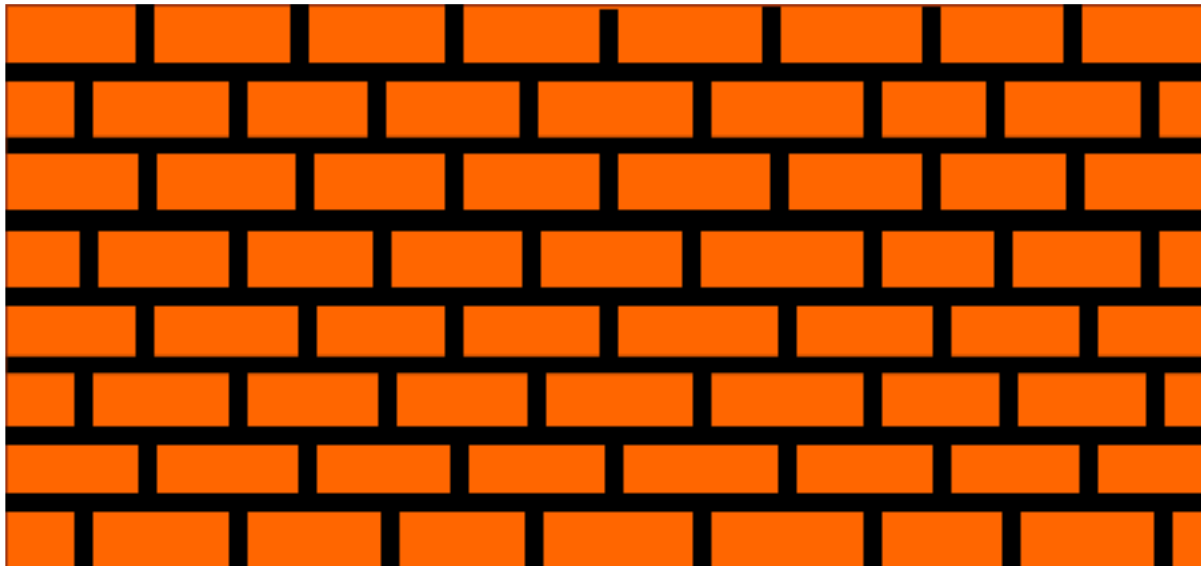
## PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA

*Primavera 2018*



# Albañilería

- ❑ Conjunto de **unidades** unidas entre sí con algún material (**mortero**).



## Antecedentes

- ❑ La **unión** de las unidades da origen a la albañilería como material, unión que proporciona la **resistencia** y la **estanqueidad** contra la penetración de humedad.
- ❑ La propiedad más importante del mortero es la **adherencia** que logre desarrollar la cual debe ser: **completa, fuerte y durable**.
- ❑ La **resistencia de adherencia** y la **extensión de la superficie de adhesión** depende de factores asociados tanto con las **propiedades de los materiales** como con la **calidad de la mano de obra**.
- ❑ El contacto completo e íntimo entre el mortero y la unidad es esencial, para lograrlo es fundamental controlar la “**trabajabilidad**” **del mortero**, es decir la facilidad con la que se esparce el mortero sobre las superficies en que se coloca.
- ❑ Unidades con una **superficie de asiento porosa** son altamente receptiva a un mortero húmedo.
- ❑ El **contenido de humedad** y la **succión de las unidades**, la **retención de agua** del mortero y las **condiciones ambientales**, tales como temperatura, humedad y viento, se combinan para determinar la **adherencia**.

## Antecedentes

- ❑ La **calidad de la mano** de obra es un factor importante ya que el albañil debe asegurar una **cobertura completa de todas las superficies de contacto**, tanto horizontales como verticales.
- ❑ Una vez que una unidad ha sido **colocada y nivelada**, cualquier movimiento posterior **romperá la adherencia alcanzada**, debilitando la unión.
- ❑ La **retención de agua** de los morteros de cemento y cal permite contar con **más tiempo para la colocación** de las unidades al evitar la evaporación del agua del mortero o la succión de esta agua de parte de las unidades.
- ❑ La **cantidad de variables** involucradas hacen **difícil** desarrollar una prueba de laboratorio de adhesión que considere todas estas variables.

## Materiales de una albañilería

- ☐ Unidades
- ☐ Mortero
- ☐ Hormigón de relleno
- ☐ Hormigón
- ☐ Acero de refuerzo

### Objetivo:

- Caracterización desde el punto de vista de la **resistencia** y **durabilidad** de la albañilería.



## Unidades de albañilería

- ❑ Amplia **variedad** de unidades



## Clasificación

❑ Las unidades de albañilería se clasifican de acuerdo con:

1. Materia prima utilizada en su fabricación.
2. La forma en que se fabrican.
3. Geometría.
4. Propiedades físicas y mecánicas.

## Clasificación

### ❑ Materia prima:

- a. Unidades de piedra
- b. Unidades de arcilla
  - b.1 adobe
  - b.2 ladrillo cerámico
- c. Unidades de cemento
  - c.1 bloques de hormigón
  - c.2 bloques de hormigón celular
  - c.3 suelo - cemento
- d. Sílice y cal



## Clasificación

### ☐ Método de producción

#### a. A mano:

a.1 Moldeo

a.2 Cincel

#### b. A máquina

b.1 Moldeo por vibración (Bloques de hormigón)

b.2 Moldeo por extrusión (Ladrillo cerámico)

# Clasificación

## □ Geometría

### a. Sólidas o macizas

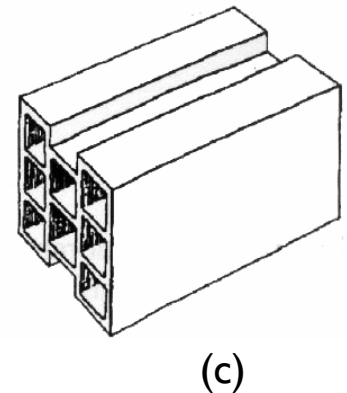
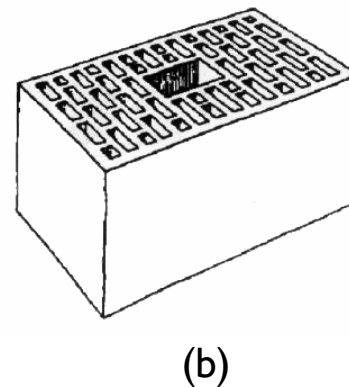
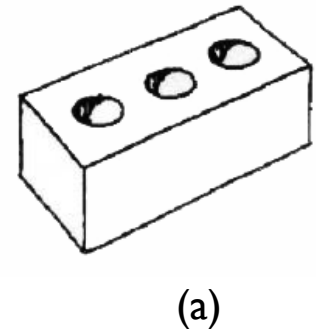
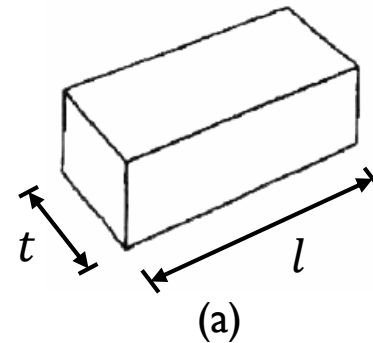
a.1 Area neta ( $A_e$ )  $\geq$  **75%** Area bruta ( $A_b$ ) =  $l \cdot t$

### b. Perforadas y huecas

b.1 Ladrillos: **40%**  $\leq A_e/A_b < 75\%$  (¡?)

b.2 Bloques: **50%**  $\leq A_e/A_b < 60\%$  (¡?)

### c. Tubulares (huecos horizontales, en general para uso de paredes divisorias)



## Clasificación

### ❑ Propiedades físicas y mecánicas de las unidades

Las propiedades que deben **especificarse** y **controlarse** desde el punto de vista del **desempeño estructural** son:

a. Regularidad de las dimensiones y de la forma

Impacto  $\Rightarrow$  **Espesor de la junta**  $\Rightarrow$  **Resistencia de la albañilería**

b. Planeidad de las caras

Impacto  $\Rightarrow$  **Espesor de la junta**  $\Rightarrow$  **Resistencia de la albañilería**

c. Dimensiones huecos y perforaciones  $\Rightarrow$  **Resistencia de la albañilería**

d. Espesores de paredes y tabiques  $\Rightarrow$  **Resistencia de la albañilería**  
(**unidades huecas y perforadas**) (**Trituración**)

## Clasificación

### ❑ Propiedades físicas y mecánicas de las unidades

#### e. Resistencia

➤ Compresión

➤ Tracción  $\Rightarrow$  0,10 a 0,30 veces compresión

Impacto  $\Rightarrow$  Mayor resistencia unidad  $\Rightarrow$  -Mayor resistencia albañilería  
-Mayor durabilidad

## Clasificación

### ❑ Propiedades físicas y mecánicas de las unidades

#### f. Absorción

- Succión o Tasa de absorción inicial (IRA\*)  
Valores recomendables: 0.05 y 0.10 gr/cm<sup>2</sup> x min
- Impacto ➡ Valores altos del IRA afectan adhesión  
➡ **Menor resistencia a la tracción** de la albañilería
- Absorción (libre) y Absorción Máxima
- Coeficiente de saturación: Absorción libre / Absorción máxima  
Impacto ➡ Coeficiente de saturación bajo  
➡ **Mayor Durabilidad**

\*IRA = Initial rate of absorption



Ensayo con Pipeta Karsten



Ensayo de sumersión

## Clasificación

### ❑ Propiedades físicas y mecánicas de las unidades

#### g. Deformaciones por cambio de humedad

##### ➤ Dilatación

##### ➤ Contracción (Bloques de hormigón, **bloques de hormigón celular**).

1. Contenido de humedad de la unidad
2. Humedad ambiental

IMPACTO  $\Rightarrow$  Contracción alta  $\Rightarrow$  Agrietamiento en muros muy largos o muy altos  $\Rightarrow$  Solución: Incluir “juntas de control” en los muros cada 6 m o más.



## Ejemplo: clasificación de ladrillos cerámicos

- ☐ Densidad entre 1300 y 2200 kgf/m<sup>3</sup>
- ☐ Clasificación según puntos 2 y 3 (Tipo y clase):
  - a. Ladrillos hechos a máquina:
    - i. Macizos o sólidos
    - ii. Perforados
    - iii. Huecos
      - 1. Verticales
      - 2. Horizontales
  - b. Ladrillos hechos a mano:
    - i. Macizos
- ☐ Clasificación según punto 4 (Grados)

Esta clasificación se hace de acuerdo con los valores de propiedades físicas y mecánicas.

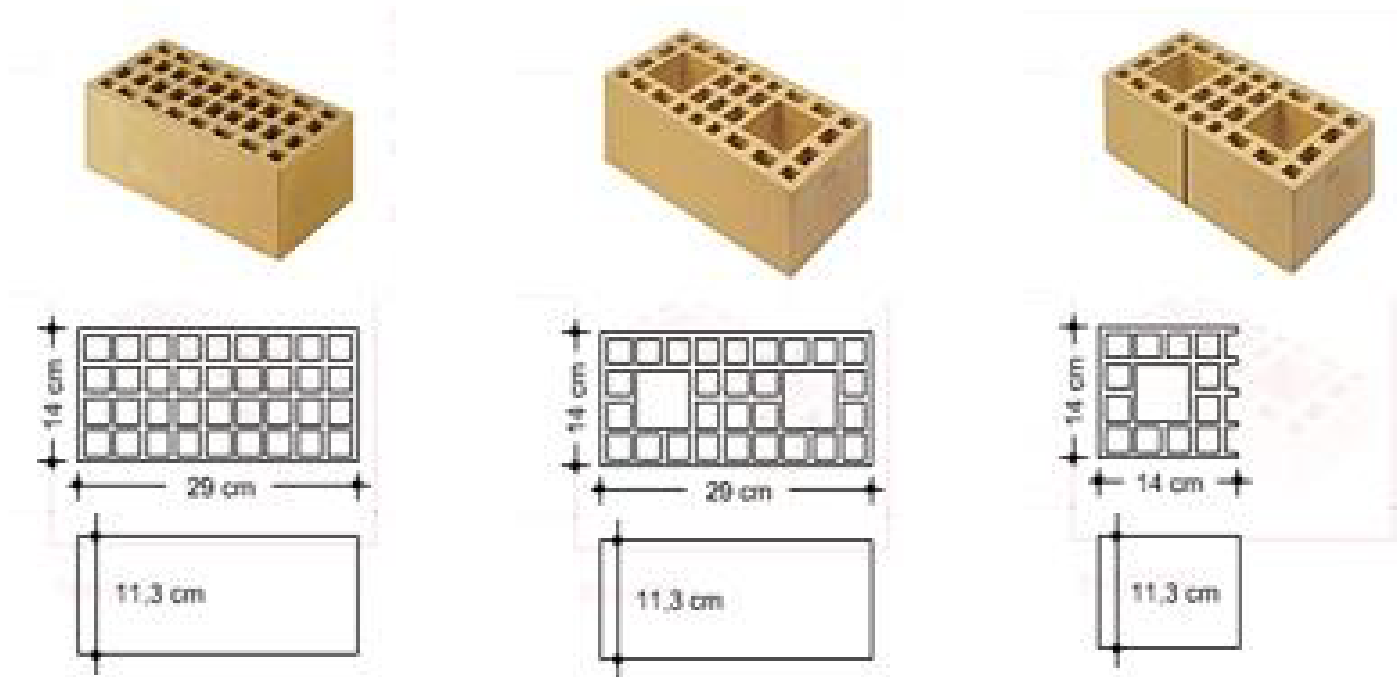
## Ejemplo: clasificación de bloques de hormigón

- ❑ Densidad entre 1300 y 2000 kgf/m<sup>3</sup>
- ❑ Clasificación según puntos 2 y 3:
  - a. Apisonados en máquinas de accionamiento manual (hechos a pie de obra):
    - i. Huecos
    - ii. Macizos
  - b. Compactados con equipos de vibración y compresión:
    - i. Huecos
    - ii. Macizos
- ❑ Clasificación según punto 4 (Grados)

Esta clasificación en grados se hace de acuerdo con los valores de las propiedades físicas y mecánicas (valores extremos - máximos o mínimos).

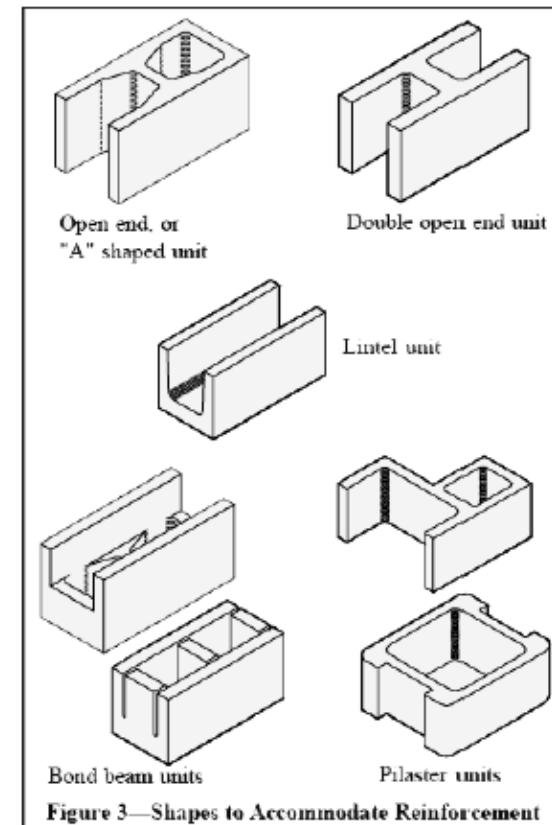
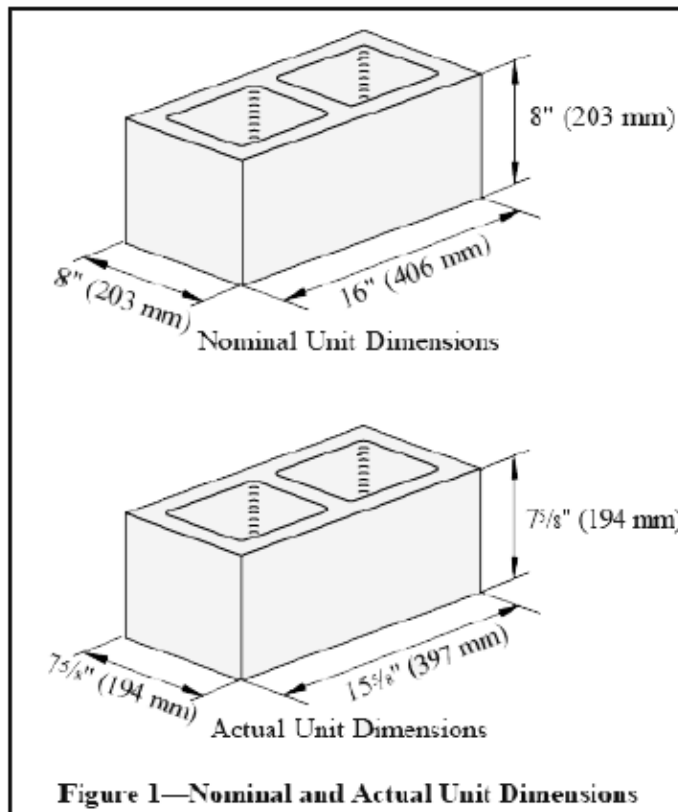
## Unidades huecas

### ❑ Ladrillos Nacionales cerámicos



## Unidades huecas

### ❑ Bloques de hormigón



## Usos de las unidades de albañilería

- ❑ De acuerdo con sus propiedades se establece el uso de una unidad de albañilería y de acuerdo con el **tipo de exposición** se establece la **protección** que debe hacerse del elemento construido con ella.

i. Uso:

a. Elementos estructurales

Albañilería armada  $\Rightarrow$  ver requisitos en NCh1928

Albañilería confinada  $\Rightarrow$  ver requisitos en NCh2123

Hormigón celular  $\Rightarrow$  ver requisitos en NCh3073

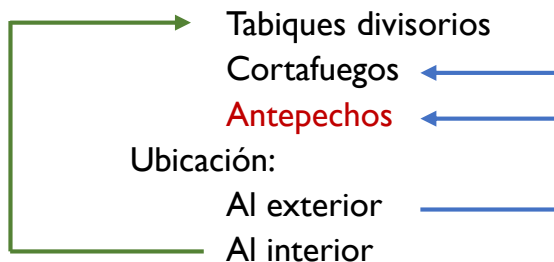
Albañilería sin refuerzo

Ubicación de los elementos:

Al exterior

Al interior

b. Elementos no estructurales.



## Usos de las unidades de albañilería

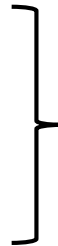
- ❑ De acuerdo con sus propiedades se establece el uso de una unidad de albañilería y de acuerdo con el tipo de exposición se establece la protección que debe hacerse del elemento construido con ella.

➤ Tipo de exposición:

- Lluvia
- Humedad
- Desgaste



Protección



1. A la vista: **NO**
2. Estucado u otro: **SI**



## Normas de unidades de albañilería

### ❑ Normas Chilenas:

- a. NCh169: Ladrillos cerámicos - Clasificación y requisitos.
- b. NCh181: Bloques huecos de hormigón de cemento.
- c. NCh2432: Bloques macizos de hormigón celular.
- d. NCh1928: Albañilería armada (Anexo A y B) .
- e. NCh2123: Albañilería confinada (Anexo A y B).

### ❑ Normas ASTM (EEUU):

- a. C62: Standard Specifications for Building Brick.
- b. C652: Standard Specification for Hollow Brick.
- c. C34: Standard specification for Structural Clay Load-Bearing Wall Tile.
- d. C126: Standard Specifications for Ceramic Glazed Structural Clay Facing Tile, Facing Brick and Solid Masonry Units.
- e. C90: Standard Specification for Hollow Load-Bearing Concrete Masonry Units.
- f. C129: Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units.
- g. C55: Standard Specification for Concrete Building Brick.

## Normas

### ❑ Características de los ladrillos cerámicos - NCh169

Requisitos mecánicos	Grados de ladrillos cerámicos						
	1		2		3		
	Clases de ladrillos cerámicos						
	MqM	MqP	MqH	MqP	MqH	MqP	MqH
Resistencia a la compresión, mínima (MPa)	15	15	15	11	11	5	5
Absorción de agua, máxima %	14	14	14	16	16	18	18
Adherencia, mínima (MPa) (área neta)	0,4	0,4	0,4	0,35	0,35	0,30	0,25
NOTA - Los requisitos de los ladrillos cerámicos artesanales son tratados en NCh2123.							

### ❑ Características de los bloques de hormigón - NCh181

CLASE	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION	
	PROMEDIO DE 5 BLOQUES	INDIVIDUAL MINIMO
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
A	45	35
B	22,5	17,5

## Normas

### ❑ Características de los bloques de hormigón - NCh181

Clasificación	Densidad del hormigón	Maxima absorción,kg/m3		Resistencia compresión	
	Promedio 3 bloques	Promedio	Individual	Promedio	Individual
Liviano	$\leq 1680 \text{ kg/m}^3$	288	320	13	12
Mediano	desde 1680 a $\leq 2000$	240	272	13	12
Normal	2000 o mayor	208	240	13	12
La resistencia a la compresión se mide en área neta en MPa.					

## Normas Chilenas: propiedades geométricas

### ❑ Características de los ladrillos cerámicos - NCh169

- El **espesor mínimo** de cáscaras simples debe ser **19 mm**. En el caso de unidades con **cáscaras compuestas\***, el espesor mínimo de la cáscara debe ser **38 mm**.
- En **cáscaras compuestas**, con porcentaje de huecos que no exceda al 35%, y cuyos huecos sean de área igual o menor que  $6.5 \text{ cm}^2$ , el espesor mínimo de los tabiques (alma) longitudinales y transversales que forman la cáscara, debe ser **10 mm**.
- En **cáscaras compuestas** cuyos huecos sean de área superior a  $6.5 \text{ cm}^2$ , los espesores de los tabiques longitudinales y transversales deben ser mayores o iguales a **13 mm**, siempre que las dimensiones de los huecos de la cáscara no excedan a **16 mm** en el sentido del espesor de la cáscara ni a **127 mm** en su longitud.
- El **espesor de tabiques** ubicados fuera de la cáscara compuesta de la unidad debe ser mayor o igual a **13 mm**. Este requisito se puede reducir a **10 mm** para tabiques que separan un hueco de mas de  $6.5 \text{ cm}^2$  de área de otro de área inferior a  $6.5 \text{ cm}^2$ , y a **6 mm** para tabiques que separen huecos con áreas inferiores a  $6.5 \text{ cm}^2$ .

\*Cáscara compuesta: pared exterior del ladrillo cerámico que en su espesor incluye perforaciones regularmente distribuidas en todo su desarrollo



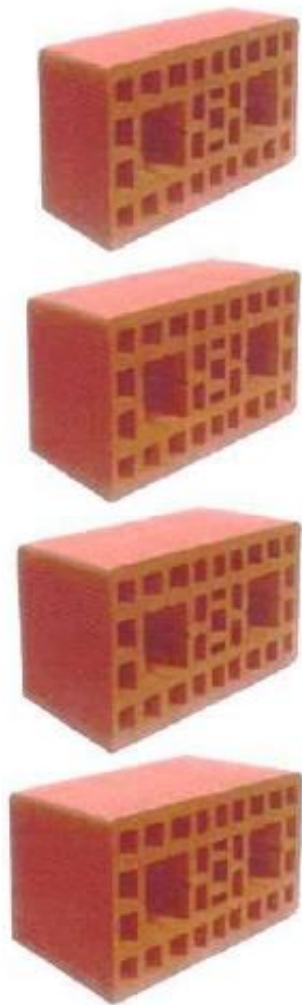
## Normas Chilenas: propiedades geométricas

### ❑ Características de los bloques de hormigón - NCh181

ANCHO mm	TOLERANCIA mm	ALTO mm	TOLERANCIA mm	LARGO mm	TOLERANCIA mm	UNION mm	VOL. NOMINAL mm
240	± 3	190	± 3	390	± 3	10	250x200x400
190	± 3	190	± 3	390	± 3	10	200x200x400
140	± 3	190	± 3	390	± 3	10	150x200x400
90	± 3	190	± 3	390	± 3	10	100x200x400

Ancho especificado, mm	Espesor mínimo cáscara	Espesor tabique, en mm	
		Tabique mínimo	Espesor mínimo equivalente
140	25	25	188
190	32	25	188
240	35	29	209
290 o mayor	38	29	209





SANTIAGO 7 E	
dimensiones cm. *)	29 x 14 x 7,1
peso kg.	> 2,55
unidades/m <sup>2</sup> , cantería 1,5 cm.	38
hiladas en 1 mt altura cantería 1,5 cm.	12 unid.

SANTIAGO 9 E	
dimensiones cm. *)	29 x 14 x 9,4
peso kg.	> 3,35
unidades/m <sup>2</sup> , cantería 1,5 cm.	29,8
hiladas en 1 mt altura cantería 1,5 cm.	9 unid.

SANTIAGO 11 E	
dimensiones cm. *)	29 x 14 x 11,3
peso kg.	> 4,06
unidades/m <sup>2</sup> , cantería 1,5 cm.	25,6
hiladas en 1 mt altura cantería 1,5 cm.	8 unid.

SANTIAGO 14 E	
dimensiones cm. *)	29 x 14 x 14
peso kg.	> 5,03
unidades/m <sup>2</sup> , cantería 1,5 cm.	21,2
hiladas en 1 mt altura cantería 1,5 cm.	6,5 unid.

## LADRILLO SANTIAGO ESTRUCTURAL

### USOS

Ladrillo MaP Grado 1, según clasificación de la NCh169, Of 2001.

Ladrillo que satisface los requisitos especificados en la NCh 1928 Of. 93 modificada el 2003 y NCh2123, Of 97 modificada el 2003.

Ladrillo diseñado para ser usado en albañilería armada y confinada.

En albañilería armada, los pilares se arman en los huecos de los propios ladrillos.

### PRODUCTO ESPECIAL

Ladrillo Mitad para solucionar encuentros y esquinas.



### PROPIEDADES DEL PRODUCTO

	Resistencia a la compresión: > 150 kg /cm <sup>2</sup>
	Adherencia al mortero: > 4,0 kg /cm <sup>2</sup>
	Resistencia al fuego: F > 120
	Aislación acústica: > 45 dB (A) (%)
	Transmitancia: Térmica: Santiago 7 a 2,1 w/m <sup>2</sup> K Santiago 9 a 1,9 w/m <sup>2</sup> K Santiago 11 a 1,9 w/m <sup>2</sup> K
	Absorción de agua: < 14 %

FUENTES IDIEM

\*) Tolerancia según NCh 169, Of 2001

\*) Índice de reducción acústica obtenido sobre ensayo de ruido difuso con ladrillos de huecos rellenos de mortero.



## ❑ Ladrillos Melus de Arica



### REJILLA GRANDE

Dimensiones	: 24 x 14 x 7,0 cm.
Peso	: 2,4 Kg.
Espesor Muro	: 14 cms.
Unidades	: 48 x m2
Hiladas en 1 metro	: 12 Unid.

#### Usos:

- Ladrillo diseñado para ser usado en albañilería.
- Uso principal en construcción de viviendas.
- Ladrillo del tipo MqHv Grado 1, según clasificación de la NCh 169E Of. 73

## Unidades de albañilería peligrosas



- ❑ Unidades que se **trituran** una vez que se produce el agrietamiento del muro (situación observada cuando se utilizan ladrillos con 40% de huecos en un experimento de carga lateral cíclica).
- ❑ Para evitar esta trituración, la Norma E.070 (Perú) sólo permite el uso de ladrillos con **menos de 30% de huecos** en la construcción de los muros de albañilería confinada.
- ❑ Otros ladrillos que se **trituran** después que la albañilería se agrieta, son los del tipo *Pandereta* o *Tubular*, unidades que tienen sus **huecos horizontales**.

## Unidades de albañilería peligrosas

### ❑ Daño en muros con bloques huecos

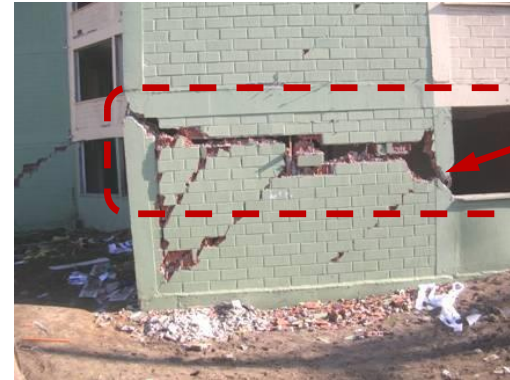
- Efecto del uso de unidades con **alto porcentaje de huecos** (trituration de las unidades – Terremoto de Tocopilla del 2007)



## Unidades de albañilería peligrosas

### ❑ Daño en muros de ladrillos cerámicos

- Efecto del uso de unidades **con alto porcentaje de huecos y perforaciones** (trituración de las unidades – Terremoto del Maule 2010 - San Antonio



Efecto de columna corta



## Unidades de albañilería NO peligrosas [I]



**Table 1: Test Results on bricks**

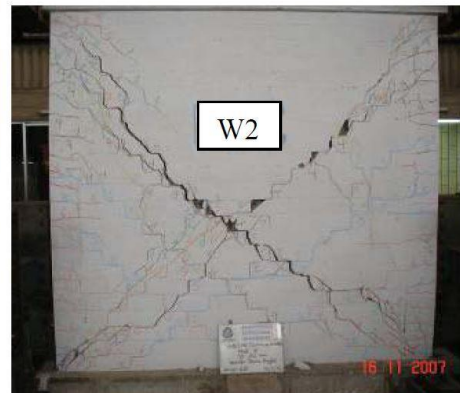
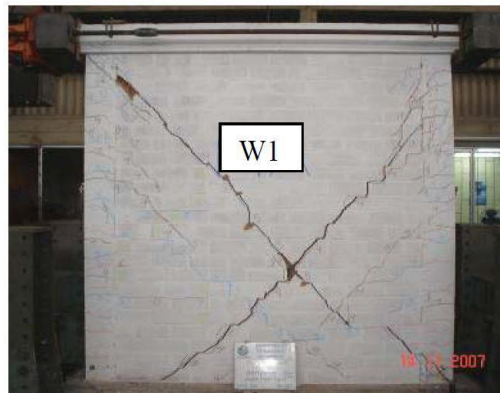
TEST	CLAY BRICKS	CONCRETE BRICKS
Dimension variability (length, width, height)	-0.39%, -0.43%, 0.03%	-0.09%, 0.01%, 0.40%
Warping (mm)	0	0
Compression $f'_b$ in MPa	19.7	14.6
Initial Suction (gr/200cm <sup>2</sup> -min)	47 (0.235 gr/cm <sup>2</sup> /min)	12 (0.060 gr/cm <sup>2</sup> /min)
Absorption	14%	6%
Percentage of Holes in the bed area	32%	29%



## Unidades de albañilería NO peligrosas [I]



Ensayo de murete en compresión diagonal (Buena adherencia)



Ensayo de muros sometidos a carga alternada (No hay evidencia de trituración)



# Morteros

## ❑ Mortero Tradicional:

- Mezcla de cemento, cal, arena (árido) y agua, a veces con aditivos para mejorar su *trabajabilidad* (propiedad en estado fresco).
- Espesores de juntas de mortero: 10 a 15 mm
- Fabricación en sitio o premezclado en fábrica.

## ❑ Mortero de *capa delgada*:

- Espesores de junta: 1 a 3 mm
- Fabricación en fábrica.

## Clasificación

### a. Morteros de junta (NCh2256/I;ASTM C270)

- a.1. Morteros de cemento: arena / cemento / agua
- a.2 Morteros mixtos: arena / cemento / **cal** / agua
- a.3 Morteros de cemento de albañilería: arena / **cemento de albañilería** / agua

### b. Morteros *continuos* o Estucos

### c. Morteros de reparación



## ¿Qué tan importante es el mortero de junta en una albañilería?

Con ladrillos convencionales y juntas de mortero del orden de 10 a 15 mm de espesor, alrededor del **20% de un muro de ladrillo corresponde sólo a mortero**. Además por cada metro cuadrado de muro hay más o menos **4,3 metros lineales de contacto mortero-ladrillo**.

# Morteros

## ❑ Tipos de morteros de junta

1. Hechos en obra
2. Premezclados

## ❑ Función del mortero de junta

1. **Unir** las unidades de albañilería.
2. **Sellar** para impedir la penetración de aire y agua.
3. **Adherir** las armaduras de refuerzo, las amarras metálicas y los pernos de anclaje ubicados en las juntas de morteros. ➡ **Resistencia mínima  $\geq 15\text{MPa}$**

# Morteros

## ❑ Cualidades que debe tener:

- Resistencia mecánica (Estado endurecido)
- Docilidad o trabajabilidad (Estado fresco)
- Durabilidad (Estado endurecido)

## ❑ Aspectos que deben cuidarse en su preparación:

- Materiales Componentes: cemento, **cemento de albañilería**, arena, cal, aditivos
  - Dosificación:
    - Mezclas de prueba
    - Proporciones usadas previamente
  - Medición de los materiales
  - Preparación En obra
  - Colocación
  - Curado y protección
- } En obra

# Morteros

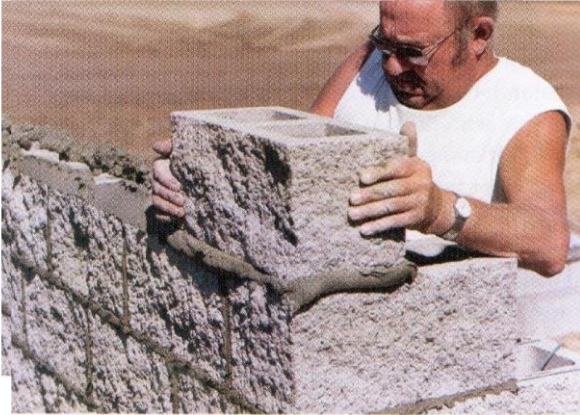
## ❑ Propiedades requeridas

1. **Consistencia y fluidez** adecuada con las **condiciones de colocación**
2. **Adherencia** con las unidades de albañilería
3. **Resistencia a la compresión**

## ❑ Clasificación

- Según las normas de mortero de junta, éstos se clasifican principalmente por la **resistencia a compresión**, por los **tipos de consistencia** y por la **retentividad**.

## Condiciones de colocación



Albañil chileno

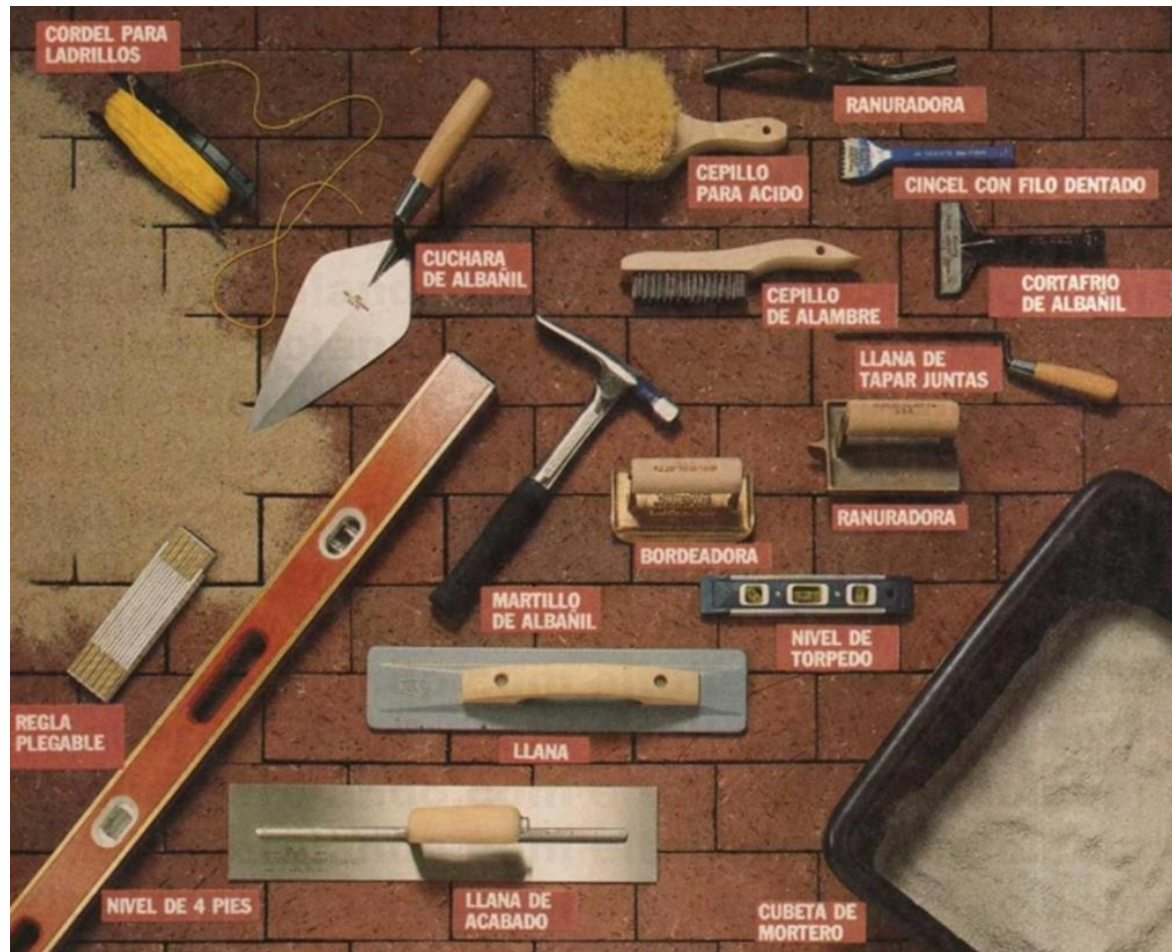


Albañil californiano





## Herramientas de albañil



# Propiedades del mortero de junta en estado fresco

## I. Trabajabilidad (o docilidad)

- La **docilidad** de un mortero en estado fresco dependen de **reacciones internas** como son:
  - Frotamiento de las partículas granulares: Su medida se denomina “**fluidez del mortero**”.
  - Cohesión de la masa: Su medida se denomina “**consistencia**”.
- El conjunto de ambas propiedades constituye la “**trabajabilidad**” del mortero, propiedad que depende directamente del contenido de **agua** y de las **partículas finas**. La forma en que actúan estos dos componentes en la trabajabilidad se muestra en la tabla.

Trabajabilidad	Contenido de agua >	Contenido de granos finos >
Fluidez	>	<
Consistencia	<	>



## Propiedades del mortero de junta en estado fresco

### ❑ Retentividad

- Definición: “Capacidad del mortero de **retener el agua** de amasado ante la absorción o succión de **agentes externos** (unidades).”
- Esta propiedad depende de:
  - a. **Contenido de granos finos en el mortero** ➡ Uso de cal
  - b. **Tiempo de amasado** ➡ Mayor tiempo para lograr una adecuada distribución del gua en la superficie de los materiales sólidos.
  - c. **Contenido de aire incorporado** ➡ Uso de aditivos

## Propiedades del mortero de junta en estado endurecido

### 1. Densidad o peso específico

- Para morteros convencionales su valor varía entre 1,70 ton/m<sup>3</sup> y 2,40 ton/m<sup>3</sup>.

### 2. Resistencia

#### a. Resistencia a la compresión

Factores que la determinan:

- Dosificación de sus componentes (Relación arena/cal/cemento)
- Relación agua/cemento
- Edad del mortero

Edad del mortero en días	Relación resistencia, cemento alta resistencia/corriente
7	1.4
28	1.35
90	1.25

## Propiedades del mortero de junta en estado endurecido

### ❑ Ensayo de flexión

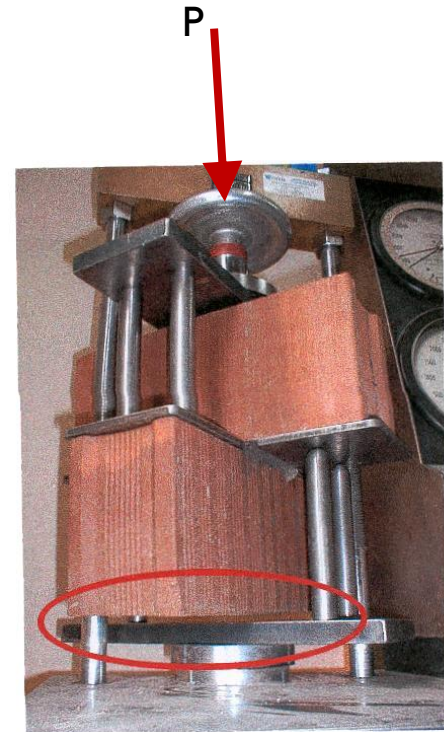
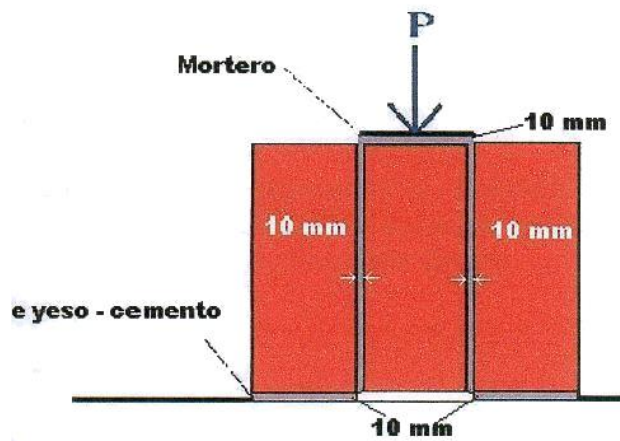
- Ensayo en probeta RILEM, prisma de  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ .



## Propiedades del mortero de junta en estado endurecido

### b. Resistencia de adherencia

- Factores del mortero que la determinan:
  - i. Dosificación de sus componentes (**relación arena/aglomerantes**).
  - ii. Contenido de **cemento**.
  - iii. Propiedades en estado fresco del mortero (**retentividad y docilidad**).



El ladrillo inferior se mantiene en el aire durante el ensayo.

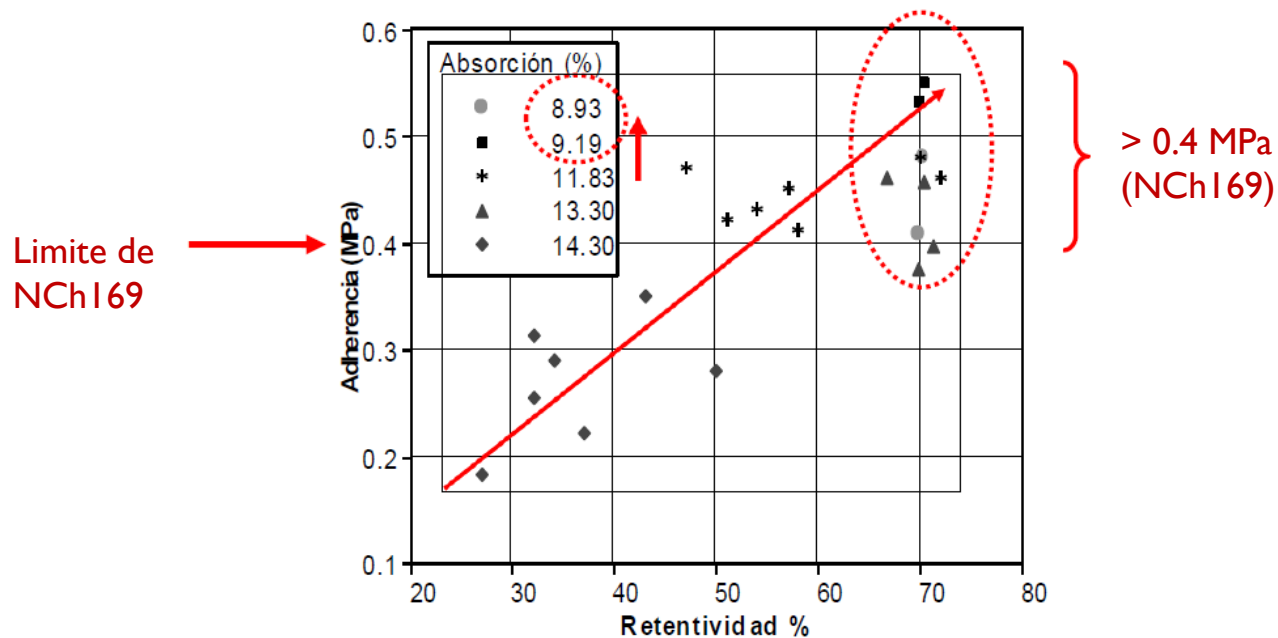
## Propiedades del mortero de junta en estado endurecido

### ❑ Otros factores que la determinan:

- i. El tipo de unidad de albañilería (propiedades de **absorción** y la textura de la superficie / **rugosidad**).
- ii. La **calidad de la mano de obra** (colocación del mortero en la superficie de asiento disponible en la unidad, el grado de presión aplicada a la unidad de albañilería y el tipo de herramientas utilizadas).
- iii. El **método de curado** de la albañilería.

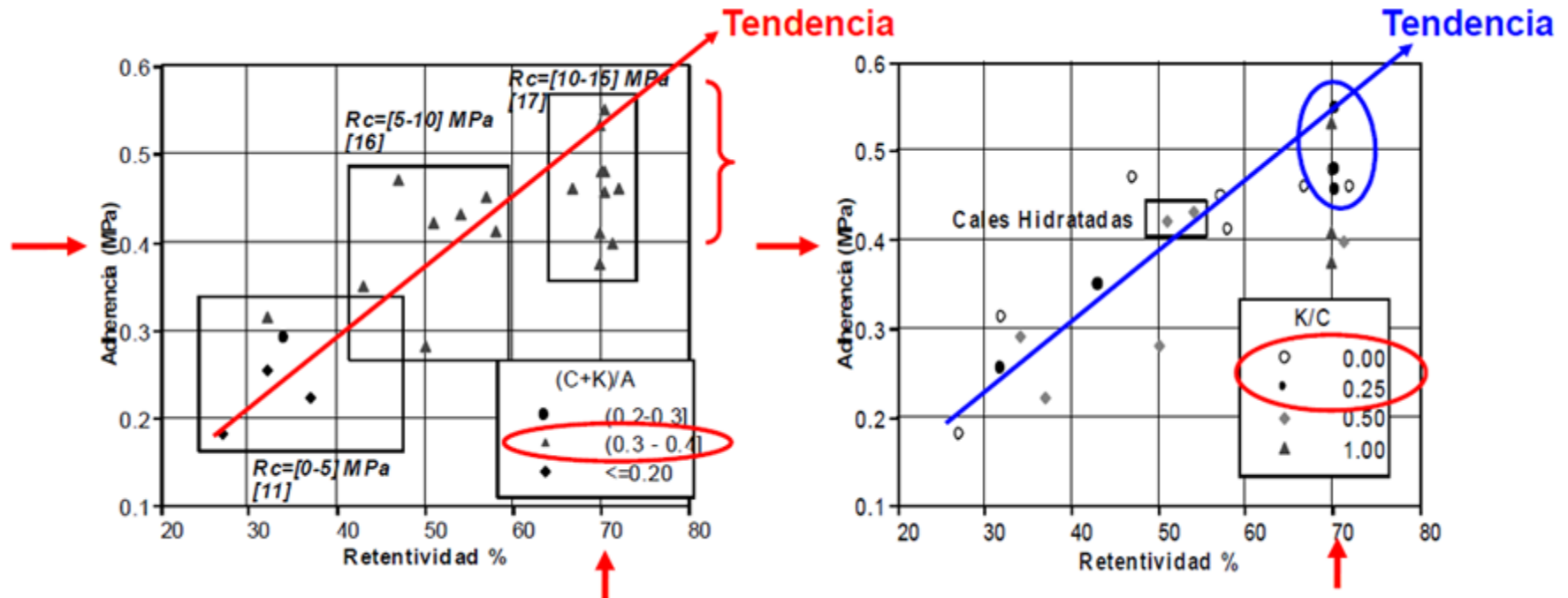
## Resultados de estudios nacionales sobre adherencia [2]

❑ Efecto conjunto de la retentividad del mortero y de la absorción de la unidad



## Resultados de estudios nacionales sobre adherencia [2]

- Efecto de la relación  $(Cemento + cal)/Arena = (C + K)/A$  y de la relación  $Cal/Cemento = K/C$  (ensayo de triplas)



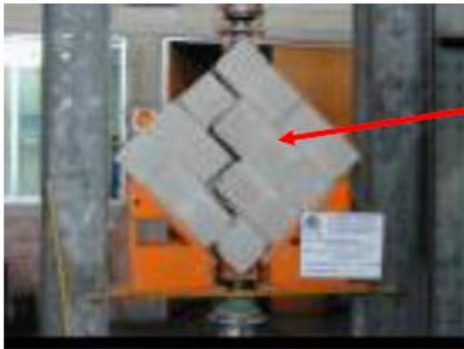
## Recomendaciones para lograr una buena adherencia [2]

- ❑ Para lograr una resistencia de adherencia alta ( $> 0.4 \text{ MPa}$ ) en una albañilería construida con unidades cerámicas hechas a máquina es conveniente **controlar la relación aglomerante/arena** (entre  $0.3-0.4$ ) y la **relación entre el volumen de cal y el volumen de cemento** ( $\leq 0.25$ ).
- ❑ Reconociendo que una recomendación como la anterior deja un margen amplio de dosificaciones posibles, para determinar la **dosificación más conveniente** de usar **con una unidad determinada**, se deben ensayar muretes sometidos a compresión diagonal. La dosificación que se escoja debe ser aquella que produce una **falla de tracción diagonal con una grieta vertical en el murete**.



## Resultados de ensayos de muretes [3]

### ❑ Bloques huecos de hormigón



PIII

PIV



	PI	PII	PIII	PIV
	Mortero 1	Mortero 1	Mortero 2	Mortero 3
Dosificación	1 : ¼ : 3	1 : ¼ : 3	1 : 0 : 3 (Aditivo A)	1 : 0 : 3 (Aditivo B)
$f_{\text{mortero}}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	361	361	241	162
$f'_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) <sup>(*)</sup>	56,2	57,6	53,1	61,6
$\tau_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) <sup>(*)</sup>	6,14	5,59	2,88	8,85

(\*) medida sobre el área bruta

## Especificaciones para morteros de junta - ASTM C270

### ☐ Morteros Tipo O

- Resistencia **baja** ( $\geq 2.5$  MPa)
- **Económico**
- Fácil de trabajar
- Para aplicaciones con unidades de baja resistencia
- Para muros interiores o muros no portantes
- **Mortero de reparación para albañilería antigua**

### ☐ Morteros Tipo N

- Resistencia **mediana** ( $\geq 5.3$  MPa)
- **Para uso general**
- Muros resistentes interiores y exteriores
- Enchapados de albañilería
- *Repointing mortar*
- Tiene **más capacidad de flexión** que morteros de alta resistencia
- Exposición a clima severa

ASTM C270: "Standard Specification for Mortar for Unit Masonry."

## Especificaciones para morteros de junta - ASTM C270

### ☐ Morteros Tipo S

- Resistencia **alta** ( $\geq 12.7$  MPa)
- Buena resistencia a flexión
- Para albañilería reforzada
- En albañilería no reforzado con requisitos altos de resistencia
- Zonas con riesgo sísmico alto
- Buena **durabilidad** ante exposición a clima






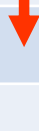



### ☐ Morteros Tipo M

- Resistencia **muy alta** ( $\geq 17.6$  MPa)
- Buena durabilidad
- Solo deberían usarse cuando se requiera de una alta resistencia a compresión
- Se usa generalmente en albañilería de piedra, ya que tienen una resistencia similar

ASTM C270: "Standard Specification for Mortar for Unit Masonry."

## Especificaciones para morteros de junta - ASTM C270

- ❑ Es necesario escoger el mortero adecuado  $\Rightarrow$  la **resistencia** agrega un **mayor costo**
- No hay un mortero que sea el **más apropiado en todos los casos**, “*one fits all*”.
  - Nunca usar **morteros más resistentes que la unidad**

Tipo	Resistencia	Retentatividad	Adherencia	Durabilidad de adherencia	Permeabilidad
M	Muy alta 	Baja 	Alta	Baja 	Alta 
S	Alta	Media	Alta 	Media	Media
N	Media	Alta	Media	Alta	Baja 
O	Baja	Muy alta 	Baja 	Muy alta 	Baja

## Especificaciones para morteros de junta - ASTM C270

### ❑ Guia para seleccionar morteros\*

Ubicación	Tipo de elemento	Mortero recomendado	Mortero alternativo
Exterior sobre terreno	Muro resistente Muro no portante Parapetos	N O N	S o M N o S S
Exterior bajo terreno	Muro de fundación Muros de contención	S S	M o N M o N
Interior	Muros resistentes Muros no portantes	N O	S o M N

\*Esta tabla no aplica para morteros usados en chimeneas, para relleno de albañilerías armadas (*grout*) y para morteros que deban resistir la presencia de ácidos

## Especificaciones para morteros de junta - ASTM C270

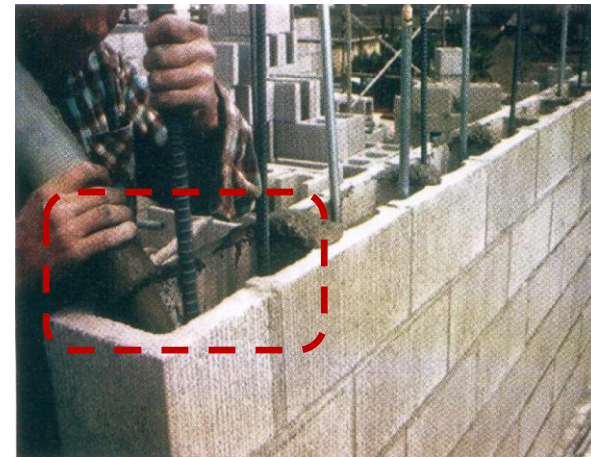
- ☐ Mortero cemento-cal.
- ☐ Retención mínima de agua es de 75%.
- ☐ Cuando se coloca acero de refuerzo en el mortero, el contenido máximo de aire debe ser 12%.
- ☐ La relación de agregados aglomerante no menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes de cementantes

Tipo	Resistencia a la compresión, 28 días [MPa]	Contenido máximo de aire [%]
M	17.6	12
S	12.7	12
N	5.3	14
O	2.5	14

## Hormigon de relleno (*grout*)

### ❑ Función

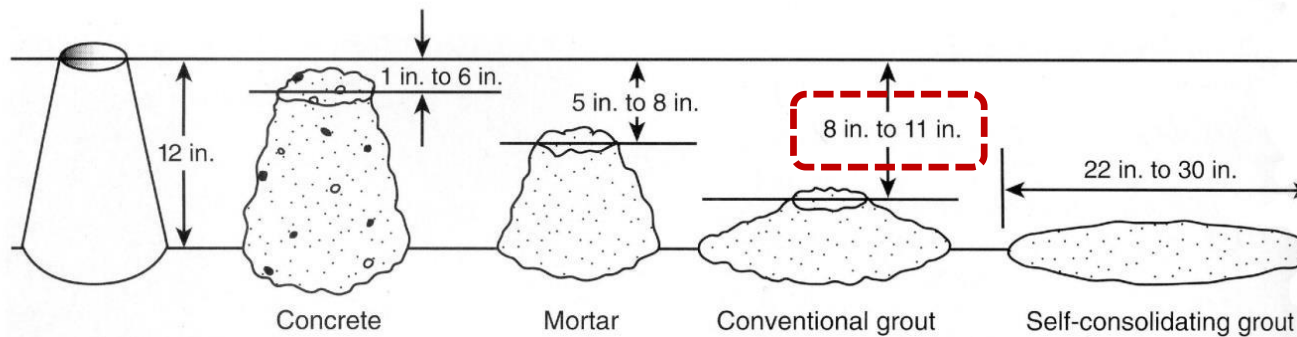
- Llenar los huecos donde se ubican las barras de refuerzo de modo de lograr un **trabajo conjunto** entre la albañilería y las barras (es decir: adherir las barras con el hormigón de relleno y éste con la albañilería).
- Llenar los huecos de las unidades para **aumentar la resistencia** del conjunto. Esto ocurrirá mientras **el porcentaje de huecos de las unidades es alto y el relleno se efectuó en forma completa.**



## Hormigon de relleno (*grout*)

### ❑ Composición

➤ Cemento/Arena/Gravilla/Agua (/Aditivos)



### ❑ Clasificación

- El hormigón de relleno se clasifica especialmente dependiendo de la presencia de áridos gruesos, como:
1. Grout fino
  2. Grout grueso
  3. Morteros de juntas fluidificados



## Hormigon de relleno (*grout*)

### ❑ Cualidades

- Resistencia
- Fluidez

### ❑ Aspectos que deben cuidarse en su preparación

- Materiales componentes (cemento, arena, gravilla, cal, aditivos)
- Dosificación
  - Mezclas de prueba
  - Proporciones usadas previamente
- Medición de los materiales
- Preparación
- Colocación
- Curado y protección

En obra

## Hormigon de relleno (*grout*)

### ❑ Propiedades requeridas

- Alto descenso de cono:  $\geq 18 \text{ cm}$ . Su magnitud se ajusta de acuerdo con: el tamaño de los huecos a llenar, la absorción de la unidad, las condiciones ambientales de temperatura y humedad.

⇒ Relación agua/cemento      ⇒ Buen llenado de huecos

- Resistencia a la compresión:  $\geq 14 \text{ MPa}$ 
  - Esta propiedad es una medida de la calidad del hormigón de relleno, calidad que es determinante en la **longitud de empalme de anclaje de las armaduras**, y en la **resistencia de la albañilería**.
  - Dependiendo de la dosificación, la resistencia cilíndrica varía entre 7 y 17 MPa, valor determinado con uso de moldes no permeables.

Ejemplo:

- La norma norteamericana ACI 530 recomienda que esta resistencia sea por lo menos igual a la resistencia a la compresión especificada para la unidad pero **no menos de 13.8 MPa** (Determinada según ASTM C-1019).
- La norma NCh1928 establece una resistencia mínima de 17,5 MPa determinada en una probeta cúbica de 20 cm de arista (Determinada según NCh1037).

## Hormigon de relleno (grout)

- ❑ Usos de los distintos tipos de hormigón de relleno
  - Cuando los huecos que se deben llenar tienen una **dimensión mínima de 50 mm**, se debe usar un mortero con una relación  $A/C$  mayor que el mortero de junta y una **resistencia mínima a la compresión de 14 MPa**.
  - Cuando los huecos son de dimensiones similares a las de los bloques de hormigón se puede usar hormigón de relleno fino o grueso, dependiendo de los requerimientos que establece el hueco que se rellena.



## Usos de los distintos tipos de hormigón de relleno

- ❑ Según EuroCode-6: El tamaño máximo del árido grueso no debe ser **mayor que 10 mm** cuando la dimensión del hueco es por lo menos 50 mm y el recubrimiento de la armadura está entre 15 y 25 mm, y no deberá **exceder de 20 mm** cuando las dimensiones anteriores no son menores que 100 mm y 25mm, respectivamente.
- ❑ Según NCh1928 Mod. 2009:

b) Las alturas máximas de llenado deben cumplir con:

Menor dimensión del hueco de las unidades en cm	Altura máxima del muro a llenar en cm
5	30
8	120
mayor o igual que 12	240

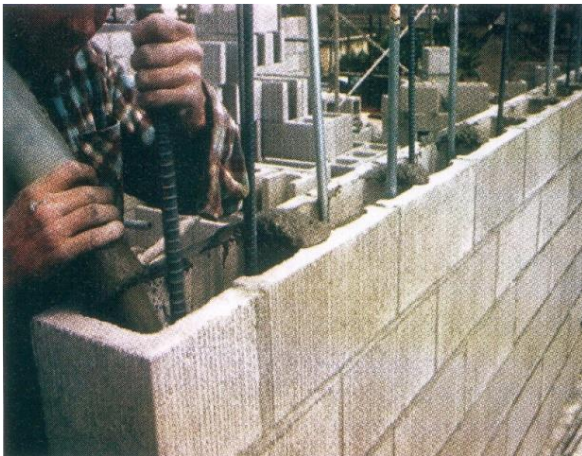
Interpolarse linealmente entre los valores indicados

Para alturas de llenado mayores que 120 cm, se deben usar ventanas de inspección y limpieza en la base de los huecos a llenar. Para unidades con dimensión mínima de hueco mayor que 12 cm, la altura de llenado se podrá incrementar hasta 480 cm bajo la supervisión de la Inspección Técnica de la Obra.

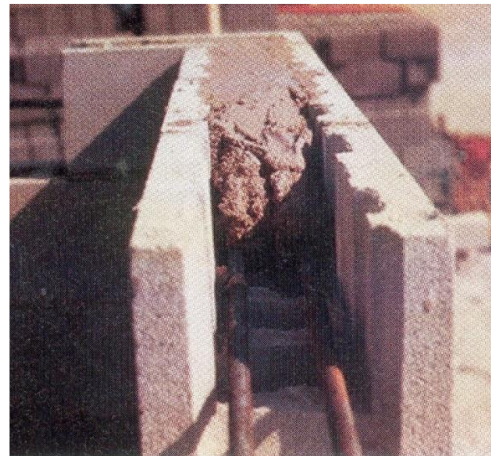
## Barras de refuerzo

### ❑ Función

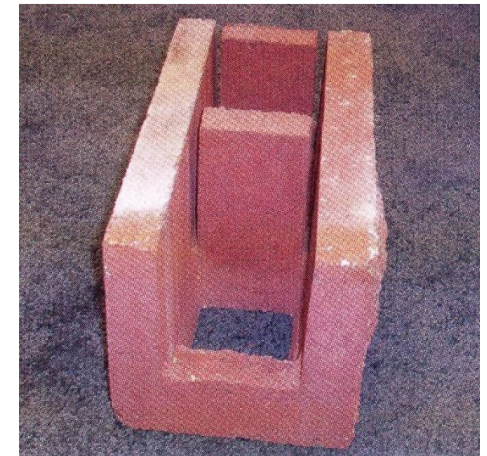
- Resistir las tensiones de tracción que se producen en los muros.
- Proporcionar capacidad de deformación inelástica a los muros.
- Controlar agrietamiento (Distribución y espesor)



Barras verticales



Barras horizontales





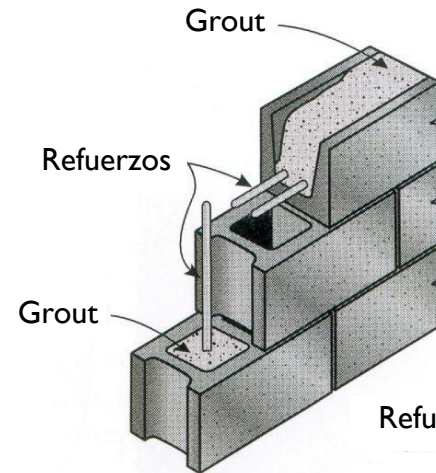
## Barras de refuerzo

### Barras verticales

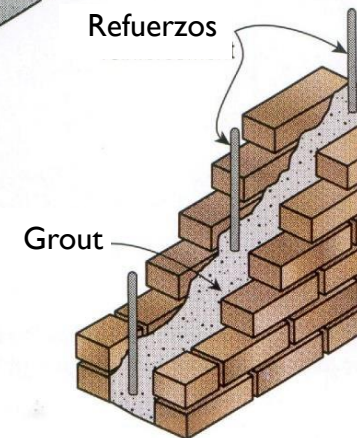


Barras horizontales

### Práctica EEUU



(a) Bloques



(b) Unidades sólidas

## Tipos de barras de refuerzo

### ❑ Barras con resalte

- Propiedades: **Idénticas** a las de las barras usadas en elementos de Hormigón Armado (NCh204: Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado)
- Tamaño: **El diámetro de las barras** está limitado por las **dimensiones del hueco** o espesor de junta donde se ubica y por la presencia de empalmes (ver norma NCh1928).

### ❑ Escalerillas y armaduras electrosoldadas (Pilares y cadenas)

- Propiedades: Según lo establecido en las normas NCh1173, NCh1174, NCh218 y NCh219.
- Tamaño: Diámetro máximo limitado por **espesor de la junta** (escalerilla).
- Restricciones: Su uso está limitado en función de la demanda sobre el elemento (ver NCh2123), reconociendo un comportamiento frágil de los elementos reforzados con este tipo de refuerzo.

NCh218: “Acero - Mallas de alta resistencia para hormigón armado - Especificaciones”.

NCh219: “Construcción - Mallas de acero de alta resistencia - Condiciones de uso en el hormigón armado”.

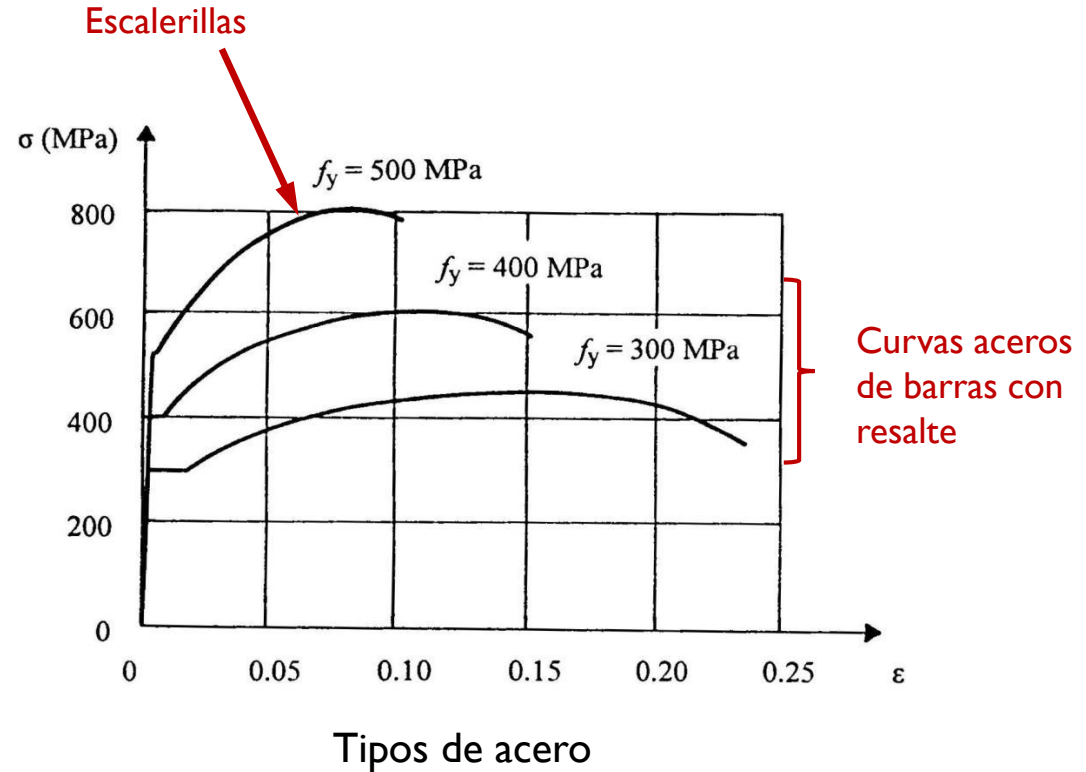
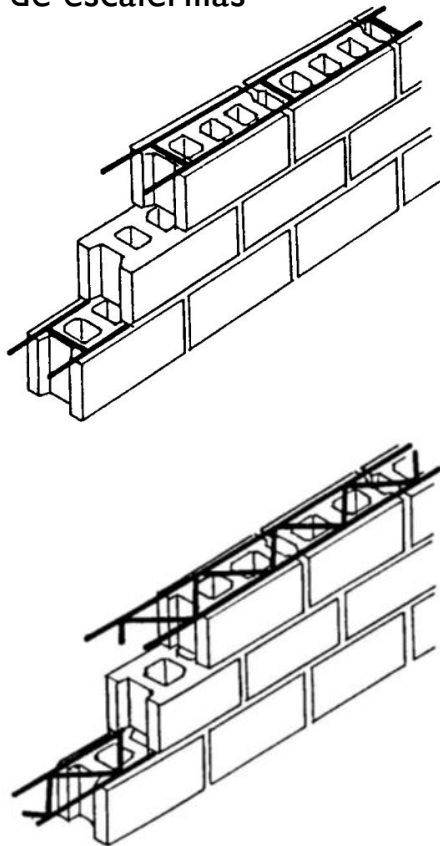
NCh1173: “Acero - Alambre liso o con entalladuras de grado AT-56-50H, para uso en hormigón armado - Especificaciones”.

NCh1174: “Construcción - Alambre de acero, liso o con entalladuras, de grado AT56-50H, en forma de barras rectas - Condiciones de uso en el hormigón armado”.



## Tipos de escalerillas

Tipos de escalerillas



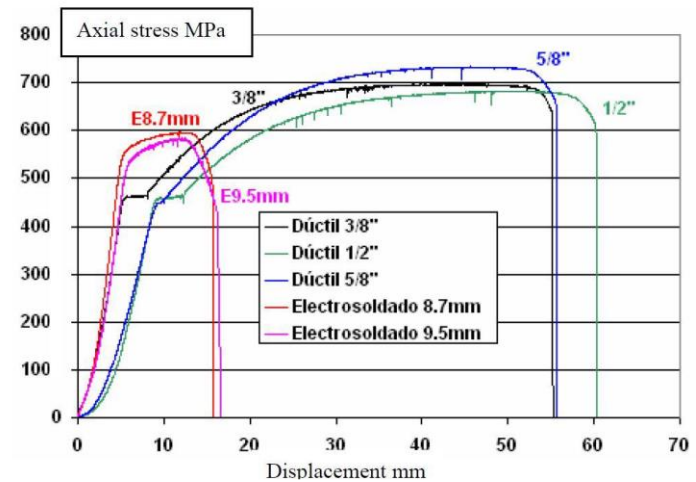
## Refuerzos - Efecto de soldar [4]


 $f_y = 500 \text{ MPa}$ 


Soldadas

 $f_y = 420 \text{ MPa}$ 


Dúctil



Barras ensayadas

## Barras de refuerzo

### ❑ Protección contra la corrosión

1. Hormigón de relleno **bien consolidado** (compactación)
2. Recubrimiento:
  - i. Armaduras verticales y armaduras horizontales ubicadas **en las juntas de mortero** en elementos de albañilería armada (ver NCh1928).
  - ii. Armaduras de pilares y cadenas de confinamiento según ACI 318.

### Barras mal colocadas



## Barras de refuerzo

- ❑ Resistencia de adherencia característica para barras de acero embebidas en mortero (EC-6)

	Grado de mortero			
Adherencia, $\tau_{ad}$ [MPa]	M5 - M9	M10 - M14	M15 - M19	M20
Barras lisas	0.7	1.2	1.4	1.5
Barras con resaltes	1.0	1.5	2.0	2.5
$\tau_{ad,resaltes} / \tau_{ad,lisas}$	1.43	1.25	1.43	1.67



## Anclaje de armaduras

### ☐ Punzonamiento



Tirantes de techo, Calle Manchester (¡?)



Anclaje de refuerzo

## Referencias

- [1] San Bartolomé A., Angles P. y Quiun D. (2012):“Seismic behavior comparison of confined masonry walls of clay and concrete bricks”. 15<sup>th</sup> International Brick and Block Masonry Conference, Florianópolis.
- [2] Muñoz, M. (2006):“Resistencia de adherencia de la albañilería. Situación en Chile”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago.
- [3] San Bartolomé A., C. Romero y J.C.Torres:“Mejora de la adherencia bloque-mortero”. Acceso en: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/04/Adherencia-bloque-mortero.pdf> (28/08/2016)
- [4] San Bartolomé A. y Quiun D. (2012):“Seismic behavior of confined masonry walls reinforced with welded steel and ductile steel”. 15<sup>th</sup> International Brick and Block Masonry Conference, Florianópolis.