

### **CAPÍTULO 3** **COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA**

#### **Artículo 5. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

##### **5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- b) Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

##### **Comentario**

Los bloques aparecen en la Fig.2.25, los ladrillos en la Fig.2.28 y las unidades tubulares en la Fig.2.29. Debe remarcarse que las unidades de concreto (ladrillos y bloques) se contraen al secarse luego de su fabricación, por tanto, para que no se originen fisuras en los muros, estas unidades deben estar secas al momento de asentarlas.

##### **5.2 CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES**

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1.

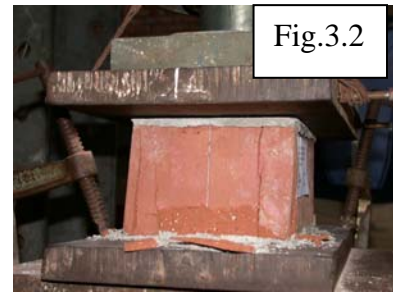
##### **Comentario**

La mayor variación de dimensiones y el mayor alabeo (Fig.3.1) de las unidades, conducen a un mayor grosor de las juntas de mortero (por encima del valor nominal de 10 mm), lo que trae por consecuencia, una reducción significativa de la resistencia a compresión y a fuerza cortante en la albañilería. Por ello, para clasificar a la unidad con fines estructurales, debe emplearse los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en la Tabla 1. Por ejemplo, si mediante los ensayos de variación dimensional y alabeo un ladrillo clasificó como clase IV, mientras que por el ensayo de compresión clasificó como clase V, entonces ese ladrillo será clase IV.



Fig.3.1

La prueba de compresión (Fig.3.2) proporciona una medida cualitativa de las unidades. Una unidad de poca altura tendrá más resistencia que otra de mayor altura, pese a que ambas hayan sido fabricadas en simultáneo. Por ello, INDECOPI (Norma NTP), entidad encargada de velar por la calidad de los productos, clasifica a las unidades desde el punto de vista cualitativo (en base a la resistencia a compresión), sin contemplar el producto final que es la albañilería.



En el cálculo de la resistencia a compresión antiguamente (Norma E.070 de 1982) se trabajaba con el área neta de la unidad, ello daba cabida a que las fábricas produzcan ladrillos con grandes perforaciones (Fig.2.27), lo cual elevaba la resistencia a compresión. Actualmente, la resistencia se calcula con el área bruta, con lo cual esas unidades clasifican en un rango inferior. Cabe remarcar que las unidades huecas son muy frágiles (Fig.1.12).

<b>TABLA 1</b>					
<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACIÓN DE LA DIMENSION</b> (máxima en porcentaje)			<b>ALABEO</b> (máximo en mm)	<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN</b> $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	<b>Hasta 100 mm</b>	<b>Hasta 150 mm</b>	<b>Más de 150 mm</b>		
<b>Ladrillo I</b>	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
<b>Bloque P <sup>(1)</sup></b>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP <sup>(2)</sup></b>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

### 5.3 LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

### Comentario

Dependiendo de la densidad de muros que presente la edificación, es posible que su comportamiento ante sismos severos sea en el rango elástico, con lo cual, se puede utilizar unidades huecas en los muros confinados o muros de albañilería parcialmente rellena, incluso en la zona sísmica 3, ya que las unidades huecas se trituran después de la fractura diagonal, o por flexo-compresión, pero ello deberá ser respaldado por una memoria de cálculo estructural.

En la Fig.3.3 puede apreciarse la trituración de ladrillos artesanales de arcilla, mientras que en la Fig.1.12 aparece la trituración de ladrillos tubulares (pandereta) ante el sismo de Pisco del 2007; en ambos casos los edificios fueron de 3 pisos incumplándose la Tabla 2.

Fig.3.3  
Trituración de ladrillos artesanales de arcilla en edificios de 3 pisos. Pisco, 2007.



## 5.4 PRUEBAS

- a) **Muestreo.**- El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

- b) **Resistencia a la Compresión.**- Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f_b'$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

### Comentario

El restar una desviación estándar al valor promedio, estadísticamente significa que el 84% de los especímenes ensayados tendrán una resistencia superior al valor característico, o que se puede utilizar hasta un 16% de unidades defectuosas, porcentaje que está previsto dentro de los márgenes de seguridad establecidos en esta Norma para el diseño estructural.

- c) **Variación Dimensional.**- Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- d) **Alabeo.**- Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.
- e) **Absorción.**- Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

## 5.5 ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

- a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase P, tendrá una absorción no mayor que 12%. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

### Comentario

Cuánto mas elevada sea la absorción de la unidad, ésta será más porosa y, por tanto, menos resistente a la acción de la intemperie. El límite máximo de absorción que se especifica para las unidades de concreto clase P (12%) es menor que el establecido para las unidades de arcilla o de sílice-cal (22%), debido a los mayores cambios volumétricos que presentan las unidades de concreto por acción de la humedad respecto a las de arcilla o sílice-cal.

- c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

- d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.

### Comentario

Los ladrillos artesanales de arcilla, generalmente son coccionados en hornos abiertos (Fig.3.4), esto da lugar a que los ladrillos ubicados en la parte alta del horno salgan crudos, mientras que aquellos ubicados en la parte baja salgan vitrificados. En el primer caso, es necesario proteger a los muros de la acción de la intemperie tarrajeándolos (Fig.3.5). En el segundo caso, es recomendable desechar esos ladrillo ya que la vitrificación impide la absorción del material cementante del mortero, lo que disminuyen considerablemente la adherencia ladrillo-mortero.



- f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.

### Comentario

Las fracturas de las unidades se deben en gran parte a la manera como se les transporta en nuestro medio (Fig.3.6). Cabe destacar que en países desarrollados, las unidades se expenden en paquetes (Fig.3.7) que se manejan con montacargas (Fig.3.8).

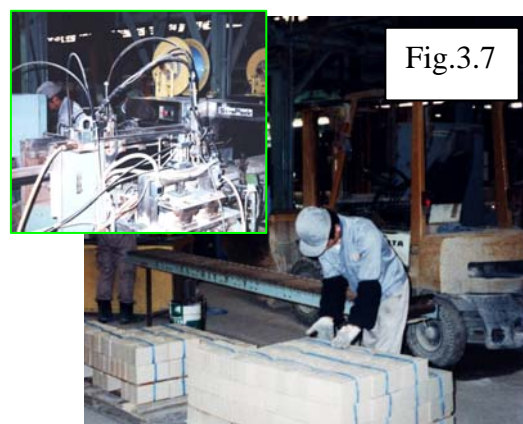






Fig.3.8

g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

**Comentario**

La eflorescencia se produce cuando las sales (básicamente sulfatos) que contiene la materia prima, se derriten al entrar en contacto con el agua y luego tratan de emerger a través de los poros de la unidad cristalizándose en sus superficies. Cuando la eflorescencia es moderada (Fig.3.9), es recomendable limpiar en seco a la pared con una escobilla para luego impermeabilizarla mediante aditivos en el mortero de tarrajeo. En cambio, cuando la eflorescencia es severa (Fig.3.10), se recomienda rechazar a la unidad, en vista que puede destruirse su adherencia con el mortero.

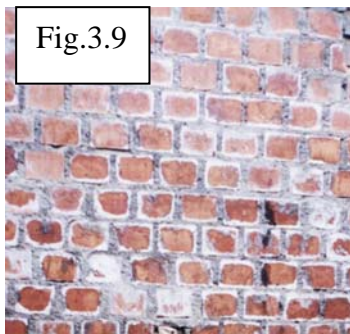


Fig.3.9

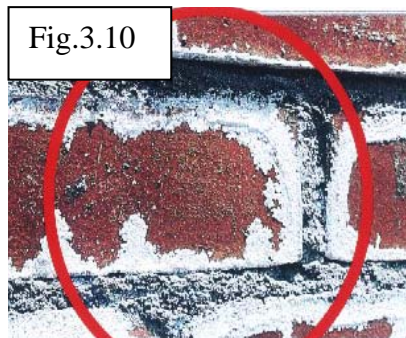


Fig.3.10

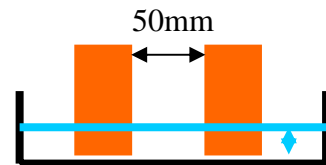


Fig.3.11

Un método de campo para determinar el grado de eflorescencia de las unidades consiste en colocarlas sobre una bandeja con 25 mm de agua, espaciándolas 50 mm (Fig.3.11), durante una semana, para luego retirarlas dejándolas secar. Dependiendo de la coloración y extensión que tengan las manchas, se podrá calificar el grado de eflorescencia que tiene la unidad.

En suelos húmedos o salitrosos, es conveniente impermeabilizar las superficies del suelo en contacto con la cimentación, antes de construir la cimentación, por ejemplo, con breña o plástico grueso (Fig.3.12), para que la humedad no penetre al muro.



Fig.3.12. Impermeabilización de la cimentación en suelo húmedo.

## Artículo 6. MORTERO

**6.1 DEFINICIÓN.** El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

### 6.2 COMPONENTES

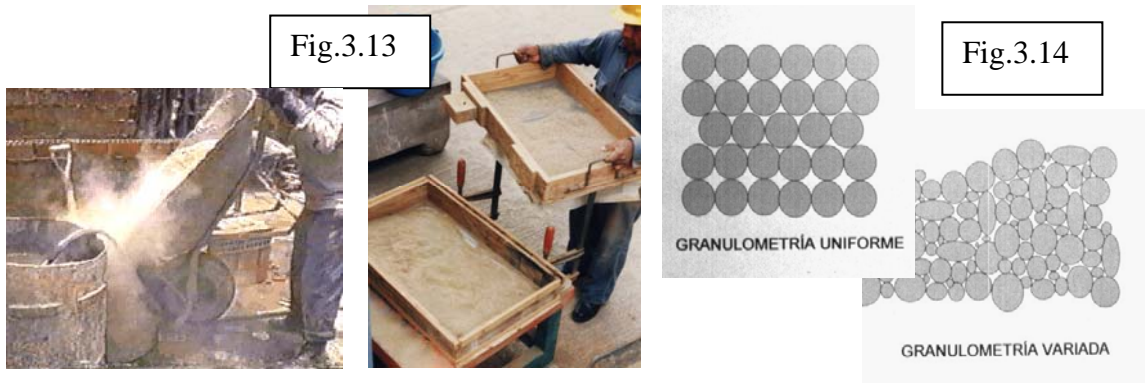
- a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser: Cemento Pórtland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.
- b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

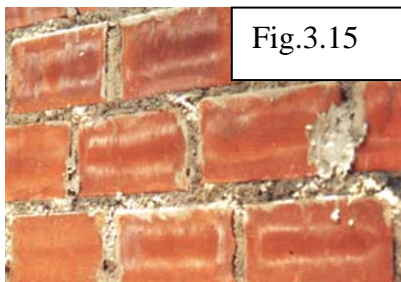
- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
  - El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
  - El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
  - No deberá emplearse arena de mar.
- c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

### Comentario

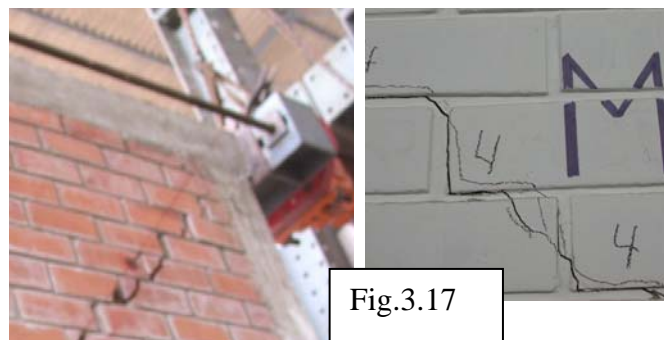
Es importante que la arena tenga poco polvo para evitar el fraguado rápido de la mezcla, ya que al endurecer el mortero disminuiría su adherencia con la unidad inmediata superior. En caso la arena tuviese mucho polvo (Fig.3.13), se sugiere tamizarla a través de la malla N° 200. También es importante que la arena presente una granulometría variada, ya que cuando esta es uniforme (Fig.3.14), difícilmente el material cementante podrá rellenar los espacios entre partículas, formándose un mortero poco resistente contra la intemperie.



Una manera práctica de reconocer si la arena presenta sales (Fig.3.15), consiste en agitar un puñado de arena en un recipiente con agua, de notarse mucha espuma, será conveniente lavar la arena a través de la malla N° 200 para luego secarla en un tendal. Por otro lado, a fin de no contaminar la arena con otros materiales (Fig.3.16), es recomendable almacenarlos en tolvas temporales independientes.



Debe destacarse que el uso de arena fina (con granulometría uniforme) en el mortero, disminuye significativamente la resistencia a compresión axial y a fuerza cortante de la albañilería (Fig.3.17). En caso se utilice arena fina en la construcción de muros portantes del tipo caravista, deberá efectuarse ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) para determinar la resistencia de la albañilería.



**6.3 CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES.** Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 4).

**6.4 PROPORCIONES.** Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4



TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

- a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.
- b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en 3.2.2.a, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

### Comentario

Ha podido notarse que el empleo de cal en el mortero plastifica la mezcla, volviéndola mas trabajable y retentiva de agua; sin embargo, no ha podido apreciarse incrementos de la resistencia a compresión o a fuerza cortante de la albañilería, por lo que el uso de la cal es opcional, salvo el caso que se asiente unidades secas (de sílice-cal o de concreto).

La cantidad de agua a colocar en la mezcla queda a criterio del albañil. Una manera práctica de reconocer la trabajabilidad de la mezcla (Fig.3.18) consiste en coger con el badilejo un poco de mezcla, sacudirlo verticalmente y girar el badilejo 180°, si la mezcla queda adherida al badilejo unos 15 segundos, la mezcla es trabajable. Otra técnica práctica de medir la trabajabilidad de la mezcla consiste en medir el revenimiento (slump) en el cono de Abrams, éste deberá ser del orden de 6 pulgadas.



## Artículo 7. CONCRETO LÍQUIDO O GROUT

- 7.1 DEFINICIÓN.** El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para

rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural.

Para la elaboración de concreto líquido o grout de albañilería, se tendrá en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.

### Comentario

Por la gran cantidad de agua y contenido de cemento que tiene el grout, éste tiende a contraerse al secarse separándose del bloque (Fig.3.19). Para atenuar este problema, puede emplearse aditivo expansivo, cemento puzolánico IP, cal, o simplemente, regar a las celdas antes del vaciado (ver 12.7) y curar a los muros durante 7 días, a razón de 1 vez al día, inmediatamente después de vaciar al grout (Fig. 3.20).



Fig.3.19



Fig.3.20

**7.2 CLASIFICACIÓN.** El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de albañilería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

### Comentario

Las celdas de los bloques de arcilla y de sílice-cal miden menos de 60 mm en su menor dimensión (Fig.3.21), mientras que las celdas de los bloques de concreto miden más de 60 mm en su menor dimensión (Fig.3.22).

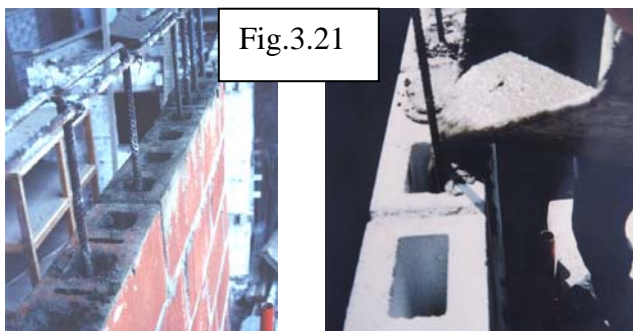


Fig.3.21

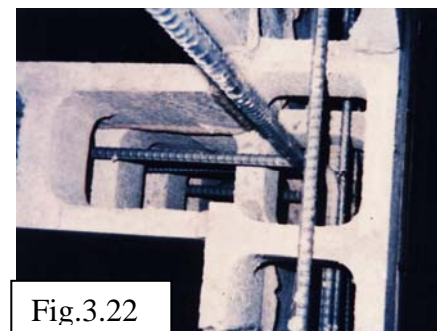


Fig.3.22

### 7.3 COMPONENTES

- a) Los materiales aglomerantes serán: cemento Pórtland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.
- b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 5. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

TABLA 5 GRANULOMETRÍA DEL CONFITILLO	
MALLA ASTM	% QUE PASA
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,36 mm)	0 a 10
N° 16 (1,18 mm)	0 a 5

- El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 3.
- El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

#### Comentario

El confitillo es la piedra chancada de ¼". Cabe remarcar que a mayor cantidad de polvo (partículas que pasan por la malla #200), existente ya sea en el confitillo o en la arena gruesa, mayor será el problema de contracción de secado del grout (Fig.3.19).

- 7.4 PREPARACIÓN Y FLUIDEZ.** Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 6) serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm.

TABLA 6 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DEL CONCRETO LIQUIDO o GROUT				
CONCRETO LÍQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO
FINO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes	-----
GRUESO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los aglomerantes	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

**Comentario**

Generalmente, en la preparación del grout grueso se utiliza una mezcla cemento-arena-confitillo 1: 2 ½: 1 ½, puesto que el grout se vacía desde una gran altura, puede segregarse en la base (Fig.3.23). Una manera de atenuar este problema (Fig.3.24) es empleando un grout con menor cantidad de confitillo, en proporción volumétrica: 1: 3: 1, aunque la resistencia a compresión disminuirá, pero será mayor que el valor mínimo especificado en 7.5.



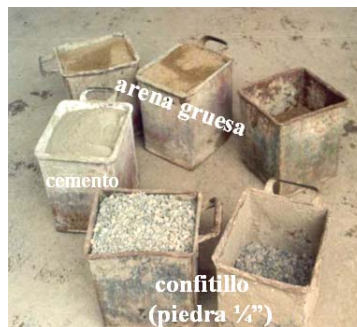
Fig.3.23



Fig.3.24. Segregación en la base.

La consistencia que debe tener el grout debe ser similar a la de una sopa espesa de sémola, para que pueda fluir y rellenar todos los intersticios internos de la albañilería. Para ello se recomienda que el grout tenga un slump de 10 pulgadas (Fig.3.25).

Fig.3.25  
Dosificación tradicional del grout grueso (izquierda) y, medición del slump (derecha).



**7.5 RESISTENCIA.** El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión  $f'_c = 13,72\text{MPa}$  ( $140\text{kg/cm}^2$ ). La resistencia a compresión  $f'_c$  será obtenida de acuerdo a la NTP 399.623.

**Comentario**

Las probetas de grout se preparan utilizando como moldes a los bloques forrados internamente con papel filtro (Fig.3.26). El objetivo de utilizar a los bloques como moldes, es lograr una transferencia natural de agua desde el grout hacia los bloques, similar a la que ocurre en los muros, y el objetivo del papel filtro (o papel toalla) es evitar que el grout se adhiera al bloque. Estas probetas no se curan, sino que permanecen en los moldes hasta el día del ensayo.

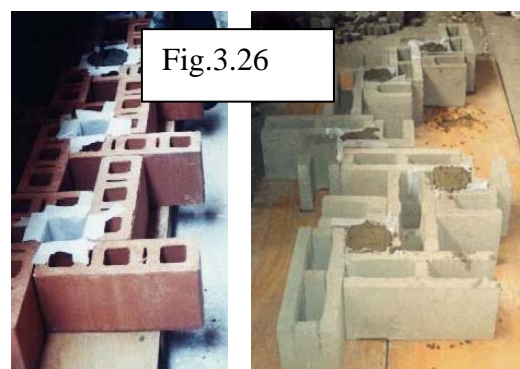


Fig.3.26

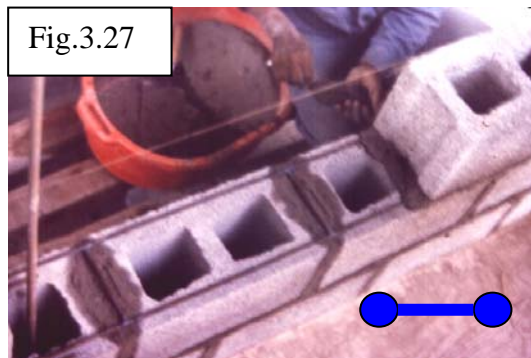


## Artículo 8. ACERO DE REFUERZO

- 8.1** La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).
- 8.2** Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electrosoldada debe cumplir con la norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

### Comentario

Las escalerillas electrosoldadas empleadas en las juntas horizontales, deberán tener sus escalones en el mismo plano que las barras longitudinales (Fig.3.27), a fin de evitar el engrosamiento de las juntas. Por otro lado, no debe permitirse el empleo de barras trefiladas (sin escalón de fluencia, Fig.1.25), ni el uso de barras longitudinales dobladas (Fig.3.28) ya que el refuerzo perderá eficiencia al trabajar después de enderezarse expulsando al mortero.



## Artículo 9. CONCRETO

- 9.1** El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a  $17,15\text{MPa}$  ( $175\text{kg/cm}^2$ ) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

### Comentario

Las columnas de los muros confinados se encuentran sujetas a compresión, tracción, corte y cizalle (Fig.3.29), por lo que debe emplearse como mínimo un concreto de calidad intermedia.

