

2

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

2.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CONSTRUCCION. RECOMENDACIONES y DETALLES DEL REFUERZO

Los procedimientos generales de construcción, así como las recomendaciones respectivas, se darán a conocer mediante una serie de figuras. Debe anotarse que varias de las recomendaciones podrán parecer utópicas; sin embargo, es conveniente que el lector sepa cuales son las condiciones ideales para lograr el mejor comportamiento estructural de la mampostería, esto a su vez permitirá, de no seguirse estrictamente las recomendaciones que se den, realizar en obra algo semejante a lo que se explica.

2.1.1. Muros Confinados

Materiales:

La diversidad de materiales (concreto, acero, ladrillo y mortero) que se emplean en la construcción de los muros confinados, hace que su comportamiento sea muy complejo de analizar y por lo tanto, el comportamiento ideal queda sujeto a observaciones experimentales. Tomando como base los experimentos realizados en la PUCP se puede decir:

CONCRETO. El estado de esfuerzos a que se ven sujetas las columnas de concreto (compresión, tracción y corte-fricción, Fig. 2.1) de un muro sometido a carga lateral y vertical, crean la necesidad de emplear un concreto cuya resistencia mínima (f_c) sea igual a 175 kg/cm^2 .

Fig. 2.1

Talón de un muro confinado sujeto a carga lateral y a una elevada carga vertical. Obsérvese que por más estribos que tenga la columna resulta imposible controlar el cizallamiento, por lo que en estos casos es necesario añadir refuerzo horizontal en el muro (Fig.1.16)

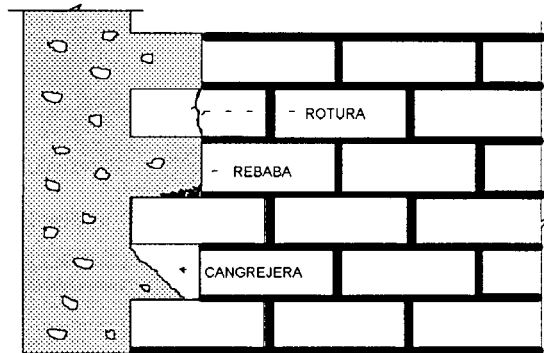


Por otro lado, las pequeñas dimensiones de las columnas, los ganchos de los estribos y su conexión dentada con la albañilería, hacen que el concreto deba tener un alto revenimiento (se recomienda un slump de 5") y que se use piedras con tamaños menores de 1/2", con una buena técnica de vibración o de chuceo. La finalidad de estas recomendaciones es que el concreto pueda discurrir llenando todos los intersticios, para así evitar la formación de cangrejas, las que pueden disminuir la resistencia al corte del muro hasta en 50%.

El problema de las cangrejas es importante cuando se producen en los extremos de las columnas (Fig. 2.2); de ocurrir esto, será necesario remover el concreto de esa zona y reemplazarlo por otro de mejor calidad, usando resina epóxica en la unión entre ambos concretos. En el caso que la cangrejera ocurriese en la región central de las columnas, el problema resulta menos crítico; en tal situación, podrá picarse esa zona, limpiarla de gránulos sueltos, humedecerla y rellenarla con concreto o mortero 1:3, de acuerdo al tamaño de la cangrejera.

Fig. 2.2

Tres defectos en la conexión dentada columna-albañilería: Rotura de la unidad por el vibrado; Rebabas del mortero que debieron limpiarse antes de vaciar el concreto; y, Cangrejera bajo el diente.



Una de las causas por las cuales se forman cangrejas en las columnas, se debe a que el concreto no penetra adecuadamente bajo los dientes de la albañilería, los que incluso pueden fracturarse al chucear o vibrar el concreto. Para estudiar este problema, Italo González realizó un trabajo experimental en la PUCP (Proyecto C4 del Capítulo 7), y demostró que con el uso de una conexión a ras y la adición de "chicotes" (o "mechas", Fig 7.41) de anclaje, puede lograrse una adherencia en la zona de contacto columna-albañilería similar a la que proporciona la conexión dentada. Por otro lado, existen evidencias (terremoto de Chile de 1985) en las que vaciando el concreto directamente contra la albañilería (con dientes pequeños), también se ha desarrollado una adherencia adecuada entre ambos materiales.

En conclusión, de emplearse una conexión dentada, los dientes deben tener una longitud máxima de 5 cm (Fig. 1.15); y si se utiliza una conexión a ras, debe colocarse "mechas" con una cuantía mínima de 0.1%, embutidas 40 cm en la albañilería y 15 cm en la columna más un gancho vertical a 90° de 10 cm (Fig. 2.3). El gancho debe ser vertical en previsión de fallas por anclaje que podrían generarse cuando se formen fisuras horizontales en las columnas.

Fig. 2.3
Conexión a ras en
un muro de soga

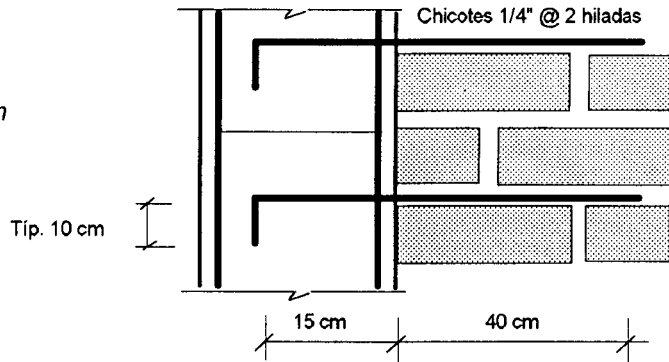
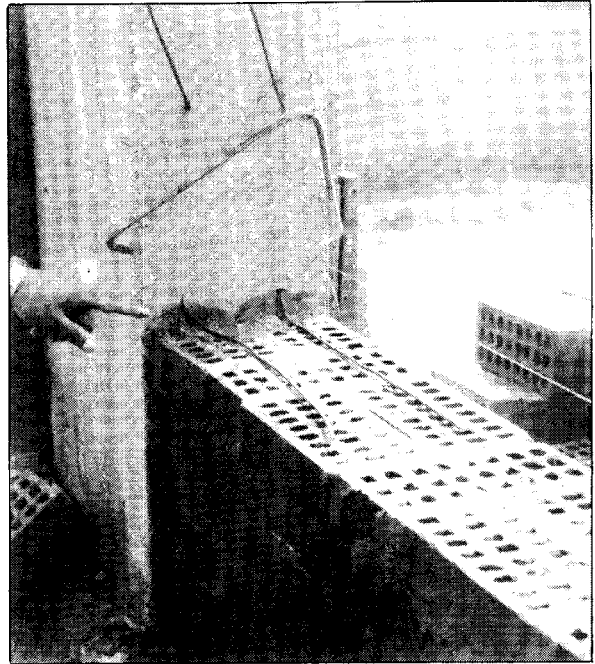


Fig. 2.4

Defecto en el doblar del chicote en un muro confinado, donde primero se han construido las columnas. Obsérvese además el amarre americano en la albañilería.



ACERO DE REFUERZO. El acero a utilizar debe ser corrugado y con un escalón de fluencia definido, permitiéndose el uso de acero liso (pero no trefilado) para los estribos.

En los extremos de las columnas del primer entpiso se recomienda usar zunchos (con paso máximo de 5 cm) que confinen el concreto; y con ello, eviten el pandeo del refuerzo vertical. Estos extremos se encuentran sujetos a fuertes compresiones luego de producirse la falla por corte del muro, ya que éste trata de volcar y de deslizarse en torno a la base de la columna (Fig. 2.1). Cabe señalar que el refuerzo vertical entra a trabajar luego de producirse las fisuras de tracción por flexión en las columnas, y su trabajo es pleno después de generarse la falla por corte en la albañilería.

Por otro lado, para edificaciones de más de 3 pisos, o cuando el esfuerzo axial en el muro exceda el 5% de f_m , se recomienda usar en los primeros entrepisos una cuantía mínima de refuerzo horizontal equivalente a 0.1%, colocado en las juntas de mortero y convenientemente anclado mediante ganchos verticales en las columnas de confinamiento (Figs. 1.15 y 1.16).

A fin de evitar que los ganchos de los estribos (que tienen una longitud mínima de 7.5 cm) estorben el paso del concreto formando cangrejas en las columnas, se recomienda adoptar una de las dos configuraciones mostradas en la Fig. 2.5.

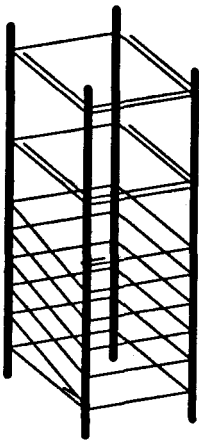
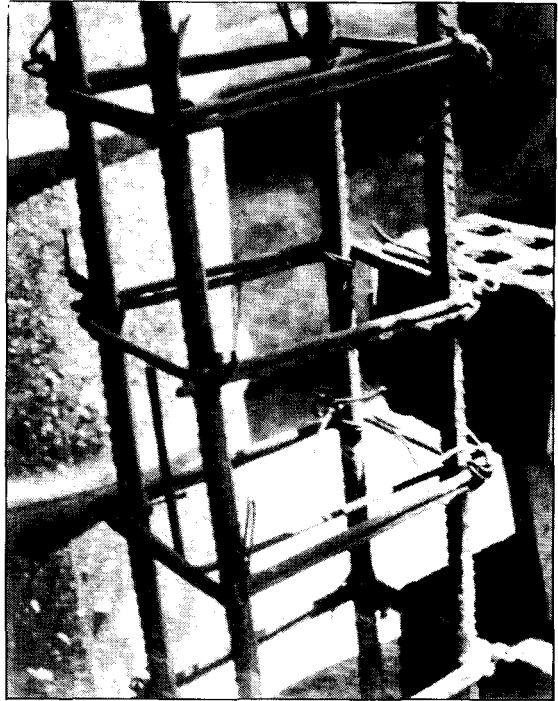


Fig. 2.5

*Estribos en espiral (zunchos)
y estribos con 1 3/4 de vuelta*



UNIDADES DE ALBAÑILERIA. La variedad de unidades que se emplea en los muros confinados es elevada; las principales son de arcilla (con moldeo artesanal o industrial), sílico-calcáreo (industrial) y bloques de concreto (artesanal o industrial).

Debe evitarse el uso de unidades fisuradas o mal cocidas, debido a que representan el punto de debilidad por donde se inicia la falla del muro. Al respecto, se debe tratar de cumplir con todas las especificaciones que aparecen en el acápite 3 de la Norma E-070, esto es:

- Al golpearse con un martillo deben tener un sonido metálico.
- No deben tener materias extrañas (guijarros, conchuelas, etc.)
- No deben tener manchas salitrosas ni blanquesinas (eflorescencia).
- Deben estar limpias de polvo y de gránulos sueltos.

La **efflorescencia** se produce cuando las sales (sulfatos) se derriten, ya sea por la saturación a que se someten las unidades antes de asentadas, como por la humedad del medio ambiente, o también porque el ladrillo absorbe el agua del mortero. Estas sales emergen a la superficie del ladrillo y se cristalizan destruyendo su superficie. De ocurrir este problema, se aconseja que después de un mes de construido el muro, se limpie en seco con una escobilla metálica.

Por la buena adherencia observada en múltiples ensayos, se recomienda emplear ladrillos de arcilla con un máximo de 33 % de perforaciones en su cara de asentado. Debe tenerse en cuenta que cuantas más perforaciones tengan las unidades, pueden fallar por concentración de esfuerzos de compresión con la tendencia a descascararse (desconcharse), lo cual es un tipo de falla muy frágil. Sin embargo, es conveniente que el ladrillo tenga perforaciones pequeñas en sus caras de asentado, con la finalidad de que el mortero penetre en ellas creando llaves de corte; asimismo, las perforaciones favorecen la cocción interna de la unidad.

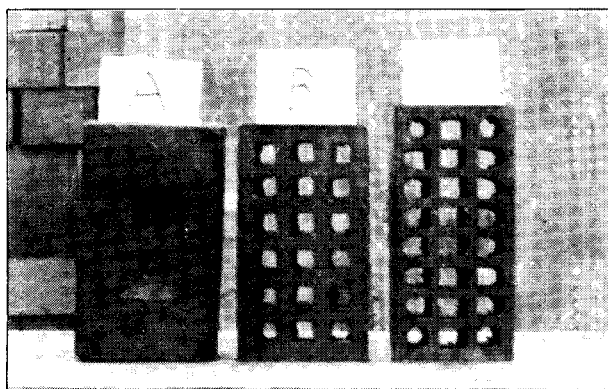


Fig. 2.6

Unidades de Arcilla: A (KK artesanal); B (KK Industrial) y C (Rejilla). Además se observa el desconchamiento de unidades con alto contenido de perforaciones en una pila ensayada a compresión



Respecto a la **succión**, debe destacarse que la mejor adherencia ladrillo-mortero se logra cuando el núcleo del ladrillo está saturado y su superficie se encuentra relativamente seca. Esto permite: 1) un curado natural del mortero evitando su agrietamiento al retardarse el fraguado (o endurecimiento) con el agua existente en el núcleo del ladrillo; y, 2) una adecuada succión del cementante del mortero.

Debe indicarse que todas las unidades de arcilla (artesanales o industriales) son ávidas de agua, por lo que se recomienda reducir la succión natural regándolas ("tratamiento de la unidad", Fig. 2.7) por lo menos durante 25 minutos un día antes de usarlas, de modo que la succión al asentadas esté comprendida entre 10 a 20 gr / 200cm²-min.

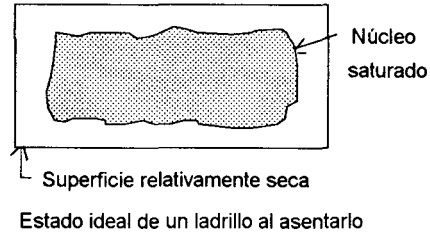
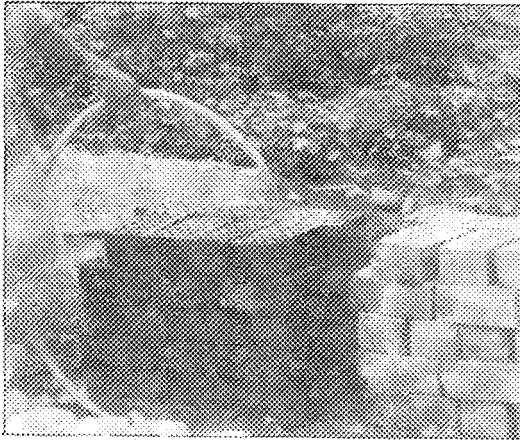


Fig. 2.7. Regado de las unidades un día antes de asentarlas.

Una manera práctica de evaluar la **succión** (método de campo) consiste en colocar un volumen definido de agua sobre un recipiente de sección conocida (midiendo la altura de agua con una wincha). Luego, vaciar una parte del agua a una bandeja; posteriormente, apoyar la unidad sobre 3 puntos, de modo que la superficie por asentar esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto. Después de retirar el ladrillo, vaciar el agua de la bandeja al recipiente y volver a medir el volumen de agua. La diferencia de volúmenes será el peso de agua succionado ($1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ gramo de agua}$) y este peso extrapolarlo a un área normalizada de 200 cm^2 .

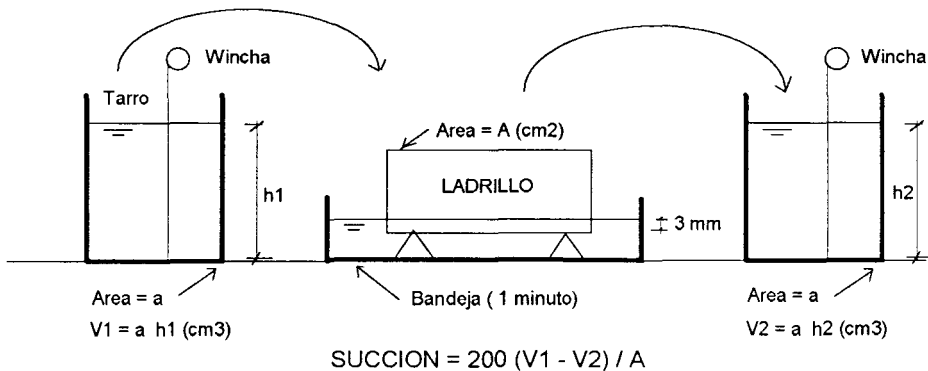


Fig. 2.8. Ensayo de campo para determinar la Succión

Conviene indicar que la Norma E-070 especifica que las unidades de arcilla industrial deben sumergirse un instante previo al asentado, y que las artesanales deben sumergirse durante una hora antes del asentado; de seguirse estas especificaciones se tendrá una unidad que continúa siendo ávida de agua, o una unidad a la cual se le ha sobresaturado ("emborrachado") y no podrá ser capaz de absorber el cementante del mortero.

Respecto al **amarre o aparejo** de las unidades, es necesario que entre hiladas éste sea traslapado (Fig. 2.9), pudiéndose utilizar muros en aparejo de sogá, de cabeza o el amarre americano; todo dependerá del espesor necesario que deba tener el muro para soportar las solicitaciones.

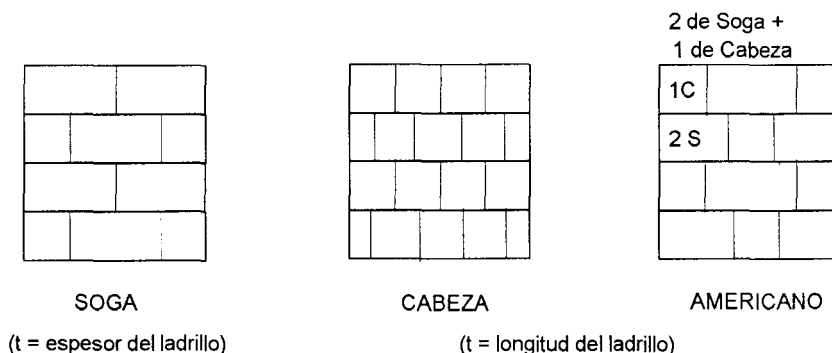


Fig. 2.9. Tipos usuales de amarre, ver Figs. 2.4 y 2.11

La cantidad de ladrillos por m² de pared (C), puede calcularse con la fórmula:

$C = 10000 / ((L+J) (H+J))$; donde:

L = longitud del ladrillo en la dirección del asentado (cm)

H = altura del ladrillo (cm)

J = espesor de la junta de mortero (cm)

Por ejemplo, en un muro de sogá con ladrillo King Kong (KK) Industrial de 9x13x24 cm, con juntas de 1 cm, se obtiene $C = 10000 / ((24+1) \times (9+1)) = 40$ unidades / m².

Más adelante, en el Capítulo 6, se detallará: la fabricación de las unidades, los ensayos necesarios para clasificarlas y sus propiedades mecánicas.

MORTERO. El mortero a emplear debe ser trabajable, para lo cual deberá usarse la máxima cantidad de agua posible (se recomienda un slump de 6 pulgadas medido en el cono de Abrams), evitando la segregación y de tal manera que no se aplaste con el peso de las hiladas superiores.

Se permite el "retemplado" (echar agua antes que se seque la mezcla); pero pasada la fragua inicial del cemento, el mortero debe desecharse. El endurecimiento del mortero se inicia en los climas fríos después de 2 horas de preparado; y en los cálidos, después de 1 hora. Esto nos indica que el lapso de tiempo que transcurra entre el asentado de 2 hiladas consecutivas debe ser lo más breve posible.

Por lo general, la cantidad de agua la decide el albañil, quién prepara la mezcla conforme la necesita en una tina de madera. Sin embargo, es recomendable que se emplee un depósito no absorbente (de plástico, por ejemplo) y que el mortero se prepare en una mezcladora especial (trompo de 1 pie cúbico de capacidad), batiéndolo por lo menos durante 5 minutos.

Para edificaciones de más de 3 pisos, se recomienda usar las siguientes proporciones volumétricas (cemento portland tipo I : arena gruesa) 1:3 o 1:4; mientras que para edificaciones de 1 a 2 pisos es suficiente con emplear la mezcla 1:5. El uso de arena fina en el mortero no es adecuado, por elevar la contracción de secado y porque debido al tamaño uniforme de sus granos, se forman espacios vacíos difíciles de llenar con el cementante. El volumen de mortero (M) en m^3 por m^2 de muro, puede calcularse como:

$$M = t - C \times \text{Volumen de un ladrillo ... (sin desperdicios)}$$

donde: t = espesor del muro (m)
 C = cantidad de ladrillos por m^2 de muro

Al resultado (M) se le agregará 20% por compactación de vacíos y 5% por desperdicios (total 25%); si la unidad es perforada, adicionar 50%. Luego, ese volumen se reparte en partes de cemento y arena, de acuerdo a las proporciones de la mezcla. De preferencia debe añadirse a la mezcla medio volumen de cal hidratada normalizada, ya que con el uso de la cal se logra un mortero de mayor plasticidad y retentividad (evita que el agua se seque rápidamente).

Todas las juntas deben quedar completamente llenas, recomendándose emplear un espesor máximo de 15 mm; al respecto, conviene indicar que cuanto mayor es el espesor de las juntas, decrece la resistencia a compresión y al corte en la albañilería. El espesor de las juntas horizontales (Fig. 2.10), es definido por la Norma E-070 como 4 mm más dos veces la desviación estándar (δ , en mm) correspondiente a la variación en la altura de las unidades, debiéndose emplear como mínimo un espesor (e) de 10 mm.

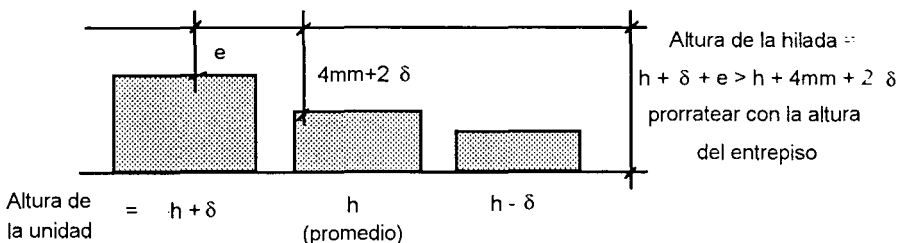


Fig. 2.10. Determinación de la altura de las hiladas

Una vez obtenida la altura de las hiladas, éstas se marcan sobre una regla denominada "escantillón", la que debe cubrir la altura del entrepiso. Los "ladrillos maestros" se asientan en los extremos del muro usando el escantillón y la plomada (para controlar la verticalidad); entre esos ladrillos se corre un cordel, que sirve para alinear horizontalmente el asentamiento del resto de unidades, así como para controlar la altura de la hilada (Fig. 2.11).

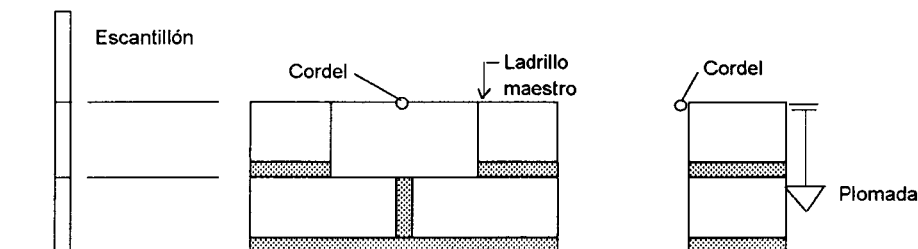
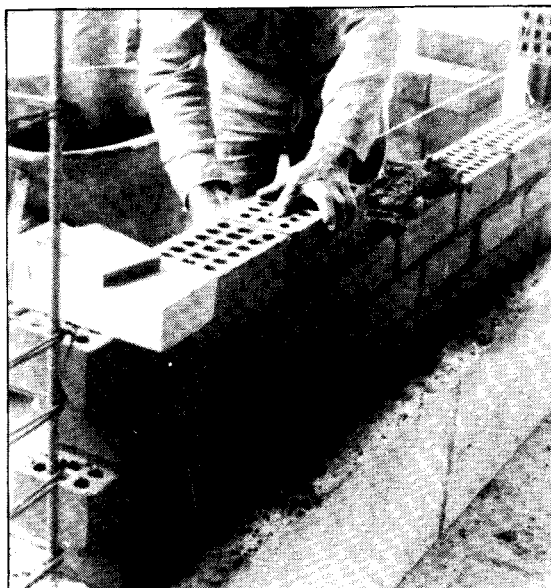


Fig. 2.11

Asentado de las unidades en aparejo de soga, presionándolas verticalmente sin bambolearlas.



Más adelante, en el Capítulo 6, se detallará: la tecnología del mortero, los ensayos necesarios para clasificarlos y las propiedades de sus ingredientes.

OTRAS RECOMENDACIONES EN LA CONSTRUCCION DE LOS MUROS CONFINADOS

- Con la finalidad de evitar excentricidades del tipo accidental y fallas prematuras por aplastamiento del mortero, se recomienda construir los muros a plomo y en línea, asentando como máximo hasta la mitad de la altura del entrepiso (o 1.3 m) en una jornada de trabajo.

- Con el fin de evitar fallas por cizallamiento en las juntas de construcción (Fig. 2.29), se recomienda (sólo para unidades totalmente macizas) que al término de la primera jornada de trabajo se dejen libres las juntas verticales correspondientes a la media hilada superior, llenándolas al inicio de la segunda jornada. Asimismo, que todas las juntas de construcción sean rugosas y que estén libres de gránulos sueltos (Fig. 2.12).

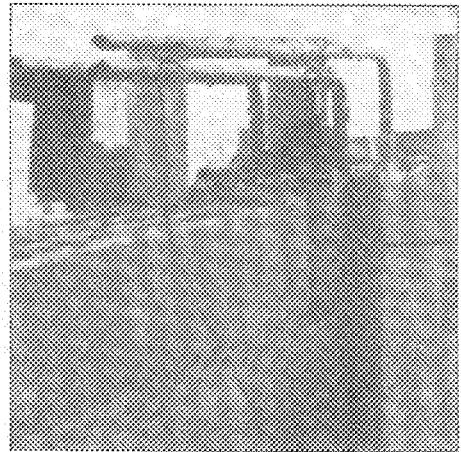
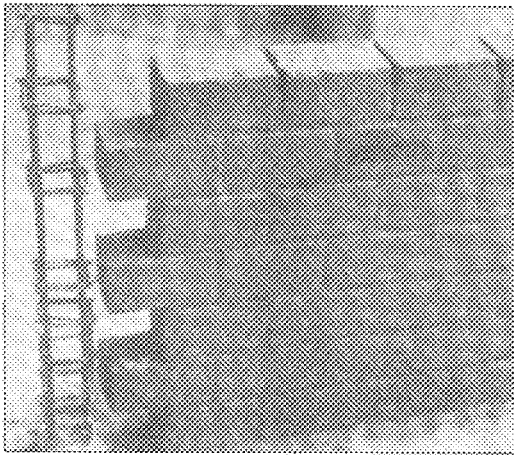
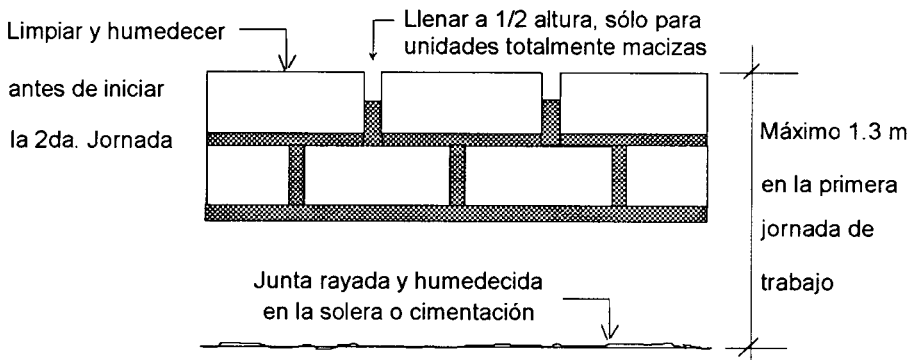


Fig. 2.12. Juntas de construcción.

- Para evitar problemas de concentración de esfuerzos y zonas de debilidad en la albañilería, se recomienda que los tubos para instalaciones tengan un recorrido vertical y que se alojen en los muros (sin picarlos, Fig. 2.13) sólo cuando tengan un diámetro menor a $1/5$ del espesor del muro. De preferencia, los conductos deben ir alojados en ductos especiales, falsas columnas o en tabiques. Ver algunos defectos en la Fig. 2.14.

Fig. 2.13
Ejemplo de un
tomacorriente

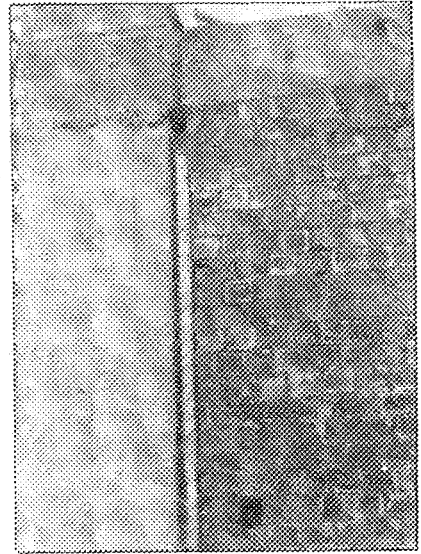
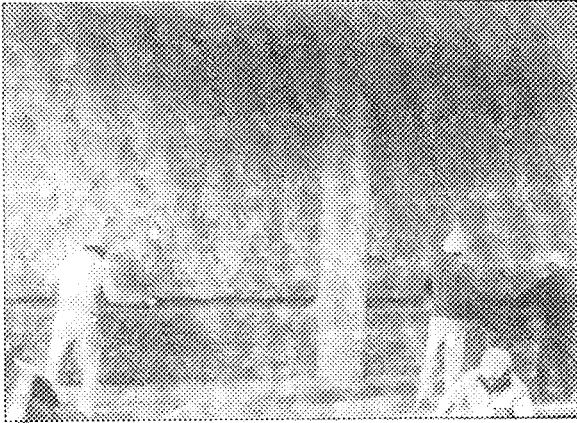
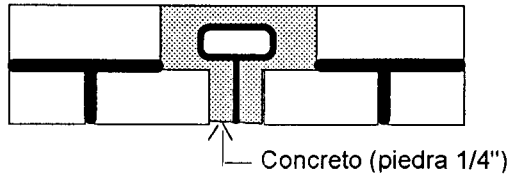


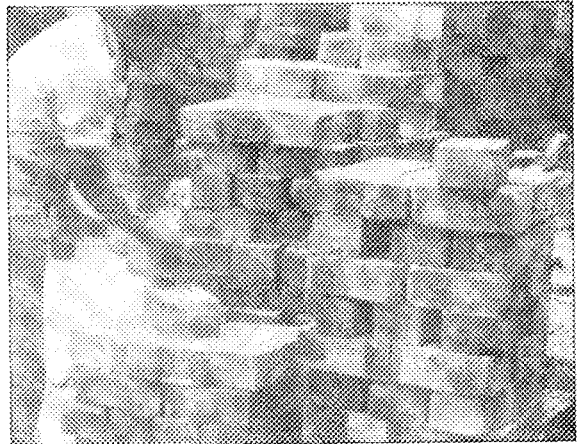
Fig. 2.14

*Debilitamiento de la albañilería
y de su conexión con la columna.*

- Adicionalmente, se recomienda limpiar las unidades antes de asentarlas, con una brocha (Fig. 2.15) o con aire comprimido.

Fig. 2.15

*Eliminación del polvo para
evitar problemas de adhe-
rencia en la interfase
ladrillo-mortero.*



2.1.2. Muros Armados

Prácticamente todo lo que se ha recomendado para la construcción de los muros confinados es aplicable a los muros armados, con las particularidades del caso.

UNIDADES. En nuestro medio se acostumbra utilizar para la construcción de los muros armados las unidades alveolares sílico-calcáreas (Figs. 2.18 y 6.18) y los bloques de concreto vibrado (Fig. 2.17), con una edad mínima de 28 días después de su fabricación. Hace algunos años se empleaba unidades de arcilla (bloques "PREVI"); sin embargo, éstas fueron discontinuadas, aunque es posible solicitar su preparación.

Tanto las unidades sílico-calcáreas como los bloques de concreto deben asentarse en seco, por lo que es necesario utilizar mortero con cal para proporcionar retentividad a la mezcla. Las razones por las cuales estas unidades se asientan en seco son:

- La unidad sílico-calcárea tiene baja succión natural (15 gr / 200 cm²-min).
- De saturarse el bloque de concreto, éste puede contraerse al secar, agrietándose el muro; sin embargo, es conveniente humedecer su cara de asentado con una brocha con agua para reducir su alta succión (40 gr / 200 cm²-min) y de paso, eliminar las partículas sueltas.
- La unidad debe absorber el aglomerante del grout, con el objeto de que ambos elementos se integren.

En algunos países se utilizan bloques de concreto en forma de H (Fig. 1.5), los que permiten instalar primeramente el refuerzo vertical, para luego insertar horizontalmente los bloques. Esta operación no es posible realizarla con las unidades que actualmente se producen en el Perú, por lo que es necesario asentar las unidades mediante uno de los dos procedimientos siguientes:

- a) Colocado el refuerzo vertical en su altura necesaria (incluyendo el traslape en el piso superior), se insertan verticalmente los bloques desde arriba, para finalmente rellenarlos con grout.
- b) Colocadas las espigas verticales ("dowel") en la cimentación, o los traslapes de los pisos superiores, se asientan las unidades del entepiso; posteriormente, se inserta el refuerzo vertical traslapándolo con la espiga y finalmente, se rellenan los alveolos con grout.

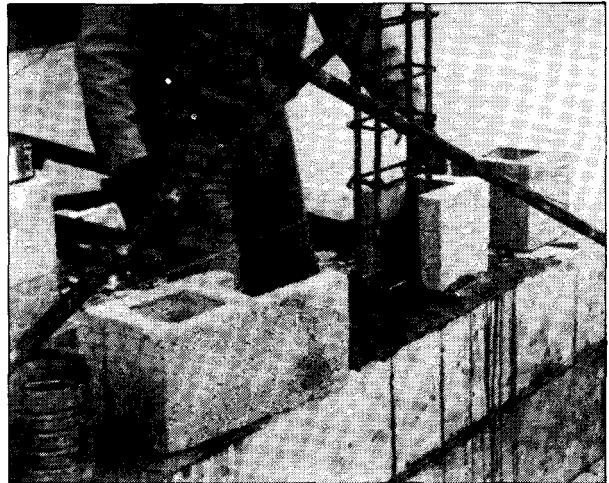
Al menos para el primer entepiso (el más solicitado por efectos sísmicos) se recomienda seguir el procedimiento "a", para de esta manera evitar problemas de traslapes entre las varillas verticales y procurar mantener la verticalidad de esas varillas. En el procedimiento "a" las varillas verticales quedan fijas al atortolarlas contra el acero horizontal, mientras que en el proceso "b" quedan sueltas.

Para ambos procedimientos, es necesario que el refuerzo vertical encaje en los alveolos de las unidades, por lo que se requiere emplantillar la cimentación y colocar con gran precisión dicho refuerzo. De esta manera, es necesario que la cimentación sea una losa de concreto (solado con un peralte que permita anclar el refuerzo vertical) o un cimiento corrido de concreto simple, ya que las grandes piedras que se emplean en los cimientos de concreto ciclópeo pueden golpear y desplazar al refuerzo vertical.

Uno de los grandes defectos que se ha observado en nuestro medio es que al no encajar las espigas con los alveolos de las unidades, estas varillas se doblan ("*grifan*") forzando la penetración, perdiéndose así la capacidad del refuerzo de transmitir tracciones o esfuerzos por corte-fricción (para que trabaje el refuerzo debe estar recto).

Fig. 2.16

Bloques de concreto recortados para alojar al refuerzo vertical continuo, con estribos a corto espaciamiento en el talón del muro. En este caso, los bloques se encajan horizontalmente (proceso "a")



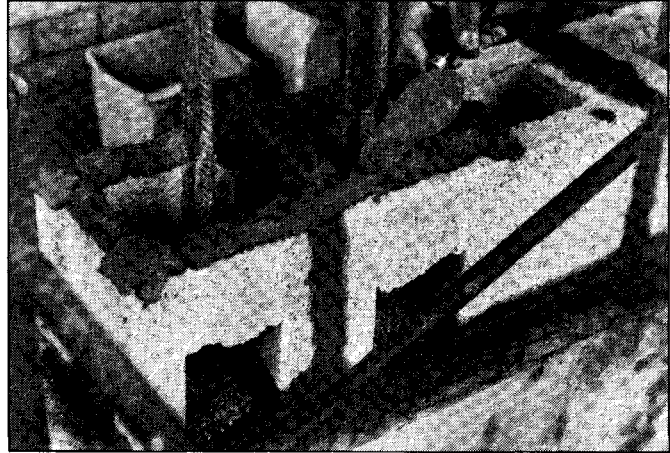
CONCRETO y MORTERO FLUIDO ("GROUT"). Como se ha indicado anteriormente, dependiendo del tamaño de los alveolos se utiliza mortero o concreto líquido, con la consistencia de una sopa espesa de sémola.

Con el objeto de eliminar las juntas frías, producto de las rebabas del mortero que caen de las juntas horizontales, se usan 2 procedimientos de construcción dependiendo del tipo de unidad:

- a) En los **bloques de concreto** a emplearse en la primera hilada (base del muro), correspondientes a la zona donde exista refuerzo vertical, se abren unas ventanas de limpieza de 3x4 pulgadas. Luego de asentar la primera hilada, se coloca arena seca en el interior de dichas ventanas (Fig. 2.17), esto permite extraer constantemente los desperdicios del mortero. Finalmente, se limpian y se sellan (encofran) las ventanas antes de vaciar el concreto fluido.

Fig. 2.17

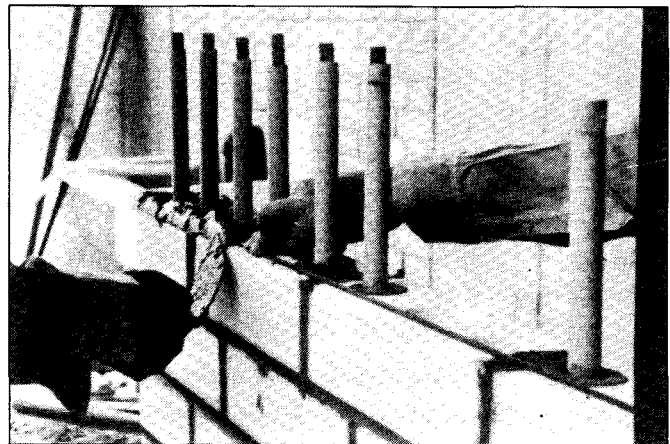
Ventanas de limpieza en bloques de concreto, obsérvese la arena seca para eliminar los desperdicios del mortero.



- b) Cuando se emplea unidades *silico-calcáreas*, se usan tubos de plástico (PVC) con una esponja en su extremo inferior, de manera que el tubo corra a través del refuerzo vertical y los desperdicios del mortero caigan sobre la esponja (Fig. 2.18).

Fig. 2.18

Unidades Sílico- Calcáreas, los tubos PVC tienen en su extremo inferior una esponja. Nótese además, las espigas verticales y el refuerzo horizontal.



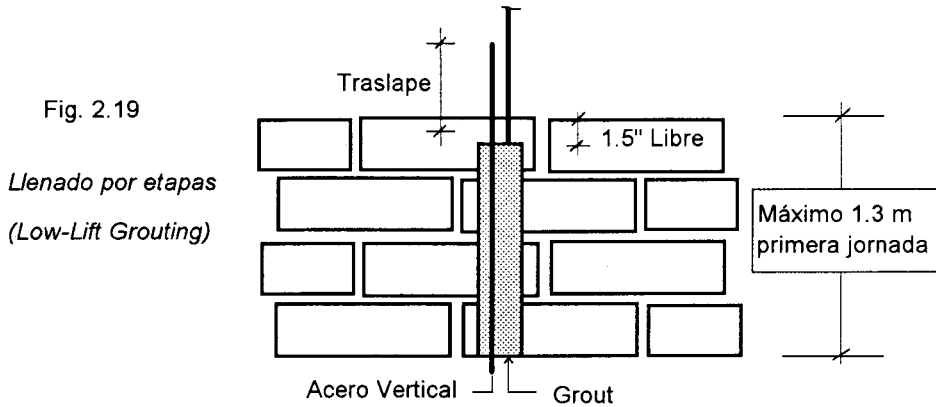
Es conveniente indicar que el vaciado del grout puede producir burbujas de aire creando cangrejas, especialmente cuando no se ha empleado ventanas de limpieza que permitan desfogar el aire entrampado en los alveolos, por lo que es recomendable crear pequeños agujeros en las unidades sílico-calcáreas.

En cuanto al proceso de *vaciado del grout*, antiguamente se rellenaban los alveolos conforme se levantaban las hiladas empleando el mortero de las juntas; sin embargo, se

creaban muchas juntas frías por el tiempo que transcurría entre la construcción de hiladas consecutivas y también porque las unidades son absorbentes. Actualmente se emplean 2 procesos de vaciado:

I.- Llenado por Etapas ("Low-Lift Grouting")

En este proceso se construye el muro hasta la mitad del entrepiso (1.3 m). Al día siguiente se vacia el grout hasta alcanzar una altura de 1.5 pulgadas por debajo del nivel superior del muro (para crear una llave de corte, Fig. 2.19), dejando que el refuerzo vertical se extienda una longitud igual a la de traslape; luego, se construye la mitad superior, repitiendo el proceso.



II.- Llenado Continuo ("High-Lift Grouting")

Este proceso se recomienda para un avance rápido de la obra y también porque así se elimina la posibilidad de formación de juntas frías en la mitad de la altura del entrepiso.

En este proceso se levanta la albañilería de todo el entrepiso; luego, estando colocado el refuerzo vertical, se vacia el grout hasta 1.3 m de profundidad, de manera que llegue hasta la mitad de la hilada central para crear una llave de corte. Posteriormente, se espera un tiempo prudencial, entre 15 a 60 minutos, de manera que el grout tenga tiempo para asentarse y también para evitar posibles roturas de las unidades por la presión hidrostática del grout. Finalmente, se procede con el vaciado de la mitad superior del muro (Fig. 2.20).

En el caso que la albañilería sea parcialmente rellena (con grout sólo en los alveolos que contengan refuerzo vertical), es conveniente rellenar previamente a media altura todos los bloques que no contengan refuerzo y que correspondan a la última hilada (Fig. 2.21); el objetivo de esta operación es crear llaves de corte entre el techo y la última hilada, así como evitar que el concreto del techo (o solera) se desperdicie en el interior del muro. Cabe recalcar que el empleo de muros portantes parcialmente rellenos no es recomendable en zonas sísmicas.

Fig. 2.20

Llenado continuo (High-Lift-Grouting).

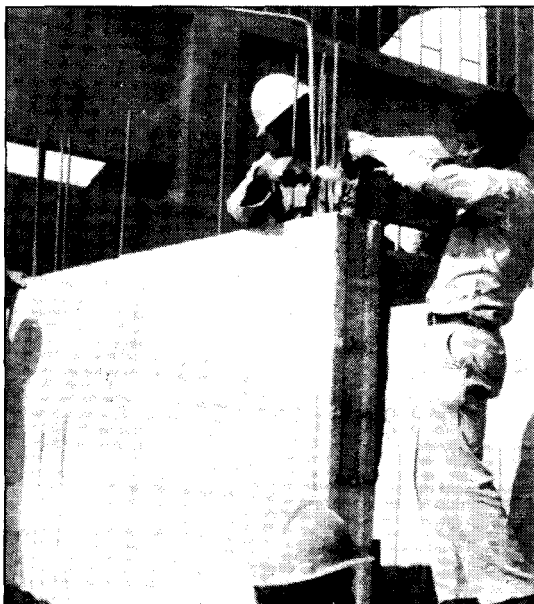


Fig. 2.21

Albañilería parcialmente rellena. Nótese el relleno a media altura de los bloques de la última hilada.



En los dos procesos, el vibrado o chuceo es esencial para eliminar los bolsones de aire y también para favorecer una mejor adherencia entre el grout y el acero vertical, ya que al secarse el grout, tiende a separarse tanto del refuerzo como de la unidad.

Para el caso en que se utilice bloques de concreto, es mejor el chuceo con una madera de sección 1x2 pulgadas que el uso de una varilla de acero, puesto que con la madera se logra compactar adecuadamente el grout. De usarse vibrador, debe tenerse el cuidado de no tocar el refuerzo vertical; de hacerlo, es posible que se pierda su adherencia con el grout.

Es también necesario indicar que los *muros largos* (más de 10 m) tienen la tendencia a fisurarse, ya sea por efectos de contracción de secado del grout, como por cambios de temperatura. Por lo tanto, es necesario la colocación de juntas verticales de debilidad, creadas a lo largo de la altura total del muro (sin atravesar la losa del techo), rellenas con algún material blando como "tecnopor" o un mortero de baja calidad.

DETALLES ADICIONALES DEL REFUERZO EN MUROS ARMADOS

Fig. 2.22

Escalerilla electro-soldada, con escalones @ 40 cm empleada en los muros con bloques de concreto.

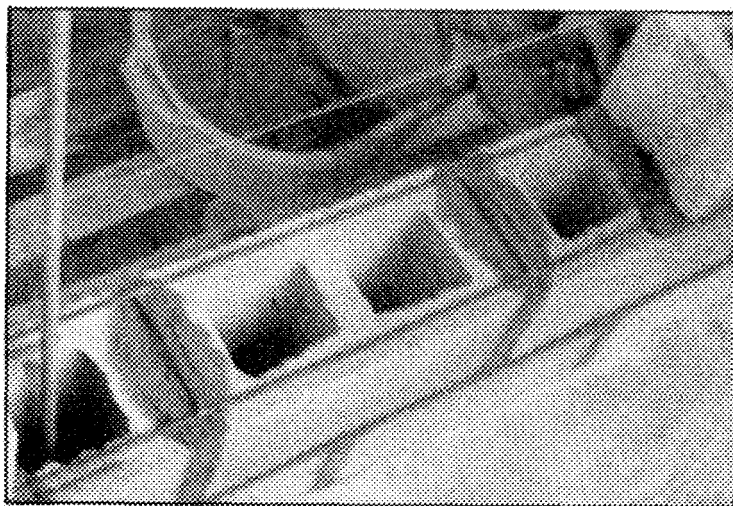
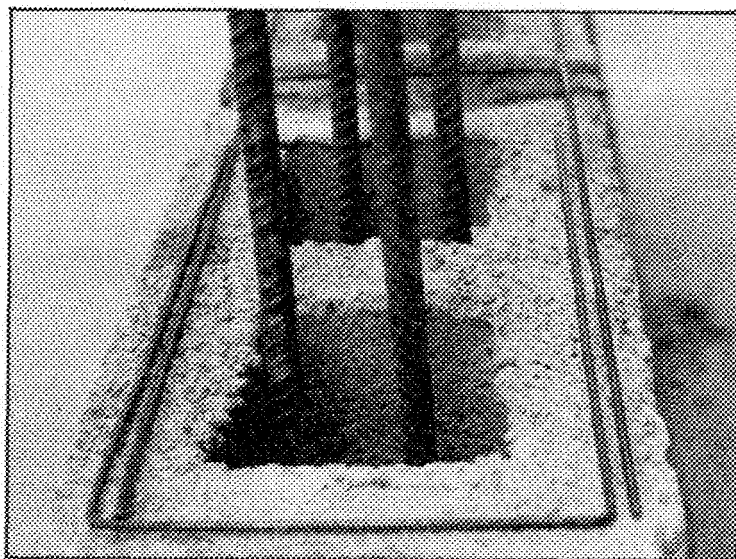


Fig. 2.23

Horquilla en el extremo de un muro con bloques de concreto.



2.1.3. Muros de Junta Seca

Las mismas recomendaciones dadas para los muros armados son aplicables en los muros de junta seca, con las particularidades del caso.

En el Perú se emplea el sistema **"Autoalineante o Apilable"**, con ladrillos alveolares sílico-calcáreos especiales, los que se apilan (sin mortero ni conectores) montándolos uno sobre otro en forma traslapada (Fig. 2.24). Estas unidades tienen un canal donde se aloja el refuerzo horizontal. Después de levantar el muro, el mortero fluido se vacía por los alveolos verticales, y éste discurre también por el canal horizontal.

Durante la etapa de apilamiento debe tenerse especial precaución para no apoyarse sobre el muro y desalinearlo, por lo que es recomendable apuntalarlo. Adicionalmente, el proceso de alineamiento durante el apilado debe ser constantemente verificado, ya que no existe perfección en las dimensiones de las unidades; para corregir el desalineamiento se insertan pequeñas cuñas de madera ("chiletas") entre las hiladas.

Fig. 2.24

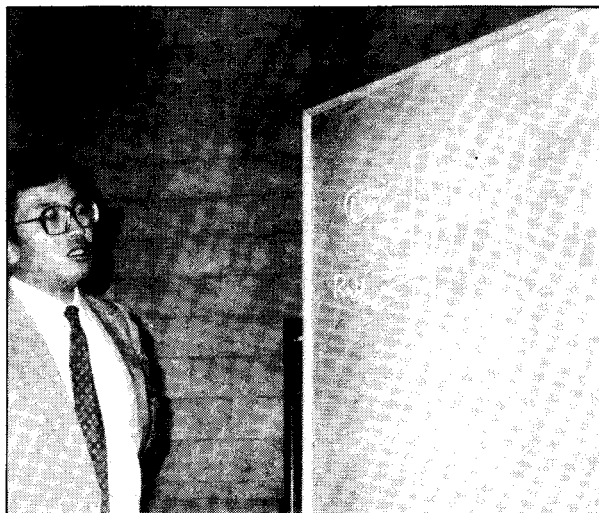
Sistema Autoalineante en proceso de apilamiento de las unidades sílico-calcáreas.



En el Japón se emplea bloques de concreto de formas especiales, que permiten que el grout penetre entre sus intersticios (uñas) como si fuese una junta horizontal (Fig. 2.25); en este caso, se levanta la albañilería pegando las unidades con resina epóxica, después se procede con la inserción del refuerzo vertical y finalmente, con el vaciado del grout. En Italia, Canadá y los Estados Unidos, se emplean bloques de formas especiales (*"grapas"*) que permiten el engrape entre ellos al apilarlos, para después vaciar el grout. A pesar de que en nuestro país también se producen bloques de concreto con *grapas*, la información sobre el comportamiento sísmico-experimental de los muros construidos con esos bloques es insuficiente.

Fig. 2.25

Sistema de junta seca empleado en el Japón. Obsérvese que la pared del fondo ha sido construida con ese sistema.



2.2 PUNTOS A FAVOR Y EN CONTRA DE LOS MUROS ARMADOS Y CONFINADOS

Efectuando una comparación entre los muros armados y confinados, la albañilería confinada presenta más ventajas que la armada, por varias razones (los puntos a favor de la armada se entiende que están en contra de la confinada).

A) Puntos a Favor de la Albañilería Armada

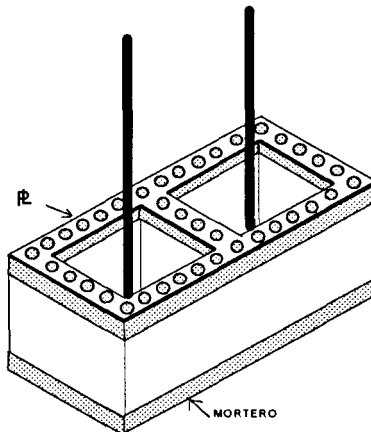
1. Al no existir columnas en los muros armados, no se requiere de encofrados para esos elementos. Sin embargo, el problema de cizallamiento (Fig. 2.29), que puede producirse por fuerza cortante a la altura de la junta de construcción entre jornadas de trabajo al levantar la albañilería, resulta menos crítico para los muros confinados, ya que el concreto de las columnas de confinamiento se vacía de una sóla vez en toda la altura del entrepiso.
2. Los conductos para las instalaciones eléctricas pueden colocarse en el interior de los alveolos de las unidades.
3. Presentan mejor acabado y, de emplearse unidades caravistas, no necesitan de tarrajeo ni de pinturas; algo que también podría lograrse en los muros confinados empleando unidades caravistas y enchapando (si se desea) las columnas.
4. Al emplearse refuerzo vertical uniformemente distribuido se mejora la transferencia de esfuerzos por corte-fricción entre el techo y el muro; y también, entre el muro y la cimentación.

B) Puntos en Contra de la Albañilería Armada

1. Las unidades que se emplean son más costosas que las tradicionales, ya que éstas son especiales. En la tesis (PUCP-1989) desarrollada por la Ing. Liliana Ugaz, se observó en un edificio de 4 pisos que la solución estructural con muros de Albañilería Armada y unidades silico-calcáreas era 25% más costosa que la Confinada con unidades de arcilla.
2. El concreto fluido requiere de un 50% más de cemento para lograr la misma resistencia que un concreto normal. Además, en las regiones sísmicas, es recomendable rellenar todos los alveolos de los muros portantes, a no ser que se usen unidades sólidas en las zonas del muro donde no exista refuerzo vertical, lo que evidentemente complica el proceso constructivo.
3. En todos los entrepisos se requiere utilizar refuerzo mínimo (horizontal y vertical), para evitar que los muros se fisuren por contracción de secado del grout.
4. Se requiere de una mano de obra especializada y de un trabajo de alta precisión, para no terminar grifando el refuerzo vertical al forzar su penetración en los alveolos de la unidad.
5. Se requiere que los ambientes tengan dimensiones modulares que encajen con las medidas de las unidades alveolares.
6. No es recomendable el uso de concreto ciclópeo en la cimentación, más bien debe usarse un sistema de cimentación más caro, como el solado o el concreto simple corrido.
7. Para evitar la falla de los talones flexocomprimidos (Figs. 2.29, 3.12 y 3.24) se utilizan planchas de acero con perforaciones (Fig. 2.26), que son elementos más costosos que los estribos convencionales empleados en las columnas de los muros confinados.

Fig. 2.26

Plancha de acero con perforaciones. Espesor $t = 1/8"$. Diámetro de los huecos $1/2"$. Colocada sobre la junta horizontal. Ver además la Fig. 2.16.



8. Generalmente, en el primer entrepiso (que sísmicamente es el más desfavorable por flexión, corte y carga axial) se traslapa el 100% de las varillas verticales con dowells dejados en la cimentación; además, esas varillas no guardan la verticalidad deseada al insertarse después de haber asentado las unidades del muro. Para solucionar ese problema, en otros países se emplea bloques en forma de H (Fig. 1.5), que permiten encajarlos horizontalmente contra las varillas previamente fijadas. Este problema no se presenta en los muros confinados, donde se emplea refuerzo vertical continuo en el primer entrepiso.
9. Al no existir columnas en los extremos de los muros armados, la fisuración por flexión (punto F en la Fig. 2.27) ocurre en una etapa temprana de sollicitación sísmica; asimismo, su rigidez lateral inicial es más baja que la de los muros confinados (en los muros confinados las columnas de concreto deben transformarse en área equivalente de albañilería, incrementándose sustancialmente el momento de inercia de la sección transversal).

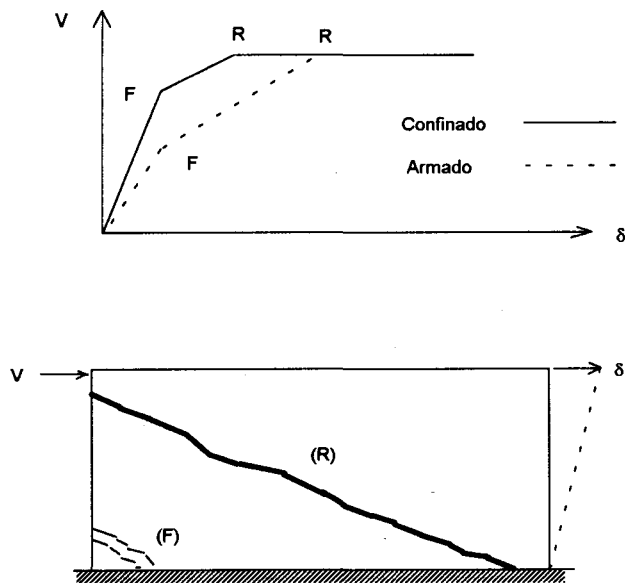


Fig. 2.27. Esquema comparativo del comportamiento de los muros armados y confinados.

10. En el caso del terremoto chileno de 1985, pudo observarse un mejor comportamiento de los muros confinados sobre los armados; incluso hubo el caso de un edificio de 4 pisos (Calle Valdivia con Quilín -Santiago de Chile- Ref.8, Fig. 2.28), donde el primer piso era de albañilería confinada y los 3 restantes de albañilería armada, en ese edificio la falla por corte se produjo en el segundo piso.

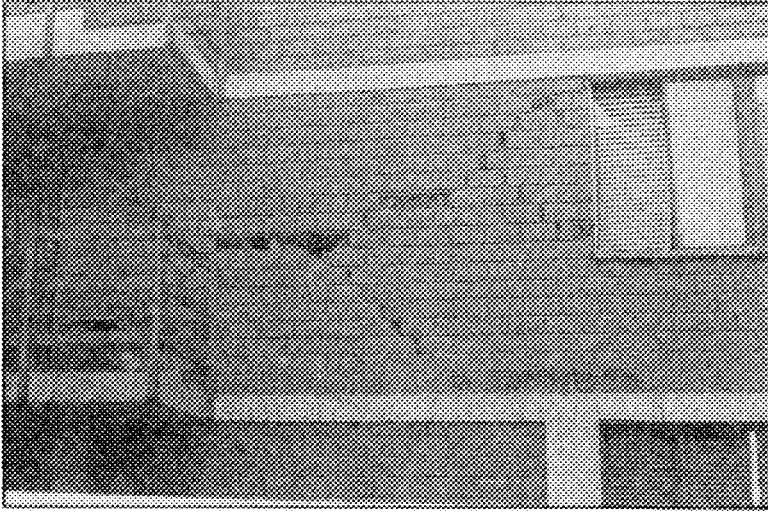


Fig. 2.28

Edificio Chileno de 4 pisos. El primer piso es de albañilería confinada y los 3 pisos superiores son de albañilería armada. La falla por corte se produjo en el segundo piso. Nótese el refuerzo vertical, y el relleno de los alveolos en los ladrillos triturados.

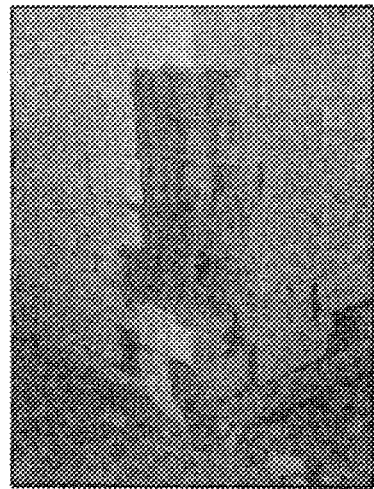


Fig. 2.29

Edificio "Villa Santa Carolina" de Albañilería Armada (3 pisos) en Santiago de Chile (Ref. 8). A la izquierda se aprecia una falla por cizallamiento a la altura de la junta de construcción, y a la derecha la destrucción del talón, pese a la existencia de refuerzo horizontal en cada hilada del muro.