

XIV CNIS



Artículo IX-07

## PROPUESTA NORMATIVA PARA EL DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Ángel San Bartolomé y Daniel Quiun<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se plantea una técnica de diseño estructural basada en criterios de resistencia y desempeño sísmico, aplicable a las edificaciones de albañilería confinada de mediana altura (hasta cinco pisos). La técnica se encuentra basada en múltiples experimentos realizados en el Perú y otros países, así como en estudios teóricos y en las enseñanzas dejadas por los terremotos pasados que han afectado edificaciones similares. Para la verificación de esta técnica se han hecho ensayos de simulación sísmica en mesa vibradora y ensayos de carga lateral cíclica.

### ABSTRACT

A structural design technique based on strength and seismic performance criteria is presented, in order to be applicable to confined masonry buildings of medium height. This technique is based on several experimental tests performed in Peru and other countries, as well as in theoretical studies and lessons given by past earthquakes that affected such kind of buildings. Seismic simulation tests on shaking table and cyclic loading tests have been made in order to verify this technique.

### INTRODUCCIÓN

Las edificaciones de albañilería o mampostería confinada con una altura de hasta 5 pisos, son las construcciones más populares en las zonas urbanas del Perú, para viviendas, oficinas, hoteles, etc. Este tipo de edificación se caracteriza por construirse primero el muro de albañilería, para luego vaciar el concreto de los elementos verticales de confinamiento, y finalmente, construir el techo en conjunto con la viga solera, según se muestra en la fig. 1. Esta secuencia constructiva produce un comportamiento integral de los materiales involucrados.

El método de diseño actual en el Perú, especificado en la Norma de Diseño en Albañilería de ININVI (1982), para edificaciones de albañilería sujetas a cargas sísmicas, es por esfuerzos admisibles. Sin embargo, el coeficiente sísmico que se utiliza está asociado a aceleraciones basales del orden de 100 gal en suelo duro, mientras que los terremotos severos pueden superar en más de cuatro veces el valor anterior, según la Norma Sismorresistente de SENCICO (2003), con lo cual se excedería el factor de seguridad por corte que tienen los muros, que es del orden de dos. Por esto, es necesario que estas

---

(1) Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria cdra. 18, Lima 32, PERU  
[asanbar@pucp.edu.pe](mailto:asanbar@pucp.edu.pe), [dquiun@pucp.edu.pe](mailto:dquiun@pucp.edu.pe)

edificaciones sean diseñadas contemplando su incursión en el rango inelástico, pero de tal forma que puedan repararse después de un terremoto severo que produzca su falla por corte.



Figura 1. Secuencia constructiva en edificaciones de albañilería confinada

### ALCANCE

La técnica de diseño es aplicable a edificaciones de albañilería confinada construida con unidades sólidas de arcilla (con un porcentaje de perforaciones en la cara de asentado de hasta 30% del área bruta), con muros sujetos a esfuerzos axiales no mayores que  $0.15f'm$ , donde “f'm” es la resistencia a compresión de prismas de albañilería (fig.2). Adicionalmente, la edificación debe contar con una densidad adecuada de muros en las direcciones principales.



Figura 2. Falla frágil a compresión axial en un prisma hecho con ladrillos con 40% de huecos

### METODOLOGIA

El método de diseño que se plantea, se encuentra basado en múltiples ensayos estáticos y dinámicos realizados en el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en una serie de

análisis teóricos y en las enseñanzas dejadas por los terremotos pasados ocurridos en el Perú y otros países (San Bartolomé, 1994).

El procedimiento de diseño contempla el desempeño elástico de los muros ante la acción de sismos moderados o frecuentes y la falla por corte con ductilidad limitada ante los sismos severos, de tal modo que el sistema sea reparable.

Para lograr estos propósitos, es necesario que los elementos de confinamiento sean diseñados para soportar la carga que origina el agrietamiento diagonal de los muros (denominada VR) y, por otro lado, se debe proporcionar una adecuada resistencia y rigidez a la edificación (fig. 3).

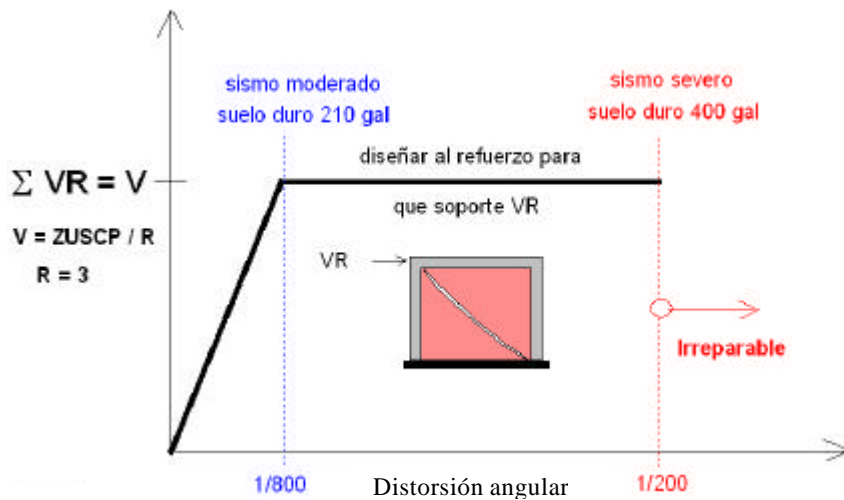


Figura 3. Objetivos de la técnica de diseño

Los objetivos buscados en el método de diseño, son fundamentalmente: 1) que la estructura se comporte elásticamente ante la acción de sismos moderados; y, 2) que ante la acción de sismos severos la estructura sea reparable. En la fig. 3, V es el cortante basal; Z, U, S son los factores de zona, uso y suelo, respectivamente; C es el factor de amplificación sísmica; P es el peso del edificio; y R es el coeficiente de reducción. Estos parámetros son especificados en la norma sísmica peruana de SENCICO (2003).

Para alcanzar estos objetivos es necesario que en cada dirección principal del edificio, la resistencia total proporcionada por los muros confinados ( $\Sigma VR$ ) sea por lo menos igual al cortante basal V, y que los elementos de confinamiento sean diseñados para soportar la carga que produce el agrietamiento diagonal de los muros (VR). Estos conceptos han sido demostrados mediante una serie de estudios teóricos, donde se empleó programas de análisis inelástico paso a paso, variándose la densidad de los muros en planta. Asimismo, los ensayos de laboratorio han demostrado: 1) que el nivel de daños es reparable económicamente cuando las distorsiones inelásticas no superan el valor de  $1/200=0.005$ ; y, 2) que no existe degradación de la resistencia lateral cuando los elementos de confinamiento se diseñan para soportar la carga que produce el agrietamiento diagonal de los muros (VR).

En esta teoría se acepta que las edificaciones de albañilería confinada inevitablemente fallan por fuerza cortante en sus primeros pisos, cuando son sometidas a terremotos severos. La razón principal de este tipo de falla se debe a que la deformación que predomina es la de corte, antes que la de flexión, por tratarse de muros de poca esbeltez ante acciones coplanares. A pesar de que la falla es por corte, los

experimentos (fig. 4) demuestran que es posible dotar de cierta ductilidad a los muros confinados, siempre que los elementos de confinamiento sean capaces de soportar el nivel de fuerza asociado al agrietamiento diagonal de la albañilería.



Figura 4. Ensayos de carga lateral cíclica (izquierda) y de simulación sísmica de un módulo de tres pisos (derecha) por San Bartolomé, Quiun y Torrealva (1992)

### ETAPAS DE LA TÉCNICA DE DISEÑO

El proceso de diseño que se plantea consta de cinco etapas: 1) verificación de la densidad mínima de muros en las direcciones principales del edificio; 2) diseño por carga vertical; 3) análisis elástico ante sismo moderado; 4) determinación de la resistencia al corte VR; y, 5) diseño para sismos severos.

#### 1. Verificación de la densidad mínima de muros

Con el objetivo de evitar fallas frágiles por deficiencias en la resistencia a cargas laterales (fig. 5), con una excesiva demanda de ductilidad, se debe proporcionar a cada dirección principal del edificio, una cantidad de muros tal que cumplan con la ec.1:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad (1)$$

En la ec. 1, Z, U y S son los factores empleados en el cálculo de V especificados anteriormente; N es el número de pisos del edificio; L es la longitud horizontal total del muro; t es su espesor; y Ap es el área en planta del piso típico.

En caso que no se cumpla la ec. 1, en el edificio deberá agregarse muros de concreto armado o incrementar el espesor de la albañilería. De agregarse muros de concreto armado, para emplear la ec.1, su espesor “t” deberá afectarse por la relación de los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería.



Figura 5. Vivienda colapsada por tener poca densidad de muros en la dirección de la fachada; sismo del 23 de junio del 2001 en el sur del Perú

## 2. Diseño por carga vertical

Por cualquier método racional, se debe evaluar la fuerza axial producida por las cargas de gravedad ( $P_g$ ) en cada muro. Luego, el esfuerzo axial ( $\sigma = P_g / (L t)$ ) actuante deberá ser menor que el 15% de la resistencia a compresión axial de los prismas de albañilería  $f'_m$ .

La razón por la cual se debe limitar los esfuerzos axiales, es porque los experimentos en muros sometidos a carga lateral cíclica con diversos niveles de carga axial (fig. 6), han demostrado que la ductilidad decrece significativamente con el incremento del esfuerzo axial.

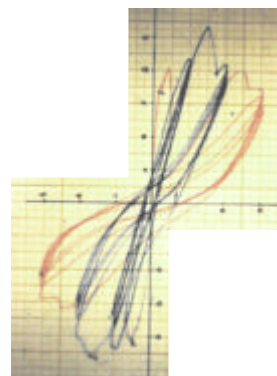
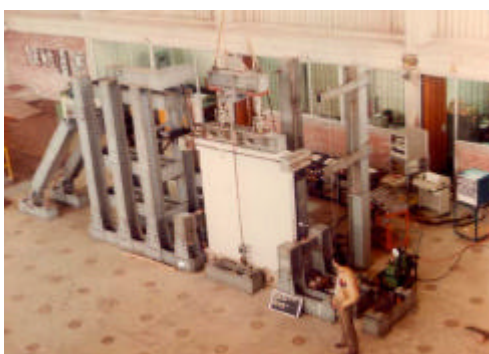


Figura 6. Ensayo de carga lateral cíclica de muro confinado con carga axial constante (izquierda); la degradación de la resistencia lateral se produce por un exceso en la carga axial (derecha)

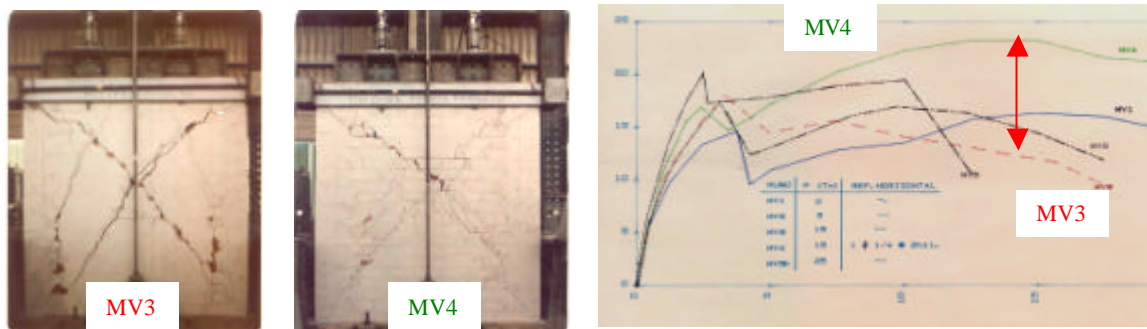
Si el esfuerzo axial excede el 5% de  $f'_m$ , debe agregarse una cuantía nominal de refuerzo horizontal (0.001), consistente en varillas continuas de un diámetro no mayor que  $\frac{1}{4}$ ", ancladas en las columnas de confinamiento, tal como se muestra en la Fig. 7.

En la fig. 8 se muestran dos muros (MV3 y MV4) sujetos a un esfuerzo axial de 9% de  $f'_m$ , y a un desplazamiento lateral de 15 mm. El muro MV3 carece de refuerzo horizontal mientras que el muro MV4 tiene una cuantía de refuerzo horizontal de 0.001. En la etapa inelástica, MV4 mantiene su resistencia lateral porque el refuerzo horizontal evitó el deterioro de la albañilería, lo que no ocurrió con MV3.

Una manera de reducir los esfuerzos axiales en los muros, es mediante el empleo de losas de techo armadas en dos direcciones (macizas o aligeradas), ya que éstas distribuyen la carga proveniente del techo en los muros ubicados en ambas direcciones.



Figura 7. Refuerzo horizontal continuo anclado en columnas del muro MV4

Figura 8. Ensayos de carga lateral cíclica en muros con un esfuerzo axial de 9%  $f'_m$ 

### 3. Análisis elástico ante sismo moderado

En este método se entiende por sismo moderado aquél que produce fuerzas sísmicas iguales a la mitad de las causadas por el sismo severo; siendo  $V$  el cortante basal generado por el sismo severo según la norma sísmica peruana. El análisis sísmico se realiza empleando cualquier procedimiento reconocido. En el modelaje estructural se debe contemplar la acción de diafragma rígido dada por las losas de techo, los alféizares de ventanas y tabiques no aislados de la estructura principal, la participación de las paredes transversales a la dirección en análisis, y el hecho que los muros están compuestos por dos materiales integrados: la albañilería y el concreto de las columnas, en este último caso, el concreto puede transformarse en área equivalente de albañilería aplicando el criterio de la sección transformada.

Por simplicidad en el modelaje, es recomendable aislar los tabiques que presenten discontinuidad vertical, así como los alféizares de ventanas, tal como se muestra en la fig. 9. En el caso de los alféizares, ellos reducen la altura libre del muro, rigidizándolos en forma importante, lo que puede causar efectos de torsión en el edificio y una mayor absorción de fuerza cortante en el muro.

Una vez determinadas las fuerzas internas producidas por el sismo moderado, debe verificarse que la fuerza cortante ( $V_e$ ) en cada muro no exceda el 55% del cortante de agrietamiento diagonal  $VR$ , con la finalidad de que los muros se comporten elásticamente en esta etapa.

Adicionalmente, con la finalidad de que las vigas que conectan coplanarmente a los muros disipen energía sísmica antes que se agrieten los muros, se plantea diseñarlas en esta etapa a la rotura, de tal modo que su falla sea por flexión. Para ello, se recomienda utilizar un factor de amplificación por efectos sísmicos igual a 1.25, con lo cual es posible calcular el refuerzo longitudinal, para luego determinar los

momentos plásticos en sus extremos y posteriormente, por equilibrio, evaluar la fuerza cortante máxima asociada al mecanismo de falla por flexión (fig. 10), y con ella diseñar los estribos.



Figura 9. Aislamiento de alféizares y de tabiques discontinuos verticalmente

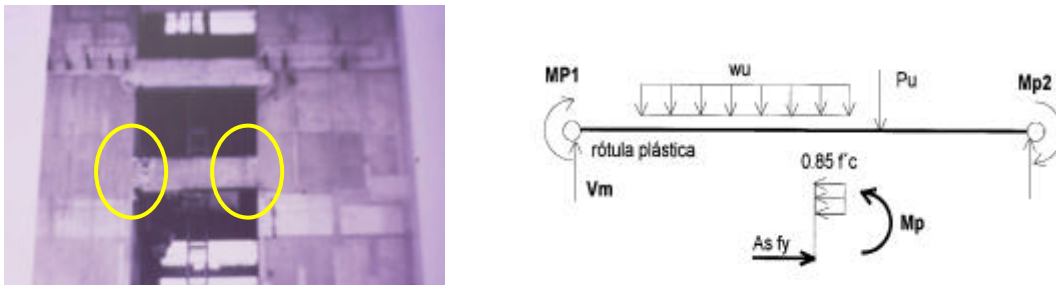


Figura 10. Diseño de vigas dinteles en la etapa de sismo moderado

#### 4. Determinación del cortante de agrietamiento diagonal VR

Múltiples experimentos en muros confinados han permitido determinar la ec. 2, para la evaluación de la resistencia al agrietamiento diagonal de muros confinados construidos con ladrillos de arcilla. Esta ecuación depende de la resistencia de muretes de albañilería sometidos a cargas de compresión diagonal ( $v'm$ ), del espesor del muro ( $t$ ), de la carga axial  $P_g$ , y de la esbeltez ante efectos coplanares medida como la relación entre el momento flector ( $M_e$ ) y el producto de la fuerza cortante ( $V_e$ ) por la longitud del muro ( $L$ ). Los valores de  $M_e$ ,  $V_e$  son las fuerzas internas obtenidas del análisis sísmico elástico. El valor de VR debe calcularse en cada muro y en todos los pisos de la edificación.

$$VR = 0.5 v'm \alpha t L + 0.23 P_g \quad (2)$$

En la ec. 2, el término  $\alpha$  está limitado a:  $1/3 \leq \alpha = V_e L / M_e \leq 1$

Los muretes son pequeños especímenes cuadrados de albañilería con dimensión mínima de 0.6m de lado, que se ensayan a los 28 días de edad, como se muestra en la fig. 11. La resistencia de cada murete se determina dividiendo la carga de rotura entre el área de la diagonal cargada, y la resistencia característica  $v'm$  se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio de por lo menos cinco especímenes ensayados. Este ensayo permite además observar el tipo de falla que presentan los muros.

Los ensayos de carga lateral cíclica en muros de diferente esbeltez coplanar permitieron observar la influencia de esta variable en la resistencia al corte VR del muro (fig. 12), lo que ha sido contemplado

en la ec.2. Este efecto también ha sido comprobado por San Bartolomé, Quiun y Torrealva (1992) en un espécimen de tres pisos (fig. 4) sometido a ensayos de simulación sísmica en mesa vibradora.



Figura 11. Muretes sujetos a compresión diagonal: falla por tracción diagonal (izquierda) y falla escalonada por falta de adherencia ladrillo-mortero (derecha)

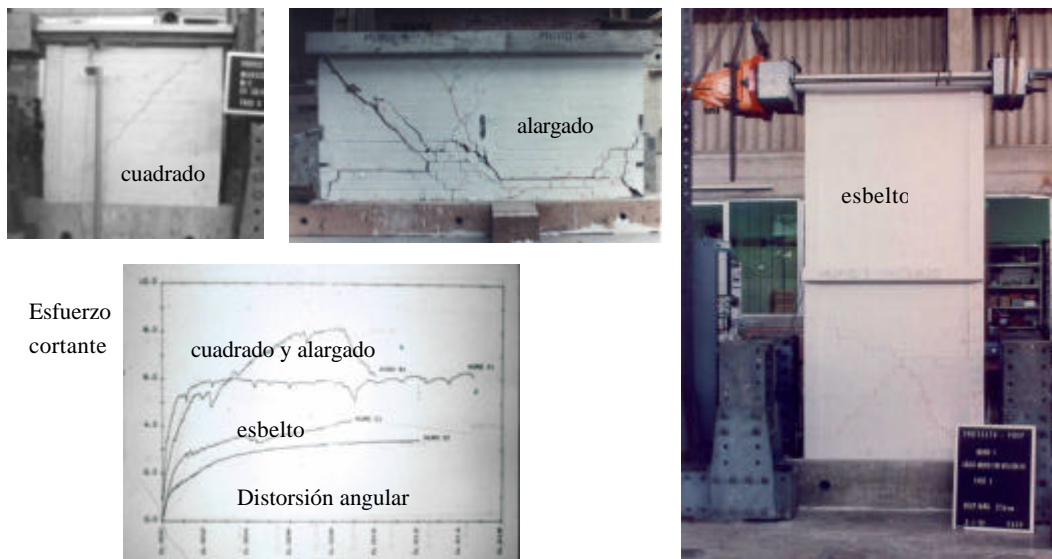


Figura 12. Efectos de la esbeltez coplanar ( $M/VL$ ) en la reducción de la resistencia VR

## 5. Diseño para sismos severos

Esta etapa se compone de varias partes:

### 5.1 Verificación de la resistencia global del edificio

Con los valores de VR calculados en la etapa 4 para el primer piso, se obtiene la suma de éstos en cada dirección principal, la cual debe ser mayor a la fuerza cortante del sismo severo, especificada por la norma sísmica peruana (V). Esta verificación es importante puesto que determina si la cantidad de muros es suficiente como para que la estructura cumpla con los objetivos del método propuesto. En caso exista una deficiencia de muros, podrá suplirse con muros de concreto armado, o aumentando el espesor de los muros, o mejorando la calidad de la albañilería.



Si la resistencia provista ( $\Sigma VR$ ) excede en más de tres veces (factor R de reducción de la fuerza sísmica) al cortante basal V, la estructura se comportará elásticamente ante el sismo severo, y solamente requiere refuerzos mínimos que arriostren lateralmente a la albañilería.

**5.2 Determinación de los factores de amplificación y verificación del agrietamiento diagonal de los muros localizados en los pisos superiores al primero**

El método supone que ante la acción del sismo severo, los muros del primer piso se agrietan diagonalmente, alcanzando su resistencia VR1, por lo que las fuerzas internas elásticas ( $M_e$ ,  $V_e$ ) calculadas en la etapa 3, se verán amplificadas en la relación  $VR1 / V_{e1}$ , pasando a adoptar los valores  $M_u$ ,  $V_u$  asociados al mecanismo de falla por corte en el primer piso. Estos factores de amplificación deben ser calculados en el primer piso de cada muro y no requieren ser mayores que 3 (factor R de reducción de la fuerza sísmica). El hecho de que estos factores sean distintos, indica una falla progresiva en los muros, en función a su nivel de resistencia VR.

Sí en un piso “i” superior al primero ( $i > 1$ ) de algún muro, se obtiene que la fuerza cortante  $V_{ui}$  supera a la resistencia al corte  $VR_i$ , entonces ese piso también se agrietará diagonalmente y sus confinamientos deberán ser diseñados en forma similar al primer piso.

**5.3 Determinación de las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso**

El primer piso requiere especial atención porque está sometido a las mayores cargas y por lo general, allí se presenta la falla por corte. Las columnas de confinamiento presentan fuerzas de tracción (T), compresión (C), y cortante ( $V_c$ ).

Las fuerzas T, C, y  $V_c$  pueden evaluarse para casos sencillos (muros de un solo tramo y en voladizo) por equilibrio como se indica en la fig. 12. En caso existan muros con varios tramos, o conectados por vigas de concreto, o con paredes transversales, se presentan las fórmulas de la Tabla 1, las que provienen de análisis mediante modelos analíticos como el indicado en la fig. 13. Estas fórmulas prestan atención especial a las columnas localizadas en los dos extremos del muro, para que éstas funcionen como topes que eviten el deslizamiento de la albañilería, con lo cual las franjas comprendidas entre las grietas diagonales aportarán resistencia a carga lateral como se ilustra en la fig. 14.

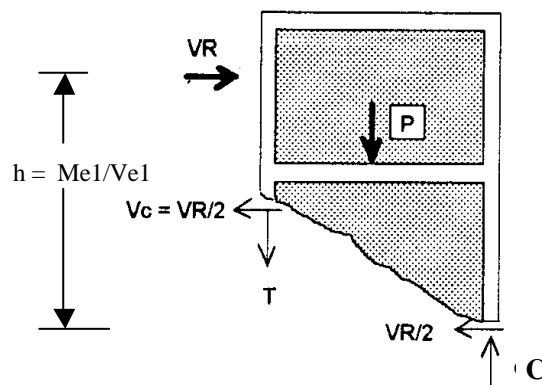


Figura 12. Fuerzas internas en columnas de un muro confinado de un solo paño y en voladizo

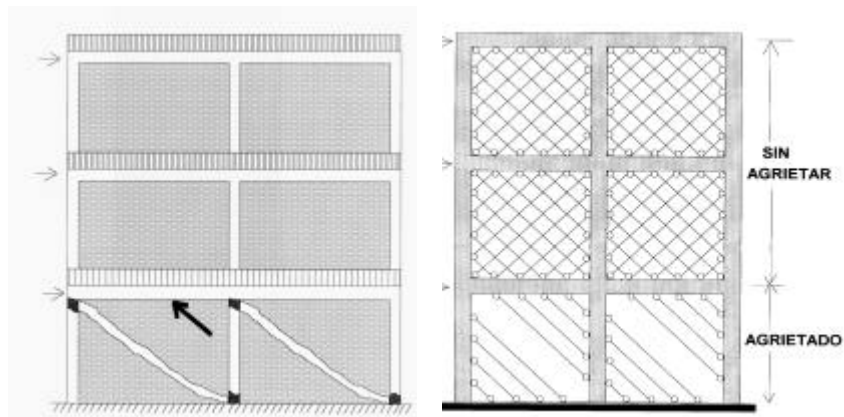


Figura 13. Modelo empleado para obtener las fuerzas internas en casos complejos



Figura 14. Contribución de las zonas fragmentadas en la resistencia lateral

Tabla 1. Fórmulas para determinar las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso

COLUMNA	Vc (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{VR1 Lm}{L (Nc + 1)}$	$VR1 \frac{h}{L} - Pc$	$Pc - \frac{VR1 h}{2 L}$
Extrema	$1.5 \frac{VR1 Lm}{L (Nc + 1)}$	$F - Pc$	$Pc + F$

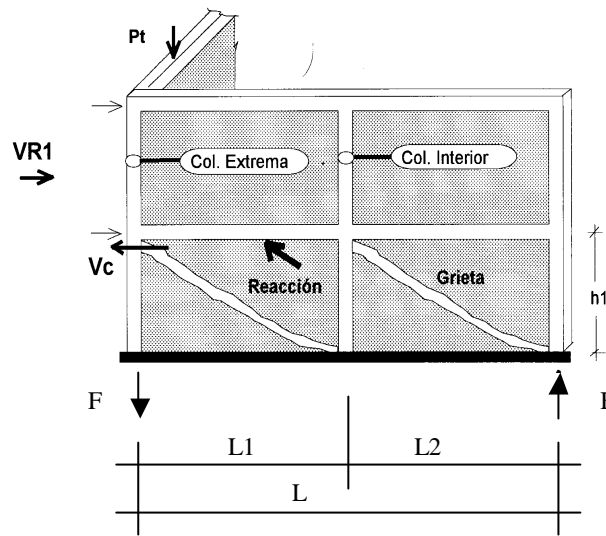


Fig.15. Ilustración de algunos parámetros que intervienen en las fórmulas de la Tabla 1

Los parámetros que intervienen en las ecuaciones de la Tabla 1 (algunos de los cuales aparecen en la Fig.15) son:

VR1 = cortante de agrietamiento diagonal en el primer piso

Lm = longitud del tramo mayor  $\geq 0.5L$ . En muros de un tramo, Lm = L

L = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento

Nc = número de columnas en el muro en análisis. En muros de un tramo: Nc = 2

Pc = carga vertical tributaria en cada columna (incluye la carga proveniente de muros transversales Pt)

M = Mu1 -  $\frac{1}{2}$  VR1 h1

h1 = altura del primer piso

F = M / L. Carga axial en las columnas extremas producida por el momento flector M

#### 5.4 Diseño de los confinamientos del primer piso

El diseño de las columnas de confinamiento se realiza empleando las fórmulas especificadas en los reglamentos de concreto armado, sin amplificar los valores de la Tabla 1: T, C o Vc, pero contemplando los factores de reducción de resistencia ( $\phi$ ).

El área del refuerzo vertical, se determina diseñándolo por corte-fricción (Vc) y tracción (T) combinada, ya que ambos efectos actúan en simultáneo como se muestra en la fig. 16. No menos de 4 varillas con diámetro de 8 mm, deberá emplearse, formando una canastilla.

El área del núcleo de concreto (confinada por los estribos, fig.17) se determina diseñándolo por aplastamiento con una compresión (C), como si fuese una columna de poca esbeltez. Luego, agregando el recubrimiento, el área total no debe ser menor que la proporcionada mediante un diseño por corte-fricción ( $V_c$ ), o que  $15t$  ( $\text{cm}^2$ ), donde  $t$  es el espesor del muro.

Los estribos se diseñan para evitar la falla por aplastamiento del concreto, debiéndose colocar por lo menos estribos de diámetro  $\frac{1}{4}$ " : 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 20 cm. La zona a confinar con estribos a corto espaciamiento (extremos de las columnas) abarca una longitud de 1.5 veces el peralte de la columna o 45cm, lo que sea mayor. Debe indicarse que los estribos no se diseñan por corte ya que la albañilería aún fragmentada aporta resistencia lateral (fig. 14), además del aporte dado por el refuerzo horizontal; asimismo, los estribos son ineficientes cuando la falla en las columnas es por corte-fricción.

Las vigas soleras, encargadas de transmitir las cargas sísmicas hacia la albañilería, se diseñan a tracción ( $T_s = \frac{1}{2} VR1 L_m / L$ ), agregando estribos mínimos, de diámetro  $\frac{1}{4}$ " : 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 20 cm. Estas vigas no necesitan diseñarse a corte debido a la gran sección transversal que existe por encima del primer piso.

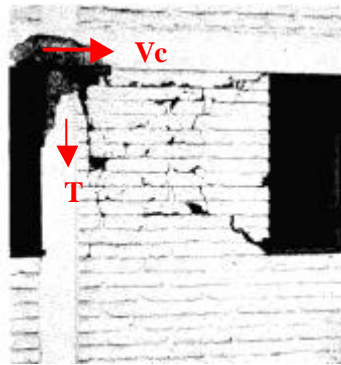


Figura 16. Falla por corte-fricción y tracción combinada en una columna



Figura 17. Falla por aplastamiento de una columna (izquierda) y desprendimiento del recubrimiento, manteniendo el núcleo confinado sin daños (derecha)

### **5.5 Diseño de los confinamientos de los pisos superiores (no agrietados)**

En los casos en que  $V_{ui}$  sea menor que  $V_{Ri}$ , la albañilería absorbe la fuerza cortante sin agrietarse diagonalmente, por lo que no requieren de refuerzo horizontal y las columnas no necesitan diseñarse por corte-fricción. En estos casos es suficiente diseñar a las columnas extremas del muro por tracción (T) y compresión por aplastamiento (C), producidas por el momento flector  $M_{ui} = M_{ei} V_{R1} / V_{e1}$ .

Las columnas internas no necesitan diseñarse ante acciones coplanares; sin embargo, ellas deberán ser capaces de funcionar como arriostres de la albañilería ante acciones sísmicas perpendiculares a su plano. Asimismo, el espaciamiento máximo entre columnas no deberá ser mayor que dos veces la distancia que existe entre los arriostres horizontales.

## **CONCLUSIONES**

El método de diseño expuesto ha sido comprobado con éxito en experimentos estáticos y dinámicos realizados en muros de albañilería confinada a escala natural y reducida.

La falla por corte que se desarrolla en las edificaciones de mediana altura estructurada con muchos muros, debe tomarse con naturalidad. Su efecto no es negativo siempre y cuando se adopten precauciones para limitar los desplazamientos laterales inelásticos, proporcionando una adecuada densidad de muros y diseñando a las columnas de confinamiento como última línea resistente.

Una manera de producir la falla por flexión es mediante la inclusión de refuerzo horizontal importante. Sin embargo, la forma que tienen los ladrillos peruanos, sin canales que permitan alojar a las varillas horizontales, hacen que como máximo se pueda utilizar varillas de diámetro 1/4" embutidas en las juntas de mortero; de emplearse varillas de mayor diámetro, el grosor de las juntas horizontales se incrementaría, lo que disminuiría significativamente la resistencia al agrietamiento diagonal. Cabe resaltar que los experimentos hechos en muros donde se duplicó la cuantía nominal de refuerzo horizontal especificada en este proyecto (0.001), proporcionaron un incremento de la ductilidad al decrecer el deterioro de la albañilería, pero sólo incrementaron la resistencia máxima en 10%.

Las vigas que conectan coplanarmente a los muros juegan un papel importante, si es que se las diseña para que disipen energía sísmica antes que se agrieten diagonalmente los muros. Cuando estas vigas tienen un peralte razonable, rigidizan a los muros retardando su falla por corte; asimismo, disminuyen el momento flector en la base, lo que trae consigo: un incremento de la resistencia al corte al disminuir los efectos de esbeltez, una reducción en el tamaño de la cimentación, una disminución del refuerzo vertical a colocar en las columnas de confinamiento, y una reducción del aplastamiento en las columnas extremas. Además, estas vigas limitan el giro por flexión de los muros, con lo cual, la posibilidad de una falla por punzonamiento de la losa de techo, causada por la rotación del muro, decrece.

## **RECONOCIMIENTOS**

Los autores desean expresar su agradecimiento al Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde se ejecutaron los ensayos indicados en este artículo, así como a las diversas instituciones que apoyaron financieramente el desarrollo de estos proyectos: SENCICO, ININVI, ITINTEC, ASOCEM, CONCYTEC, CISMID, JICA, GMI, Fábricas de cemento Yura y Cementos Lima.



Mención especial tienen los numerosos alumnos de la Facultad de Ciencias e Ingeniería y de la Maestría en Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, quienes desarrollaron sus tesis trabajando en estos proyectos.

### REFERENCIAS

ININVI (1982), Norma Técnica de Edificación E-070, Albañilería, Ministerio de Vivienda, Perú.

San Bartolomé A (1994), “Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural” Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú

San Bartolomé A y Torrealva D (1990), “A New Approach For Seismic Design of Confined Masonry Building in Peru” *The Fifth North American Masonry Conference* Illinois.

San Bartolomé A, Quiun D y Torrealva D (1992), “Seismic behaviour of a three-story scale confined masonry structure”, *Memorias, Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, Vol. 6, pp. 3527-3531, Madrid, España, Julio.

SENCICO (2003), Norma Técnica de Edificación E.030, Diseño Sismorresistente, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Gobierno del Perú.