



**PERÚ**

Ministerio  
de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

Servicio Nacional de  
Capacitación para la Industria  
de la Construcción - SENCICO

## REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

Propuesta de  
**NORMA E.070**  
**ALBAÑILERÍA**

**2019**

**ÍNDICE**

	<u>Pág.</u>
<b>CAPÍTULO 1 ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>5</b>
Artículo 1.- Alcance.....	5
Artículo 2.- Criterios generales.....	5
<b>CAPÍTULO 2 DEFINICIONES Y NOMENCLATURA .....</b>	<b>7</b>
Artículo 3.- Definiciones .....	7
Artículo 4.- Nomenclatura .....	9
<b>PARTE A ALBAÑILERÍA CONFINADA</b>	
<b>CAPÍTULO 3 COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA.....</b>	<b>11</b>
Artículo 5.- Unidad de albañilería .....	11
Artículo 6.- Mortero .....	13
Artículo 7.- Acero de refuerzo .....	14
Artículo 8.- Concreto .....	14
<b>CAPÍTULO 4 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA.....</b>	<b>15</b>
Artículo 9.- Tratamiento de la unidad .....	15
Artículo 10.- Construcción del muro .....	15
Artículo 11.- Elementos de confinamiento .....	16
Artículo 12.- Refuerzos .....	17
<b>CAPÍTULO 5 RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA.....</b>	<b>18</b>
Artículo 13.- Especificaciones generales.....	18
<b>CAPÍTULO 6 ESTRUCTURACIÓN.....</b>	<b>20</b>
Artículo 14.- Estructura con diafragma rígido .....	20
Artículo 15.- Configuración del edificio con diafragma rígido.....	20
Artículo 16.- Estructura con diafragma flexible .....	21
Artículo 17.- Muros portantes.....	21
Artículo 18.- Arriostres .....	21
<b>CAPÍTULO 7 REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL DISEÑO DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA.....</b>	<b>22</b>
Artículo 19.- Espesor efectivo .....	22
Artículo 20.- Esfuerzo axial máximo.....	22
Artículo 21.- Aplastamiento y punzonamiento .....	22
Artículo 22.- Condiciones para un muro portante confinado.....	22
<b>CAPÍTULO 8 ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA .....</b>	<b>24</b>
Artículo 23.- Definiciones .....	24
Artículo 24.- Consideraciones generales.....	24

	<u>Pág.</u>
Artículo 25.- Estructuración en planta .....	25
Artículo 26.- Análisis estructural.....	25
<b>CAPÍTULO 9 DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA .....</b>	<b>27</b>
Artículo 27.- Requisitos generales .....	27
Artículo 28.- Diseño para sismo moderado .....	27
Artículo 29.- Diseño para sismo severo .....	28
Artículo 30.- Diseño de los elementos de confinamiento.....	29
Artículo 31.- Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros .....	33
Artículo 32.- Criterios para el diseño de cimentación .....	33
<b>CAPÍTULO 10 INTERACCIÓN MURO DE ALBAÑILERÍA – ESTRUCTURA APORTICADA .....</b>	<b>34</b>
Artículo 33.- Alcance.....	34
Artículo 34.- Disposiciones .....	34
<b>CAPÍTULO 11 DISEÑO SIMPLIFICADO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA .....</b>	<b>36</b>
Artículo 35.- Justificación .....	36
Artículo 36.- Criterio general para el análisis simplificado .....	36
Artículo 37.- Requisitos.....	36
Artículo 38.- Rigidez torsional mínima.....	36
Artículo 39.- Características del procedimiento simplificado.....	37
Artículo 40.- Cálculo del centro de rigidez.....	37
Artículo 41.- Cálculo de la fuerza sísmica .....	37
Artículo 42.- Cálculo de la resistencia al corte de un muro.....	37
Artículo 43.- Verificación de la resistencia sísmica de la edificación .....	37
Artículo 44.- Elementos de confinamiento.....	37
<b>PARTE B ALBAÑILERÍA ARMADA</b>	
<b>CAPÍTULO 12 COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA ARMADA .....</b>	<b>39</b>
Artículo 45.- Unidad de albañilería.....	39
Artículo 46.- Mortero .....	40
Artículo 47.- Concreto líquido o grout.....	40
Artículo 48.- Acero de refuerzo .....	42
<b>CAPÍTULO 13 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ALBAÑILERÍA ARMADA. ....</b>	<b>43</b>
Artículo 49.- Tratamiento de la unidad .....	43
Artículo 50.- Construcción de muro.....	43
Artículo 51.- Refuerzos .....	44
<b>CAPÍTULO 14 RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERÍA ARMADA. ....</b>	<b>47</b>
Artículo 52.- Criterios generales.....	47

	<u>Pág.</u>
<b>CAPÍTULO 15 ESTRUCTURACIÓN.....</b>	<b>49</b>
Artículo 53.- Criterios generales.....	49
Artículo 54.- Distribución de fuerzas laterales.....	49
Artículo 55.- Estructura con diafragma rígido.....	49
Artículo 56.- Configuración de edificio.....	50
Artículo 57.- Muros portantes.....	50
<b>CAPÍTULO 16 REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL DISEÑO.....</b>	<b>51</b>
Artículo 58.- Requisitos generales.....	51
Artículo 59.- Albañilería armada.....	51
<b>CAPÍTULO 17 ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA.....</b>	<b>52</b>
Artículo 60.- Definición.....	52
Artículo 61.- Consideraciones generales.....	52
Artículo 62.- Estructuración en planta.....	52
Artículo 63.- Análisis estructural.....	53
<b>CAPÍTULO 18 DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA.....</b>	<b>54</b>
Artículo 64.- Especificaciones generales.....	54
Artículo 65.- Resistencia a compresión y flexo-compresión en el plano del muro.....	55
Artículo 66.- Resistencia a corte en el plano del muro.....	56
<b>PARTE C TEMAS COMUNES</b>	
<b>CAPITULO 19 DISEÑO DE MUROS ANTE CARGAS PERPENDICULARES A SU PLANO.....</b>	<b>58</b>
Artículo 67.- Criterios generales.....	58
Artículo 68.- Fuerza sísmica de diseño.....	58
Artículo 69.- Diseño de muros portantes.....	59
Artículo 70.- Diseño de parapetos.....	60
Artículo 71.- Diseño de tabiques.....	61
Artículo 72.- Diseño de cercos.....	62
<b>CAPITULO 20 REPARACIÓN Y REFUERZO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA.....</b>	<b>63</b>
Artículo 73.- Alcance.....	63
Artículo 74.- Criterios generales.....	63
Artículo 75.- Técnicas de reparación y refuerzo para muros portantes.....	63
Artículo 76.- Consolidación de muros.....	64
Artículo 77.- Refuerzos externos.....	64
Artículo 78.- Refuerzos internos.....	64
Artículo 79.- Sustitución total o parcial del muro.....	64
Artículo 80.- Refuerzo de muros portantes de albañilería armada con elementos externos de concreto armado.....	64
Artículo 81.- Estabilización lateral de tabiques, cercos y parapetos.....	65
Artículo 82.- Consideraciones para intervenir en obras patrimoniales de albañilería de ladrillo.....	65

**CAPÍTULO 1**  
**ASPECTOS GENERALES**

**Artículo 1.- Alcance**

- 1.1 Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones nuevas de albañilería confinada y armada, así como la evaluación, reparación y reforzamiento de las edificaciones existentes de albañilería.
- 1.2 Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta Norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables.
- 1.3 Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

**Artículo 2.- Criterios generales**

- 2.1 Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales para obtener el objetivo de la seguridad estructural en cuanto a criterios de resistencia, rigidez, estabilidad y servicio de las construcciones.
- 2.2 Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas y sismos. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.
- 2.3 Debido a las cargas muertas y vivas, los muros trabajan casi exclusivamente a esfuerzos de compresión, siendo la excepción cuando techos inclinados producen fuerzas de empuje lateral. Cuando además de las cargas verticales el muro debe soportar fuerzas de inercia horizontal debido a sismos, entonces el muro está sometido a una combinación de cargas verticales, fuerzas cortantes horizontales en su plano y momentos flectores en su plano y fuera de él.
- 2.4 Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.
- 2.5 Los planos y especificaciones indicarán las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales, del acero de refuerzo, de las instalaciones sanitarias y eléctricas en los muros; las precauciones para tener en cuenta la variación de las dimensiones producidas por deformaciones diferidas, contracciones, cambios de temperatura y asentamientos diferenciales; las características de la unidad de albañilería, del mortero, de la albañilería, del concreto, del acero de refuerzo y de todo otro material requerido; las cargas que definen el empleo de la edificación; las juntas de separación sísmica; y, toda otra información para la correcta construcción y posterior utilización de la edificación.

- 2.6** Las construcciones de albañilería podrán clasificarse como “tipo resistente al fuego” siempre y cuando todos los elementos que la conforman cumplan los requisitos de esta Norma, asegurando una resistencia al fuego mínima de cuatro horas para los muros portantes y los muros perimetrales de cierre, y de dos horas para la tabiquería.
- 2.7** Los tubos para instalaciones sólo se alojarán en los muros cuando los tubos correspondientes tengan como diámetro máximo 55 mm. En estos casos, la colocación de los tubos en los muros se hará en cavidades dejadas durante la construcción de la albañilería que luego se rellenarán con concreto, o en los alvéolos de la unidad de albañilería. En todo caso, los recorridos de las instalaciones serán siempre verticales y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas.
- 2.8** Los tubos para instalaciones con diámetro exterior mayor que 55 mm, tendrán recorridos en falsas columnas o en ductos especiales.
- 2.9** Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%; excepto para albañilería confinada donde el refuerzo puede ser de canastillas de acero electrosoldado y con una elongación mínima de 6%. Las cuantías de refuerzo que se presentan en esta Norma están asociadas a un esfuerzo de fluencia  $f_y = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ), para otras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por  $412/f_y$  (en MPa) o  $4200/f_y$  (en  $\text{kg/cm}^2$ ).
- 2.10** Los criterios considerados para la estructuración deberán ser detallados en una memoria descriptiva estructural tomando en cuenta las especificaciones del Capítulo 6 o Capítulo 15. Debe presentarse memoria de cálculo del muro más demandado en cada una de las dos direcciones principales de análisis sísmico.
- 2.11** La presente Norma se divide en partes independientes: INTRODUCCIÓN que comprende los capítulos 1 y 2, PARTE A ALBAÑILERÍA CONFINADA que comprende los capítulos 3 al 11, PARTE B ALBAÑILERÍA ARMADA, que comprende los capítulos 12 al 18 y PARTE C TEMAS COMUNES, que comprende los capítulos 19 y 20.

## **CAPÍTULO 2** **DEFINICIONES Y NOMENCLATURA**

### **Artículo 3.- Definiciones**

- 3.1** Albañilería o Mampostería. Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- 3.2** Albañilería Armada. Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.
- 3.3** Albañilería Confinada. Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- 3.4** Albañilería No Reforzada. Albañilería simple o sin refuerzo.
- 3.5** Albañilería Reforzada. Albañilería armada o confinada que cumple con las exigencias de esta Norma.
- 3.6** Altura Efectiva. Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.
- 3.7** Arriostre. Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas horizontales en la dirección perpendicular a su plano.
- 3.8** Borde Libre. Extremo horizontal o vertical no arriestrado de un muro.
- 3.9** Concreto Líquido o Grout. Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.
- 3.10** Columna. Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.
- 3.11** Confinamiento. Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- 3.12** Construcciones de Albañilería. Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.
- 3.13** Espesor Efectivo. Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

- 3.14** Muro de Arriostre. Muro que provee estabilidad y resistencia lateral a otro muro, por lo cual debe ser capaz de resistir la reacción horizontal proveniente de dicho muro; es normalmente perpendicular al otro muro.
- 3.15** Muro No Portante. Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas horizontales en dirección perpendicular a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.
- 3.16** Muro Portante. Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.
- 3.17** Mortero. Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.
- 3.18** Placa. Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.
- 3.19** Plancha. Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.
- 3.20** Tabique. Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- 3.21** Unidad de Albañilería. Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.
- 3.22** Unidad de Albañilería Alveolar. Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- 3.23** Unidad de Albañilería Apilable: Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.
- 3.24** Unidad de Albañilería Hueca. Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 3.25** Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza) Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 3.26** Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta). Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.
- 3.27** Viga Solera. Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.



#### Artículo 4.- Nomenclatura

$A$	=	Área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
$A_c$	=	Área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
$A_{cf}$	=	Área de una columna de confinamiento por corte-fricción.
$A_n$	=	Área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
$A_s$	=	Área del acero vertical u horizontal.
$A_{sf}$	=	Área del acero vertical por corte-fricción en una columna de confinamiento.
$A_{st}$	=	Área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
$A_v$	=	Área de estribos cerrados.
$d$	=	Peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
$D_b$	=	Diámetro de una barra de acero.
$e$	=	Espesor bruto de un muro.
$E_c$	=	Módulo de elasticidad del concreto.
$E_m$	=	Módulo de elasticidad de la albañilería.
$f'_b$	=	Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
$f'_c$	=	Resistencia a compresión axial del concreto o del "grout" a los 28 días de edad.
$f'_m$	=	Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
$f'_t$	=	Esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
$f_y$	=	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
$f_u$	=	Factor de amplificación
$G_m$	=	Módulo de corte de la albañilería.
$h$	=	Altura libre entre los elementos de arriostre horizontales.
$I$	=	Momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
$L$	=	Longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (sí existiesen).
$L_m$	=	Longitud del paño mayor en un muro confinado, ó 0,5 L; lo que sea mayor.
$L_t$	=	Longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
$M_e$	=	Momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
$M_u$	=	Momento flector en un muro producido por el sismo severo.
$N$	=	Número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
$N_c$	=	Número total de columnas de confinamiento. $N_c \geq 2$ .
$P$	=	Peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
$P_g$	=	Carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
$P_c$	=	Carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
$P_e$	=	Carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
$P_m$	=	Carga gravitacional máxima de servicio en un muro, metrada con el 100% de sobrecarga.
$P_u$	=	Carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
$P_t$	=	Carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal al que está en análisis.
$s$	=	Separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales.
$S$	=	Factor de suelo especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
$t$	=	Espesor efectivo del muro.
$t_n$	=	Espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
$U$	=	Factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
$V_c$	=	Fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
$V_e$	=	Fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
$V_{Ei}$	=	Fuerza cortante en el entrepiso "i" del edificio producida por el sismo severo.
$V_{ui}$	=	Fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso "i" de uno de los muros.
$V_m$	=	Resistencia al corte en el entrepiso "i" de uno de los muros.
$v'_m$	=	Resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.

- $Z$  = Factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.  
 $\delta$  = Factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.  
 $\delta$  = 1, para columnas de confinamiento con dos muros transversales.  
 $\delta$  = 0,8, para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.  
 $\phi$  = Coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado.  
 $\phi$  = 0,9 (flexión o tracción pura).  
 $\phi$  = 0,85 (corte-fricción o tracción combinada con corte-fricción).  
 $\phi$  = 0,7 (compresión, cuando se use estribos cerrados).  
 $\phi$  = 0,75 (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).  
 $\varphi$  = Barras de acero de diámetro indicado  
 $\rho$  = Cuantía del acero de refuerzo =  $A_s / (s.t)$ .  
 $\sigma$  = Esfuerzo axial de servicio actuante en un muro =  $P_g / (t.L)$ .  
 $\sigma_m$  =  $P_m / (t.L)$  = esfuerzo axial máximo en un muro.  
 $\mu$  = Coeficiente de fricción concreto endurecido – concreto.  
 $L_p$  = Longitud de la planta de la edificación.  
 $A_p$  = Ancho de la planta de la edificación.  
 $H_e$  = Altura de la edificación.  
 $A_e$  = Área efectiva de un muro.  
 $A_g$  = Área bruta de un muro.  
 $F_e$  = Factor de corrección por esbeltez.  
 $Vm_i$  = Resistencia al corte de los muros del entrepiso i  
 $V_{Ei}$  = Fuerza cortante sísmica en el entrepiso i

**PARTE A**  
**ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**CAPÍTULO 3**  
**COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 5.- Unidad de albañilería**

**5.1 Características generales**

- 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.
- 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.
- Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- 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.

**5.2 Clasificación para fines estructurales**

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

<b>TABLA 1</b>					
<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN</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)

**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 MUROS CONFINADOS			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2, 3 Y 4		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
Hueca	No	No	Si
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.

#### 5.4 Pruebas

- 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.
- 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 339.604.  
  
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.
- 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.
- Alabeo.**- Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.
- Absorción.**- Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

#### 5.5 Aceptación de la unidad

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o más de 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. Las unidades de concreto, tendrán una absorción no mayor que 12%.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

- d) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- 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.
- f) La unidad de albañilería de arcilla no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

**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 Portland tipo I y II, NTP 334.009.
  - Cemento Adicionado IP, NTP 334.830.
  - Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.
  - Se aceptará cualquier otro cemento siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias mayores al 90 % del valor obtenido usando cemento portland I o cemento adicionado IP.
- b) El agregado fino será arena 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 mayores al 90 % del valor obtenido con la arena de la tabla 3.

<b>TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA</b>	
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 finura estará comprendido entre 1,60 y 2,50.
  - El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
  - No deberá emplearse arena de mar.
- c) El agua será bebible y libre de sustancias deletéreas, sales, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**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.

<b>TABLA 4 TIPOS DE MORTERO</b>				
<b>COMPONENTES</b>				<b>USOS</b>
<b>TIPO</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>CAL</b>	<b>ARENA</b>	
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

- 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.
- De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en 6.2.a, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

#### **Artículo 7.- Acero de refuerzo**

**7.1** La armadura de los elementos de confinamiento deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031) y en la E.060 Concreto Armado.

**7.2** 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).

**7.3** La armadura de los elementos de confinamiento podrá ser mediante canastillas de barras de acero electrosoldadas con las siguientes limitaciones:

- a) En edificaciones de hasta dos pisos;
- b) En edificaciones de más de dos pisos se podrá usar canastillas de barras de acero electrosoldadas en los dos últimos niveles. En los niveles inferiores se deberá usar armadura convencional de acero.

**7.4** La armadura de los elementos de arriostre en cercos, tabiques y parapetos podrá ser mediante canastillas de barras de acero electrosoldadas.

#### **Artículo 8.- Concreto**

**8.1** El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a 17,15 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

**CAPÍTULO 4**  
**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 9.- Tratamiento de la unidad**

El tratamiento de las unidades de albañilería previo al asentado será el siguiente:

- a) Para unidades de concreto y unidades sílico-calcáreas: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.
- b) Para unidades de arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min (\*).

*(\*) Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm<sup>3</sup>) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm<sup>3</sup>) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm<sup>2</sup>, se obtiene como:  $SUCCION = 200 (V1 - V2)/A$ , expresada en gr/200 cm<sup>2</sup>-min, donde "A" es el área bruta (en cm<sup>2</sup>) de la superficie de asiento de la unidad.*

**Artículo 10.- Construcción del muro**

- 10.1** La mano de obra empleada en las construcciones de albañilería será calificada.
- 10.2** Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.
- 10.3** Las unidades de albañilería se asentarán con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizará presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas.
- 10.4** Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en 5.3.
- 10.5** El tipo de aparejo debe traslapar las unidades entre hiladas consecutivas. El traslape se debe mantener en los encuentros de los muros.
- 10.6** Los muros se construirán a plomo y en línea.
- 10.7** En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

- 10.8** Se mantendrá el temple del mortero mediante el reemplazo del agua que se pueda haber evaporado, por una sola vez. El plazo del retemplado no excederá al de la fragua inicial del cemento.
- 10.9** No se asentará más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente sólidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminará sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizará al iniciarse la segunda jornada.
- 10.10** Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.
- 10.11** Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en 2.6 y 2.7.
- 10.12** No se atentarán contra la integridad del muro recién asentado.

#### **Artículo 11.- Elementos de confinamiento**

- 11.1** La mezcla de concreto deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 127 mm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 12,7 mm (½ pulgada).
- 11.2** El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimiento, no del sobrecimiento.
- 11.3** Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas.
- 11.4** El espesor mínimo de las columnas y soleras de confinamiento será igual al espesor efectivo del muro.
- 11.5** El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.
- 11.6** El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 250 mm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver 12.3).
- 11.7** La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:
- a) En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 50 mm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.
  - b) En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse “chicotes” o “mechas” de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 400 mm al interior de la albañilería y 125 mm al interior de la columna de confinamiento más un doblez vertical a 90° de 100 mm; la cuantía mínima a utilizar debe ser 0,001.



**Artículo 12.- Refuerzos**

- 12.1** No se permitirá el traslape del refuerzo vertical en el primer entrepiso, ni tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.
- 12.2** La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera o cimentación; no se permitirá montar su doblez directamente sobre la última hilada del muro.
- 12.3** El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 20 mm cuando los muros son tarrajeados y 30 mm cuando son caravista.
- 12.4** El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 125 mm con gancho vertical a 90° de 100 mm (ver numeral 2.9).
- 12.5** Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con  $\frac{3}{4}$  de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical.

**CAPÍTULO 5**  
**RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 13.- Especificaciones generales**

**13.1** La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'_m$ ) y a corte ( $v'_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 5.

<b>TABLA 5</b>									
<b>MÉTODOS PARA DETERMINAR <math>f'_m</math> y <math>v'_m</math></b>									
<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA</b>	<b>EDIFICIOS DE 1 A 3 PISOS</b>			<b>EDIFICIOS DE 4 A 5 PISOS</b>			<b>EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS</b>		
	<b>Zona Sísmica</b>			<b>Zona Sísmica</b>			<b>Zona Sísmica</b>		
	<b>3 Y 4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3 Y 4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3 Y 4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$(f'_m)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'_m)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

- A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.  
 B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio.

**13.2** Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f'_m$  y  $v'_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 4,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.
- b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 4,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

**13.3** Los prismas serán elaborados en el laboratorio de ensayos, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

**13.4** Los prismas tendrán un refrentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

**13.5** Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 6.

TABLA 6 INCREMENTO DE $f'_m$ y $v'_m$ POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Ladrillos de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Ladrillos de concreto	1,10	1,00

13.6 La resistencia característica  $f'_m$  en pilas y  $v'_m$  en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

13.7 Resistencia de la pila de albañilería: calcular la resistencia de cada pila de albañilería dividiendo la carga de cada pila de la compresión máxima soportada entre el área bruta de sección transversal de esa pila.

13.8 El valor de  $v'_m$  para diseño no será mayor de:

$$0,319 \sqrt{f'_m} \text{ en unidades de MPa ó } \sqrt{f'_m} \text{ en unidades de kg/cm}^2$$

13.9 En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 7, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

TABLA 7 RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Clase	UNIDAD $f'_b$	PILAS $f'_m$	MURETES $v'_m$
Arcilla	Clase I - Artesanal	4,9 (50)	3,4 (35)	0,50 (5,1)
	Clase II - Artesanal	6,9 (70)	3,9 (40)	0,55 (5,6)
	Clase III - Artesanal	9,3 (95)	4,6 (47)	0,64 (6,5)
	Clase IV - Industrial	12,7 (130)	6,4 (65)	0,79 (8,1)
	Clase V - Industrial	17,6 (180)	8,3 (85)	0,90 (9,2)
Concreto	Industrial portante	17,5 (178)	7,0 (71)	0,44 (4,5)
Sílice-cal	Industrial portante	12,6 (129)	10,1 (103)	0,93 (9,5)

13.10 Los valores  $f'_m$  de la Tabla 7 han sido obtenidos contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 8.

TABLA 8 FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'_m$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

## **CAPÍTULO 6** **ESTRUCTURACIÓN**

### **Artículo 14.- Estructura con diafragma rígido**

- 14.1** Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en las que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.
- 14.2** Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.
- 14.3** Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales.
- 14.4** Los diafragmas pueden ser losas unidireccionales o bidireccionales. Debe tratarse de que todos los muros reciban cargas de gravedad de estos diafragmas, ya que estas cargas incrementan la resistencia al corte de los muros (ver artículo 29).
- 14.5** Los diafragmas formados por elementos prefabricados deben tener conexiones que permitan conformar, de manera permanente, un sistema rígido que cumpla las funciones indicadas en 14.1 y 14.2.
- 14.6** Se asumirá que la cimentación constituye un diafragma rígido en la base de los muros, para lo cual deberá ser diseñada de acuerdo a las propiedades mecánicas del suelo de cimentación.
- 14.7** Es aceptable el uso de diafragmas flexibles en el último nivel de las edificaciones de varios pisos, en cuyo caso los muros trabajarán fundamentalmente a fuerzas laterales perpendiculares al plano, y deberán arriostrarse transversalmente con columnas de amarre, muros ortogonales, vigas soleras continuas y una adecuada conexión con el diafragma flexible.

### **Artículo 15.- Configuración del edificio con diafragma rígido**

El sistema estructural de las edificaciones de albañilería estará compuesto por muros dúctiles dispuestos en las direcciones principales del edificio, integrados por los diafragmas especificados en el artículo 14 y arriostrados según se indica en el artículo 18.

La configuración de los edificios con diafragma rígido debe tender a lograr edificaciones regulares según lo indicado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente:

- 15.1** Plantas simples y regulares. Las plantas con formas de L, T, etc., deberán ser evitadas o, en todo caso, se dividirán en formas simples.
- 15.2** Simetría en la distribución de masas y en la disposición de los muros en planta, de manera que se logre una razonable simetría en la rigidez lateral de cada piso.
- 15.3** Regularidad en altura, evitando cambios bruscos de rigideces, masas y discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los muros hacia la cimentación.

- 15.4** Densidad de muros similares en las dos direcciones principales de la edificación. Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos del numeral 25.b, se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.

#### **Artículo 16.- Estructura con diafragma flexible**

- 16.1** Se considera diafragma flexible a aquellos entrepisos o techos que conectan los muros portantes entre sí pero no compatibiliza sus desplazamientos laterales.
- 16.2** Las edificaciones con diafragmas flexibles deben limitarse a un máximo de tres (3) pisos.
- 16.3** Los muros de estas edificaciones deberán arriostrarse transversalmente con columnas, vigas soleras o muros ortogonales.
- 16.4** La influencia de las conexiones entre los muros y los diafragmas flexibles debe considerarse en el análisis de la edificación.
- 16.5** El análisis estructural de edificaciones con diafragma flexible se hará mediante un modelo lineal elástico tridimensional.

#### **Artículo 17.- Muros portantes**

Los muros portantes deberán tener:

- Una sección transversal preferentemente simétrica
- Continuidad vertical hasta la cimentación.
- Una longitud mayor ó igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
- Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.
- La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.

#### **Artículo 18.- Arriostres**

- 18.1** Los muros portantes y no portantes, de albañilería simple o albañilería confinada, serán arriostrados por elementos verticales u horizontales tales como muros transversales, columnas, soleras y diafragmas horizontales.
- 18.2** Los arriostres se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando a éste como si fuese una losa sujeta a fuerzas perpendiculares a su plano (Capítulo 10).
- 18.3** Un muro se considerará arriostrado cuando se cumplan las siguientes condiciones:
- a) El amarre o anclaje entre el muro y sus arriostres garantice la adecuada transferencia de esfuerzos.
  - b) Los arriostres tengan la suficiente resistencia y estabilidad que permita transmitir las fuerzas actuantes a los elementos estructurales adyacentes o al suelo.

**CAPÍTULO 7**  
**REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL DISEÑO DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 19.- Espesor efectivo**

El espesor efectivo “ $t$ ” mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad (19.i)$$

Donde “ $h$ ” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales.

**Artículo 20.- Esfuerzo axial máximo**

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) definido en 20.i deberá cumplir con las limitaciones indicadas en 20.ii y 20.iii.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} \quad (20.i)$$

$$\sigma_m \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad (20.ii)$$

$$\sigma_m \leq 0,15 f'_m \quad (20.iii)$$

Donde:

“ $P_m$ ” es la carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de sobrecarga  
“ $L$ ” es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados).

De no cumplirse estas limitaciones habrá que mejorar la calidad de la albañilería, aumentar el espesor del muro, o reducir la magnitud de la carga axial.

**Artículo 21.- Aplastamiento y punzonamiento**

No se permitirán cargas concentradas verticales que actúen directamente sobre la albañilería y que generen esfuerzos de aplastamiento, deberán ir siempre sobre una columna que forma parte del muro.

No se permitirán cargas concentradas perpendiculares al plano del muro que generen acciones de punzonamiento.

**Artículo 22.- Condiciones para un muro portante confinado**

Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:

- a) Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.

- b) Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m.
- c) Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en 5.3 - Tabla 2.
- d) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. (Ver NTE E.060 Concreto Armado).
- e) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería.
- f) Las edificaciones de muros portantes confinados están limitadas a 5 pisos o 15 metros de altura.

**CAPÍTULO 8**  
**ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 23.- Definiciones**

Para los propósitos de esta Norma se utilizará las siguientes definiciones:

- **SISMO SEVERO.** Es aquél proporcionado por la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.
- **SISMO MODERADO.** Es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalentes a la mitad de los valores producidos por el “sismo severo”.

**Artículo 24.- Consideraciones generales****24.1 Diseño por desempeño**

El Diseño por Desempeño se refiere a la metodología en la cual el criterio de diseño estructural se expresa en términos de alcanzar determinados objetivos de desempeño de acuerdo al nivel de peligro sísmico. Los niveles de peligro sísmico se representan por medio de los valores de máxima aceleración en la roca según el mapa de peligro sísmico de la norma E.030. El objetivo del desempeño de la estructura se representa por valores máximos de esfuerzos o valores límites de distorsión lateral. El objetivo del Diseño por Desempeño es poder predecir el comportamiento del edificio para varios niveles de peligro sísmico.

La Norma establece que el diseño sísmico de los muros confinados cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico. Para ello se aplica el criterio del diseño por desempeño el cual se basa en dos conceptos, el nivel de peligro sísmico y el nivel de desempeño de la edificación los cuales se muestran en la Tabla 9.

<b>TABLA 9</b>			
<b>NIVEL DE PELIGRO SÍSMICO</b>	<b>FACTOR DE ZONA</b>	<b>DESEMPEÑO ESPERADO</b>	<b>ESTADO LÍMITE</b>
<b>SISMO MODERADO</b>	$Z/2$	Sin daño estructural. Se conserva la rigidez y resistencia. Todos los muros operan en el rango elástico	La fuerza cortante producida en el muro ( $V_e$ ) es menor que $0.55 V_m$ siendo $V_m$ la fuerza cortante última del muro.
<b>SISMO SEVERO</b>	$Z$	Daño estructural importante. La estructura ha perdido una parte de su rigidez original, pero conserva un margen de seguridad contra el colapso. Los muros son reparables.	Máxima distorsión angular del muro en su plano = $1/200$

**24.2** Para los propósitos de esta Norma, se establece los siguientes considerandos:

- a) El “sismo moderado” no debe producir la fisuración de ningún muro portante.
- b) El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “sismo severo” se fija en  $1/200$ , para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.



- c) Los elementos de confinamiento deben ser diseñados por capacidad de tal modo que puedan soportar la carga asociada a su incursión inelástica, y que proporcionen una resistencia a corte mayor o igual que la carga que recibe el muro cuando es producida por el “sismo severo”.

#### Artículo 25.- Estructuración en planta

- a) **Muros a reforzar.** En las Zonas Sísmicas 2, 3 y 4 (ver la NTE E.030 Diseño Sismorresistente) se reforzará como mínimo los muros perimetrales de cierre y cada muro portante interior que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica. En la Zona Sísmica 1 se reforzará como mínimo los muros perimetrales de cierre.
- b) **Densidad mínima de muros reforzados.** La densidad mínima de muros portantes (ver artículo 17) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{k} \quad (25.b.i)$$

*Donde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.*

*“N” es el número de pisos del edificio;*

*“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,*

*“t” es el espesor efectivo del muro*

*“k” es 40 para ladrillos artesanales y 60 para ladrillos industriales*

De no cumplirse la expresión (25.b.i), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación  $E_c/E_m$ , donde  $E_c$  y  $E_m$  son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

#### Artículo 26.- Análisis estructural

- 26.1** El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.
- 26.2** La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.
- 26.3** El análisis considerará las características del diafragma que forman las losas de techo; se deberá considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y las discontinuidades en la losa.
- 26.4** El análisis considerará la participación de aquellos muros que no hayan sido aislados de la estructura principal. Cuando los muros se construyan integralmente con el alféizar, el efecto de éste deberá considerarse en el análisis.

**26.5** La distribución de la fuerza cortante en planta se hará teniendo en cuenta la rigidez de cada muro y las torsiones existentes y reglamentarias.

**26.6** En un análisis manual simplificado, para el cálculo de la rigidez de los muros, se agregará a su sección transversal una longitud de la sección transversal de aquellos muros que concurren ortogonalmente al muro en análisis igual a 6 veces el espesor del muro transversal. La rigidez lateral de un muro confinado deberá evaluarse transformando el concreto de sus columnas de confinamiento en área equivalente de albañilería, multiplicando su espesor real por la relación de módulos de elasticidad  $E_c/E_m$ ; el centroide de dicha área equivalente coincidirá con el de la columna de confinamiento.

En un análisis numérico automatizado, el modelo deberá considerar el comportamiento tipo caja de todos los muros portantes, incluyendo los elementos de concreto que formen parte de la estructura.

**26.7** El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) para la albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla:  $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcareas:  $E_m = 600 f'_m$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4 E_m$

Opcionalmente, los valores de " $E_m$ " y " $G_m$ " podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el artículo 13.

**26.8** El módulo de elasticidad ( $E_c$ ) y el módulo de corte ( $G_c$ ) para el concreto serán los indicados en la NTE E.060 Concreto Armado.

**26.9** El módulo de elasticidad para el acero ( $E_s$ ) se considerará igual a 196 000 MPa (2 000 000 kg/cm<sup>2</sup>).

**CAPÍTULO 9**  
**DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 27.- Requisitos generales**

- Las previsiones contenidas en este capítulo aplican para edificaciones hasta de cinco pisos o 15 m de altura.
- Para este tipo de edificaciones se ha supuesto que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio independientemente de la relación de aspecto (altura de entrepiso/ longitud del muro).
- En concordancia con el criterio de diseño por desempeño, el diseño de los muros debe orientarse a evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderados y a evitar el colapso, manteniendo la integridad del muro de albañilería en sismos severos.

**Artículo 28.- Diseño para sismo moderado**

- 28.1** Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte:

$$V_e \leq 0,55V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible} \quad (28.1.i)$$

donde: “ $V_e$ ” es la fuerza cortante producida por el “sismo moderado” en el muro en análisis y “ $V_m$ ” es la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería (ver 28.2).

- 28.2** La resistencia al corte ( $V_m$ ) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

**Unidades de Arcilla y Concreto:**  $V_m = 0.50 v'_m \alpha t L + 0.23 P_g$  (28.2.i)

**Unidades Sílico-calcárea:**  $V_m = 0.35 v'_m \alpha t L + 0.23 P_g$  (28.2.ii)

$\alpha$  es el factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$1/3 \leq \alpha = L / (0.8H) \leq 1 \quad (28.2.iii)$$

donde:

- $V'_m$  = resistencia característica a corte de la albañilería (ver 13.8 y 13.9).
- $P_g$  = carga permanente y total de la edificación más un porcentaje de la carga viva de acuerdo a la NTE E.030 Diseño Sismorresistente
- $t$  = espesor efectivo del muro (ver 3.13)
- $L$  = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)
- $H$  = altura de entrepiso del muro

**Artículo 29.- Diseño para sismo severo**

El diseño del muro confinado frente al Sismo Severo contempla el diseño de los elementos de confinamiento, vigas y columnas de amarre, de tal forma que sean capaces de soportar la fuerza cortante y de momento flector en el plano del muro al momento de que este alcance su máxima capacidad resistente.

**29.1** Las fuerzas internas para el diseño de los elementos de confinamiento (vigas y columnas) frente al Sismo Severo en cada entrepiso "i" se definen como:  $V_{ui}$  y  $M_{ui}$ ; y se obtienen amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el Sismo Moderado ( $V_{ei}$ ,  $M_{ei}$ ) por el factor de amplificación  $f_u$ , el cual es la relación cortante de agrietamiento diagonal ( $V_{m1}$ ) entre cortante producido por el "sismo moderado" ( $V_{e1}$ ), ambos en el primer piso; debiendo cumplirse con la condición que el factor de amplificación  $f_u$  no deberá ser menor que dos ni mayor que tres:

$$f_u = V_{m1}/V_{e1} \quad \text{donde: } 2 \leq f_u \leq 3$$

$$\text{Luego, } V_{ui} = f_u V_{ei} \quad M_{ui} = f_u M_{ei} \quad (29.1.i)$$

**29.2** Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso "i" y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei} \quad (29.2.i)$$

Donde:

$\sum V_{mi}$ : Incluye sólo el aporte de los muros confinados y

$V_{Ei}$ : La fuerza cortante actuante en el entrepiso "i" del edificio, producida por el "sismo severo".

**29.3** Cumplida la expresión  $\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$  por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.

**29.4** En edificios de hasta 4 pisos y cuando  $\sum V_{mi}$  en cada entrepiso sea mayor o igual a  $3 V_{Ei}$ , se considerará que el edificio se comporta elásticamente. Bajo esta condición, los elementos de confinamiento se diseñan con un refuerzo mínimo según la Tabla 10.

<b>TABLA 10</b>				
<b>REFUERZO LONGITUDINAL MÍNIMO DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO</b>				
<b># de Pisos del Edificio</b>	<b>Refuerzo longitudinal de columnas de confinamiento</b>			
	<b>1er piso</b>	<b>2do piso</b>	<b>3er piso</b>	<b>4to piso</b>
1	4 $\phi$ 8 mm	-----	-----	-----
2	4 $\phi$ 12 mm	4 $\phi$ 8 mm	-----	-----
3	4 $\phi$ 12 mm	4 $\phi$ 12 mm	4 $\phi$ 8mm	-----
4	4 $\phi$ 12 mm	4 $\phi$ 12 mm	4 $\phi$ 8mm	4 $\phi$ 8mm
1 a 4	Refuerzo longitudinal de vigas de confinamiento 4 $\phi$ 8mm			

Tanto para vigas como para columnas, el refuerzo transversal mínimo será de estribos cerrados como sigue:

$$\square \varphi 6 \text{ mm}, 4 @ 10 \text{ mm y resto } @ 250 \text{ mm}$$

### Artículo 30.- Diseño de los elementos de confinamiento

El diseño de los elementos de confinamiento (vigas y columnas) ante fuerza sísmica en el plano, se realizará asumiendo que los muros son de sección rectangular ( $L.t$ ). Las columnas pertenecientes a dos muros ortogonales entre sí se diseñarán con los mayores valores de fuerza proveniente del análisis independiente de ambos muros.

#### 30.1 Diseño de las columnas de confinamiento del primer piso

Las fuerzas internas en las columnas se obtendrán aplicando las expresiones de la Tabla 11.

TABLA 11 FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO			
COLUMNA	$V_c$ (fuerza cortante)	$T$ (tracción)	$C$ (compresión)
Interior	$\frac{V_{u1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{u1} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{u1} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{u1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Donde:

$$M = M_{u1} - 1/2 V_{u1} \cdot h \text{ ("h" es la altura del primer entrepiso).}$$

$$F = M/L = \text{fuerza axial en las columnas extremas producidas por "M".}$$

$$N_c = \text{número de columnas de confinamiento (en muros de un paño } N_c = 2)$$

$$L_m = \text{longitud del paño mayor ó } 0,5 L, \text{ lo que sea mayor (en muros de un paño } L_m = L)$$

$$P_c = \text{es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en 26.6.}$$

#### Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento

El área de la sección de las columnas será la mayor de las que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor que 250 veces el espesor de la columna ( $250 t$ ) en  $\text{mm}^2$ .

### Diseño por compresión

El área de la sección de concreto se calculará asumiendo que la columna está arriostrada en su longitud por el panel de albañilería al que confina y por los muros transversales de ser el caso. El área del núcleo ( $A_n$ ) bordeado por los estribos se obtendrá mediante la expresión:

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0,85\delta f'_c} \quad (30.1.i)$$

donde:

$\phi = 0,7$  o  $0,75$ , según se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente

$\delta = 0,8$ , para columnas sin muros transversales

$\delta = 1$ , para columnas confinadas por muros transversales

Para calcular la sección transversal de la columna ( $A_c$ ), deberá agregarse los recubrimientos (ver 12.3) al área del núcleo " $A_n$ "; el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción " $A_{cf}$ ". Adicionalmente, en los casos que la viga solera se discontinúe, el peralte de la columna deberá ser suficiente como para anclar al refuerzo longitudinal existente en la solera.

### Diseño por corte-fricción ( $V_c$ )

La sección transversal ( $A_{cf}$ ) de las columnas de confinamiento se diseñará para soportar la acción de corte fricción, con la expresión siguiente:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0,2f'_c\phi} \geq A_c \geq 150t(mm^2) \quad (30.1.ii)$$

donde:  $\phi = 0,85$

### Determinación del refuerzo vertical

El refuerzo vertical a colocar en las columnas de confinamiento será capaz de soportar la acción combinada de corte-fricción y tracción; adicionalmente, desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto y como mínimo se colocarán 4 varillas para formar un núcleo confinado. El refuerzo vertical ( $A_s$ ) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción ( $A_{sf}$ ) y el refuerzo requerido por tracción ( $A_{st}$ ):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \cdot \mu \cdot \phi} \quad A_{st} = \frac{T}{f_y \cdot \phi} \quad (30.1.iii)$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0,1f'_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4\phi 8mm) \quad (30.1.iv)$$

donde: El factor de reducción de resistencia es  $\phi = 0,85$

El coeficiente de fricción es:  $\mu = 0,8$  para juntas sin tratamiento y  $\mu = 1,0$  para juntas en la que se haya eliminado la lechada de cemento y sea *intencionalmente rugosa*.

### Determinación de los estribos de confinamiento

- Los estribos de las columnas de confinamiento podrán ser ya sea estribos cerrados con gancho a  $135^\circ$ , estribos de  $1\frac{3}{4}$  de vuelta o zunchos con ganchos a  $180^\circ$ . En los extremos de las columnas, en una altura no menor de 450 mm o  $1,5 d$  (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento), deberá colocarse el menor de los siguientes espaciamientos (s) entre estribos:

$$s_1 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,3 t_n \cdot f_c (A_c / A_n - 1)} \quad s_2 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,12 t_n \cdot f_c} \quad (30.1.v)$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 50 \text{ mm} \quad s_4 = 100 \text{ mm}$$

Donde “d” es el peralte de la columna, “t<sub>n</sub>” es el espesor del núcleo confinado y “A<sub>v</sub>” es la suma de las ramas paralelas del estribo.

- El confinamiento mínimo con estribos será  $\square \phi 6 \text{ mm}$ , 1 @ 50, 4 @ 100, r @ 250 mm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 100 mm en el sobrecimiento.

### 30.2 Diseño de las vigas de confinamiento correspondientes al primer nivel

- La solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual a  $T_s$ :

$$T_s = V_{m1} \frac{L_m}{2L}; \quad (30.2.i)$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f_c A_{cs}}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}) \quad (30.2.ii)$$

donde:  $\phi = 0,9$

$A_{cs}$  = área de la sección transversal de la solera

- El área de la sección transversal de la solera ( $A_{cs}$ ) será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal ( $A_s$ ), pudiéndose emplear vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos:  $\square \phi 6 \text{ mm}$ , 1 @ 50, 4 @ 100, r @ 250 mm.

**30.3** Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores

En cada entrepiso superior al primero ( $i > 1$ ), deberá verificarse para cada muro confinado que:  $V_{mi} > V_{ui}$

De no cumplirse esta condición, el entrepiso “ $i$ ” también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar “ $V_{mi}$ ”, en forma similar al primer entrepiso.

**30.4** Diseño de los elementos de confinamiento en pisos superiores no agrietados

- a) Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener un refuerzo vertical ( $A_s$ ) capaz de absorber la tracción “ $T$ ” producida por el momento flector ( $M_{ui} = f_u M_{ei}$ ) actuante en el piso en estudio.

$$F = \frac{M_{ui}}{L} \quad (30.4.a.i)$$

$$T = F - P_c > 0 \quad (30.4.a.ii)$$

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f'_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8mm), \quad (30.4.a.iii)$$

donde  $\phi = 0,9$ .

- b) El área del núcleo ( $A_n$ ) correspondiente a las columnas extremas de confinamiento, deberá diseñarse para soportar la compresión “ $C$ ”. Para obtener el área de concreto ( $A_c$ ), deberá agregarse los recubrimientos al área del núcleo “ $A_n$ ”:

$$C = P_c + F \quad (30.4.b.i)$$

$$A_n = A_s + \frac{C / \phi - A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot \delta \cdot f'_c} \quad (30.4.b.ii)$$

donde:

$\phi = 0,7$  o  $0,75$ , según se emplee estribos cerrados o zunchos, respectivamente.

$\delta = 0,8$  Para columnas sin muros transversales

$\delta = 1$  Para columnas confinadas por muros transversales

- c) Las columnas internas podrán tener refuerzo mínimo.



- d) Las soleras se diseñarán a tracción con una fuerza igual a “ $T_s$ ”:

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L} \quad (30.4.d.i)$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f_c' A_{cs}}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}) \quad (30.4.d.ii)$$

donde  $\phi = 0,9$

- e) Tanto en las soleras como en las columnas de confinamiento, podrá colocarse estribos mínimos: []  $\phi$  6mm, 1 @ 50, 4 @ 100, r @ 250 mm.

### Artículo 31.- Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ( $V_u \geq V_m$ ), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga,  $\sigma_m = P_m / (L.t)$ , mayor o igual que  $0,05 f_m'$ , deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

La cuantía del acero de refuerzo horizontal será:  $\rho = A_s / (s.t) \geq 0,001$ . Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 125 mm y terminarán con gancho a 90° vertical de 100 mm de longitud.

### Artículo 32.- Criterios para el diseño de cimentación

Los cimientos corridos y zapatas de las edificaciones de albañilería serán diseñadas de acuerdo a lo normado en los capítulos Zapatas y Concreto Estructural Simple de la NTE E.060 Concreto Armado.

**CAPÍTULO 10**  
**INTERACCIÓN MURO DE ALBAÑILERÍA – ESTRUCTURA APORTICADA**

**Artículo 33.- Alcance**

- 33.1** Este Capítulo aplica a los muros de albañilería empleados para reforzar pórticos de concreto armado o acero. Puede aplicarse también para los muros de cierre y particiones de edificios aporticados, que no teniendo el propósito específico de reforzar al edificio, están adosados a sus pórticos, cuando el proyectista quiera proteger al edificio de efectos que se describen en 33.2.
- 33.2** Cuando un muro no ha sido aislado del pórtico que lo enmarca, ante las acciones sísmicas se producirá la interacción de ambos sistemas. Este efecto incrementa sustancialmente la rigidez lateral del pórtico y puede generar los siguientes problemas:
1. torsión en el edificio.
  2. concentración de esfuerzos en las esquinas del pórtico
  3. fractura del muro.
  4. "piso blando", que se presenta cuando un determinado piso está libre de muros, mientras que los pisos superiores se encuentran rigidizados por los muros.
  5. "columnas cortas", donde el parapeto ó alféizar alto (ventanas de poca altura) restringe el desplazamiento lateral de las columnas.
  6. Incremento de las fuerzas sísmicas en el edificio.

**Artículo 34.- Disposiciones**

- 34.1** La distorsión angular máxima de cada entrepiso, considerando la contribución de los muros en la rigidez, deberá ser menor que  $1 / 200$ . Para atenuar los problemas de interacción muro-pórtico, se sugiere adicionar al edificio placas de concreto armado que permiten limitar los desplazamientos del entrepiso.
- 34.2** En esta Norma se propone adoptar como modelo estructural un sistema compuesto por las barras continuas del pórtico de concreto armado, agregando en aquellos paños donde existan muros, un puntal diagonal de albañilería (ver el módulo de elasticidad " $E_m$ " en 26.7) que trabaje a compresión, en reemplazo del muro. Opcionalmente, podrá adoptarse otros modelos que reflejen la interacción muro-pórtico. La sección transversal del puntal será  $b.t$ .
- donde:*  
 $t$  = espesor efectivo del muro  
 $b$  = ancho equivalente del puntal de albañilería =  $\frac{1}{4} D$   
 $D$  = longitud del puntal (o longitud diagonal del muro)
- 34.3** La falla de un muro puede modificar sustancialmente el análisis estructural elástico al desaparecer el efecto de puntal en los muros que se agrietan o desploman; por lo tanto, será necesario que los muros se comporten elásticamente, incluso ante los sismos severos, y emplear elementos de anclaje que lo conecten a la estructura principal para evitar su volcamiento ante las acciones ortogonales a su plano.

- 34.4** Tipos de Falla y Resistencias Asociadas en los Muros. Los tipos de falla por carga sísmica contenida en el plano del muro, así como las resistencias ( $R$ ) respectivas, en condición de rotura del puntal, se presentan a continuación:

**Nomenclatura**

$R$  = resistencia última del puntal de albañilería

$L, h, t$  = longitud, altura y espesor del muro, respectivamente

$$D = \sqrt{L^2 + h^2}$$

$f'_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería. Ver la Tabla 7.

$f_s$  = resistencia última a cizalle de la albañilería = 4 kg/cm<sup>2</sup> (0.39 MPa)

- 1.- Aplastamiento ( $R_c$ ).** Esta falla se presenta en las esquinas del muro, triturándose los ladrillos. La resistencia última del puntal se calculará como:

$$R_c = 0,12 f'_m D t \quad (34.4.1.i)$$

- 2.- Tracción Diagonal ( $R_t$ ).** Esta falla se manifiesta a través de una grieta diagonal en el muro. La resistencia última del puntal se calculará mediante la siguiente expresión:

$$R_t = 0,85 \sqrt{f'_m} D t \quad (34.4.2.i)$$

Donde  $f'_m$  en unidades de kg/cm<sup>2</sup>,  $D$  y  $t$  en cm, se obtiene  $R_t$  en kgf.

$$R_t = 0,2662 \sqrt{f'_m} D t \quad (34.4.2.ii)$$

Donde  $f'_m$  en unidades de MPa,  $D$  y  $t$  en mm, se obtiene  $R_t$  en N.

- 3.- Cizalle ( $R_s$ ).** Este tipo de falla se produce a la mitad de la altura del muro (junta de construcción) y se caracteriza por ser una grieta horizontal. La resistencia a la rotura del puntal se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{f_s t D}{1 - 0,4 h/L} \quad (34.4.3.i)$$

- 34.5** La fuerza de compresión actuante en el puntal, proveniente del análisis sísmico elástico ante el sismo severo, especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, deberá ser menor que la resistencia a la rotura del muro (contemplando los tres tipos de falla indicados en 34.4).

**CAPÍTULO 11**  
**DISEÑO SIMPLIFICADO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA**

**Artículo 35.- Justificación**

Teniendo en consideración que un gran porcentaje de las construcciones modernas de albañilería de ladrillo confinada corresponden a construcciones de baja altura.

Que es necesario contar con un procedimiento reglamentario de análisis simplificado para estas viviendas, se propone el siguiente procedimiento para construcciones de albañilería confinada.

**Artículo 36.- Criterio general para el análisis simplificado**

El criterio general del análisis simplificado se basa en la premisa de conseguir un sistema estructural que permita el flujo adecuado de las cargas verticales y sísmicas desde su punto de aplicación hasta la cimentación de forma continua y eficiente. Se debe contar también con una cimentación capaz de transmitir dichas cargas de manera correcta al terreno de cimentación.

**Artículo 37.- Requisitos**

Para utilizar el método del análisis simplificado, la edificación debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Altura máxima de la edificación 7.50 m o tres pisos.
- b) La relación entre la longitud de la planta ( $L_p$ ) y su ancho ( $A_p$ ) debe ser menor o igual a 2. ( $L_p/A_p \leq 2$ ).
- c) La relación entre la altura de la edificación ( $H_e$ ) y la menor dimensión en planta ( $A_p$ ) debe ser menor o igual a 1.5. ( $H_e/A_p \leq 1.5$ ).
- d) Al menos el 75% del total de cargas verticales muertas y vivas debe ser soportado por muros confinados alineados verticalmente en toda la altura de la edificación.
- e) Los entresijos y techo deben comportarse como diafragmas rígidos para la distribución de las fuerzas horizontales de sismo.
- f) La distribución de muros en planta debe ser razonablemente simétrica en las dos direcciones principales. La excentricidad, considerada como la distancia entre el centro de masas de cada nivel y el centro de rigidez calculado según el artículo 40 no será mayor del 10% de la dimensión en planta de la edificación, en cada una de las direcciones principales de análisis sísmico.

**Artículo 38.- Rigidez torsional mínima**

En todos los pisos se tendrá como mínimo dos muros portantes perimetrales paralelos cada uno con una longitud no menor a la mitad de la mayor dimensión en planta de la edificación. Esta condición se cumple si hay varios muros en el perímetro cuya suma de longitudes sea mayor que la mitad de la mayor dimensión en planta de la edificación.

Los muros perimetrales deben estar conectados a través de un diafragma rígido.

**Artículo 39.- Características del procedimiento simplificado**

- a) No es necesario el cálculo de los desplazamientos laterales.
- b) No es necesaria una corrección por torsión.
- c) El cálculo de las fuerzas sísmicas y la verificación de la resistencia se realiza en forma manual.
- d) Para verificar la resistencia sísmica, la sumatoria de las resistencias de los muros debe ser igual o mayor al cortante sísmico calculado según artículo 41.

**Artículo 40.- Cálculo del centro de rigidez**

El centro de rigidez se determina de acuerdo a la ubicación del centroide de las áreas de corte efectivas de los muros en cada dirección principal de análisis.

El área efectiva de cada muro ( $A_e$ ) se determina multiplicando el área bruta del muro ( $A_g$ ) por un factor de corrección por esbeltez ( $F_e$ ) el cual está dado por

$$A_e = A_g \times F_e$$

Donde:

$$F_e = 1.0 \quad \text{si } h/L \leq 1.33$$

$$F_e = (1.33 L/h)^2 \quad \text{si } h/L > 1.33$$

Para el cálculo del área bruta del muro ( $A_g$ ) se multiplica la longitud total del muro incluyendo las columnas de confinamiento por su espesor efectivo.

**Artículo 41.- Cálculo de la fuerza sísmica**

La fuerza sísmica se determina según el numeral 4.5.2 de la Norma E.030 considerando un comportamiento elástico aun en caso de sismos severos, lo que equivale a usar un factor de reducción  $R = 1$ .

**Artículo 42.- Cálculo de la resistencia al corte de un muro**

La resistencia al corte de un muro  $V_m$  se determina multiplicando el área efectiva del muro ( $A_e$ ) por la resistencia unitaria al corte ( $v'_m$ ) según el Capítulo 5 de la presente Norma.

$$V_m = A_e \times v'_m$$

**Artículo 43.- Verificación de la resistencia sísmica de la edificación**

La sumatoria de la resistencia al corte de los muros debe ser mayor al cortante sísmico  $V_{Ei}$  en cada entrepiso  $i$ .

$$\sum V_{mi} > V_{Ei}$$

**Artículo 44.- Elementos de confinamiento****44.1 Dimensiones mínimas de columnas**

Donde  $t$  es el espesor efectivo del muro

$$t \times 300 \text{ mm, si } t \leq 150 \text{ mm}$$

$$t \times 250 \text{ mm, si } t \geq 220 \text{ mm}$$

**44.2** Dimensiones mínimas de vigas soleras

Espesor de losa x 250 mm

<b>TABLA 13</b>			
<b>REFUERZOS MÍNIMOS DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO</b>			
	<b>Columna Extrema</b>	<b>Columna Interior</b>	<b>Viga solera</b>
1er piso	4 varillas de $\phi$ 1/2"	4 varillas de $\phi$ 3/8"	4 varillas de $\phi$ 1/2"
2do piso	4 varillas de $\phi$ 1/2"	4 varillas de $\phi$ 3/8"	4 varillas de $\phi$ 3/8"
3er piso	4 varillas de $\phi$ 3/8"	4 varillas de $\phi$ 3/8"	4 varillas de $\phi$ 3/8"

El confinamiento mínimo con estribos será  $\square$   $\phi$  6mm, 1 @ 50, 4 @ 100, r @ 250 mm.

**44.3** La distancia centro a centro entre las columnas de confinamiento debe ser menor a dos veces la distancia entre los arriostres horizontales, o menor que 5 m. De no cumplirse esta condición, la albañilería deberá ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano.

**44.4** La densidad mínima de muros a confinar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Confinados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{18} \quad (44.4.i)$$

Donde: "Z", "U" y "S" corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

"N" es el número de pisos del edificio;

"L" es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen); y,

"t" es el espesor efectivo del muro

De no cumplirse la expresión (44.4.i), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación  $E_c / E_m$ , donde  $E_c$  y  $E_m$  son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

**PARTE B**  
**ALBAÑILERÍA ARMADA**

**CAPÍTULO 12**  
**COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA ARMADA**

**Artículo 45.- Unidad de albañilería**

- Se denomina bloque a aquella unidad alveolar que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- Los bloques a los que se refiere esta Norma utilizan en su elaboración arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- 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.

**45.1 Clasificación para fines estructurales**

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 14.

<b>TABLA 14</b>					
<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN</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>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

**45.2 Limitaciones en su aplicación**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 15. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

<b>TABLA 15</b>			
<b>LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>			
<b>TIPO</b>	<b>ZONA SÍSMICA 2, 3 Y 4</b>		<b>ZONA SÍSMICA 1</b>
	Cualquier muro portante		Cualquier muro portante
Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout en los dos primeros pisos. En los pisos restantes de acuerdo a lo indicado en los planos.		Celdas parcialmente rellenas con grout de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.

\*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.

**Artículo 46.- Mortero**

**46.1 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.

**46.2 Componentes**

a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 16. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias equivalentes con los ensayos con la arena de la Tabla 16.

<b>TABLA 16</b>	
<b>GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA</b>	
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 bebible y libre de sustancias deletéreas, sales, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**Artículo 47.- Concreto líquido o grout**

**47.1 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, se tendrá en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.



**47.2 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.

**47.3 Componentes**

a) Los materiales aglomerantes serán:

- Cemento Portland I y II, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002
- Se aceptará cualquier otro cemento siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias equivalentes con los obtenidos usando cemento portland I o cemento adicionado IP.

b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 17. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias equivalentes con los ensayos del confitillo de la Tabla 17.

<b>TABLA 17 GRANULOMETRÍA DEL CONFITILLO</b>	
<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
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

c) El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 16.

d) El agua será bebible y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**47.4 Preparación y fluidez.** Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 18) serán batidos mecánicamente con agua 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.

<b>TABLA 18 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DEL CONCRETO LIQUIDO o GROUT</b>				
<b>CONCRETO LÍQUIDO</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>CAL</b>	<b>ARENA</b>	<b>CONFITILLO</b>
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

**47.5 Resistencia.** El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión  $f'_c = 13,72$  MPa ( $140 \text{ kg/cm}^2$ ). La resistencia a compresión  $f'_c$  será obtenida promediando los resultados de 5 probetas, ensayadas a una velocidad de carga de 5 toneladas/minutos, menos 1,3 veces la desviación estándar. Las probetas tendrán una esbeltez igual o mayor a 2 y serán fabricadas en la obra empleando como moldes a las unidades de albañilería a utilizar en la construcción, recubiertas con papel filtro. Estas probetas no serán curadas y serán mantenidas en sus moldes hasta cumplir 28 días de edad.

**Artículo 48.- Acero de refuerzo**

**48.1** La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).

**48.2** 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).

**CAPÍTULO 13**  
**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ALBAÑILERÍA ARMADA.**

**Artículo 49.- Tratamiento de la unidad**

El tratamiento de las unidades de albañilería previo al asentado será el siguiente:

- a) Para unidades de concreto y unidades sílico-calcáreas: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.
- b) Para unidades de arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min (\*).

*(\*) Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm<sup>3</sup>) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm<sup>3</sup>) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm<sup>2</sup>, se obtiene como:  $SUCCIÓN = 200 (V1 - V2)/A$ , expresada en gr/200 cm<sup>2</sup>-min, donde "A" es el área bruta (en cm<sup>2</sup>) de la superficie de asiento de la unidad.*

**Artículo 50.- Construcción de muro**

- 50.1** El profesional responsable de la obra deberá verificar la competencia de la mano de obra empleada en las construcciones de albañilería.
- 50.2** Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.
- 50.3** Las unidades de albañilería se asentarán con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizará presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas.
- 50.4** Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en artículo 52.
- 50.5** El tipo de aparejo a utilizar será de sogá o cabeza, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas.
- 50.6** Los muros se construirán a plomo y en línea.
- 50.7** En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales fuera de los alveolos y las juntas verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

- 50.8** Se mantendrá el temple del mortero mediante el reemplazo del agua que se pueda haber evaporado, por una sola vez. El plazo del reemplazo no excederá al de la fragua inicial del cemento.
- 50.9** No se asentará más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo.
- 50.10** Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.
- 50.11** Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en 2.7 y 2.8.
- 50.12** No se atentarán contra la integridad del muro recién asentado.
- 50.13** El procedimiento de colocación y consolidación del concreto líquido dentro de las celdas de las unidades, deberá garantizar la ocupación total del espacio y la ausencia de cangrejeras. No se permitirá el vibrado de las varillas de refuerzo.
- 50.14** Todos los alvéolos de las unidades que se utilicen en los muros portantes de carga sísmica, de los dos primeros pisos de edificios de 3 ó más pisos, deberán estar totalmente rellenos de concreto líquido. Para los muros de los pisos superiores podrá emplearse muros parcialmente rellenos, si cumplen con la limitación dada en 64.8.

#### **Artículo 51.- Refuerzos**

- 51.1** Los empalmes del refuerzo vertical podrán ser por traslape, por soldadura o por medios mecánicos.
- Los empalmes por traslape serán de 60 veces el diámetro de la barra.
  - Los empalmes por soldadura sólo se permitirán en barras de acero ASTM A706 (soldables), en este caso la soldadura seguirá las especificaciones dadas por AWS.
  - Los empalmes por medios mecánicos se harán con dispositivos que hayan demostrado mediante ensayos que la resistencia a tracción del empalme es por lo menos 125% de la resistencia de la barra.
  - En muros cuyo diseño contemple la formación de rótulas plásticas, las barras verticales deben ser preferentemente continuas en el primer piso empalmándose recién en el segundo piso (\*). Cuando no sea posible evitar el empalme, éste podrá hacerse por soldadura, por medios mecánicos o por traslape; en el último caso, la longitud de empalme será de 60 veces el diámetro de la barra y 90 veces el diámetro de la barra en forma alternada.
- (\*) Una técnica que permite facilitar la construcción empleando refuerzo vertical continuo en el primer piso, consiste en utilizar unidades de albañilería recortadas en forma de H, con lo cual además, las juntas verticales quedan completamente llenas con grout.*
- 51.2** El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 100 mm en la celda extrema.
- 51.3** Las varillas verticales deberán penetrar, sin doblarlas, en el interior de los alvéolos de las unidades correspondientes.
- 51.4** Para asegurar buena adhesión entre el concreto líquido y el concreto de asiento de la primera hilada, las celdas deben quedar totalmente libres de polvo o restos de mortero proveniente del proceso de asentado; para el efecto los bloques de la primera

hilada tendrán ventanas de limpieza. Para el caso de muros totalmente llenos, las ventanas se abrirán en todas las celdas de la primera hilada; en el caso de muros parcialmente rellenos, las ventanas se abrirán solo en las celdas que alojen refuerzo vertical. En el interior de estas ventanas se colocará algún elemento no absorbente que permita la limpieza final.

- 51.5** Para el caso de la albañilería parcialmente rellena, los bloques vacíos correspondientes a la última hilada serán taponados a media altura antes de asentarlos, de tal manera que por la parte vacía del alvéolo penetre el concreto de la viga solera o de la losa del techo formando llaves de corte que permitan transferir las fuerzas sísmicas desde la losa hacia los muros. En estos muros, el refuerzo horizontal no atravesará los alvéolos vacíos, sino que se colocará en el mortero correspondiente a las juntas horizontales.
- 51.6** Para el caso de unidades apilables no son necesarias las ventanas de limpieza; la limpieza de la superficie de asiento se realizará antes de asentar la primera hilada.
- 51.7** Antes de encofrar las ventanas de limpieza, los alvéolos se limpiarán preferentemente con aire comprimido y las celdas serán humedecidas interiormente regándolas con agua, evitando que esta quede empozada en la base del muro.
- 51.8** El concreto líquido o grout se vaciará en dos etapas. En la primera etapa se vaciará hasta alcanzar una altura igual a la mitad del entrepiso, compactándolo en diversas capas, transcurrido 5 minutos desde la compactación de la última capa, la mezcla será recompactada. Transcurrida media hora, se vaciará la segunda mitad del entrepiso, compactándolo hasta que su borde superior esté por debajo de la mitad de la altura correspondiente a la última hilada, de manera que el concreto de la losa del techo, o de la viga solera, forme llaves de corte con el muro. Esta segunda mitad también se deberá recompactar. Debe evitarse el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el grout de relleno.
- 51.9** Los alvéolos de la unidad de albañilería tendrán un diámetro o dimensión mínima igual a 50 mm por cada barra vertical que contengan, o 4 veces el mayor diámetro de la barra por el número de barras alojadas en el alvéolo, lo que sea mayor.
- 51.10** El espesor del grout que rodea las armaduras será 1½ veces el diámetro de la barra y no deberá ser menor de 10 mm a fin de proporcionarle un recubrimiento adecuado a la barra.
- 51.11** En el caso que se utilice planchas perforadas de acero estructural en los talones libres del muro, primero se colocarán las planchas sobre una capa delgada de mortero presionándolas de manera que el mortero penetre por los orificios de la plancha; posteriormente, se aplicará la siguiente capa de mortero sobre la cual se asentará la unidad inmediata superior. Para el caso de albañilería con unidades apilables las planchas se colocarán adheridas con epóxico a la superficie inferior de la unidad.
- 51.12** En el caso que se utilice como refuerzo horizontal una malla electrosoldada con forma de escalerilla, el espaciamiento de los escalones deberá estar modulado de manera que coincidan con la junta vertical o con la pared transversal intermedia del bloque, de manera que siempre queden protegidas por mortero.

- 51.13** El espaciamiento del refuerzo horizontal en el primer piso de muros hasta de 3 pisos o 12 m de altura en las zonas sísmicas 4 y 3 no excederá de 450 mm y para muros de más de 3 pisos o 12 m no excederá de 200 mm; en la zona sísmica 2 no excederá de 600 mm y en la zona sísmica 1 no excederá de 800 mm.
- 51.14** El refuerzo horizontal en los muros no será traslapado dentro de los 600 mm o  $0,2L$  del extremo del muro. La longitud de traslape será la requerida por tracción y los extremos de las barras en el traslape deberán amarrarse entre sí.

**CAPÍTULO 14**  
**RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERÍA ARMADA.**

**Artículo 52.- Criterios generales**

**52.1** La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'_m$ ) y a corte ( $v'_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 19.

<b>TABLA 19</b>									
<b>MÉTODOS PARA DETERMINAR <math>f'_m</math> y <math>v'_m</math></b>									
<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA</b>	<b>EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS</b>			<b>EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS</b>			<b>EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS</b>		
	<b>Zona Sísmica</b>			<b>Zona Sísmica</b>			<b>Zona Sísmica</b>		
	<b>4</b>	<b>3 y 2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3 y 2</b>	<b>1</b>	<b>4 y 3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
$(f'_m)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'_m)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

- A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.  
 B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio.

**52.2** Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f'_m$  y  $v'_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 4 y 3,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.
- b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 4 y 3,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

**52.3** Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

**52.4** Los prismas tendrán un refrentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

**52.5** Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 20.

TABLA 20 INCREMENTO DE $f'_m$ y $v'_m$ POR EDAD		
Edad	14 días	21 días
Muretes	1,25	1,05
Pilas	1,10	1,00

- 52.6** La resistencia característica  $f'_m$  en pilas y  $v'_m$  en muretes (ver numeral 56.2) se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.
- 52.7** Resistencia de la pila de albañilería: calcular la resistencia de cada pila de albañilería dividiendo la carga de cada pila de la compresión máxima soportada entre el área bruta de sección transversal de esa pila.
- 52.8** El valor de  $v'_m$  para diseño no será mayor de  $0,319 \sqrt{f'_m}$  MPa ( $\sqrt{f'_m}$  kg/cm<sup>2</sup>).
- 52.9** En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 21, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1: ½ : 4, para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

TABLA 21 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA MPa (kg/cm <sup>2</sup> )			
Materia Prima	UNIDAD $f'_b$	PILAS $f'_m$	MURETES $v'_m$
Sílice-cal	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
	7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)
	9,4 (95)	12,6 (128)	1,1 (10,9)

(\*\*) El valor  $f'_b$  se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f'_c = 13,72$  MPa (140 kg/cm<sup>2</sup>). El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 22.

TABLA 22 FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'_m$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00



## **CAPÍTULO 15** **ESTRUCTURACIÓN**

### **Artículo 53.- Criterios generales**

- 53.1** La presente Norma aplica a edificaciones donde los elementos estructurales verticales son muros de albañilería armada. Los muros son diseñados para resistir todas las cargas impuestas, cargas verticales y fuerzas horizontales del sismo. Debe existir una trayectoria continua con resistencia y rigidez adecuada para transmitir las cargas desde el punto de aplicación hasta el punto final de resistencia, usualmente la cimentación.
- 53.2** Desde el punto de vista del comportamiento sísmico, los muros pueden comportarse en forma acoplada cuando los alféizares de las ventanas o dinteles de ventanas y puertas están integrados a los muros y en forma desacoplada cuando éstos están separados del muro de albañilería. Estas condiciones deben incluirse en el análisis del edificio.
- 53.3** Los entrepisos y techos forman diafragmas rígidos horizontales y distribuyen las fuerzas laterales del sismo en los muros en forma proporcional a su rigidez. Los diafragmas horizontales sirven también como arriostres horizontales de los muros.

### **Artículo 54.- Distribución de fuerzas laterales**

- 54.1** Las fuerzas laterales deben distribuirse en el sistema estructural de acuerdo a su rigidez y deben cumplir con lo especificado en la Norma E.030 Diseño Sismo Resistente.
- 54.2** Para calcular la rigidez de los muros en una dirección, se tomará en cuenta la contribución de los muros transversales conectados.

### **Artículo 55.- Estructura con diafragma rígido**

- 55.1** Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en los que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.
- 55.2** Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.
- 55.3** Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales.
- 55.4** Los diafragmas pueden ser losas unidireccionales o bidireccionales. Debe tratarse de que todos los muros reciban cargas de gravedad de estos diafragmas, ya que estas cargas incrementan la resistencia al corte de los muros (ver artículo 28).
- 55.5** Los diafragmas formados por elementos prefabricados deben tener conexiones que permitan conformar, de manera permanente, un sistema rígido que cumpla las funciones indicadas en el numeral 55.1 y 55.2.

- 55.6** La cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros para lo cual deberá ser diseñada de acuerdo a las propiedades mecánicas del suelo de cimentación.
- 55.7** Es aceptable el uso de diafragmas flexibles en el último nivel de las edificaciones de varios pisos, en cuyo caso los muros trabajarán fundamentalmente a fuerzas laterales perpendiculares al plano, y deberán arriostrarse transversalmente con columnas de amarre, muros ortogonales, vigas soleras continuas y una adecuada conexión con el diafragma flexible.

#### **Artículo 56.- Configuración de edificio**

El sistema estructural de las edificaciones de albañilería estará compuesto por muros dúctiles dispuestos en las direcciones principales del edificio, integrados por los diafragmas especificados en el artículo 55.

La configuración de los edificios con diafragma rígido debe tender a lograr edificaciones regulares según lo indicado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente:

- 56.1** Plantas simples y regulares. Las plantas con formas de L, T, etc., deberán ser evitadas o, en todo caso, se dividirán en formas simples.
- 56.2** Simetría en la distribución de masas y en la disposición de los muros en planta, de manera que se logre una razonable simetría en la rigidez lateral de cada piso.
- 56.3** Regularidad en altura, evitando cambios bruscos de rigideces, masas y discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los muros hacia la cimentación.
- 56.4** Densidad de muros similares en las dos direcciones principales de la edificación. Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos del numeral 62.b, se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.

#### **Artículo 57.- Muros portantes**

Los muros portantes deberán tener:

- a) Una sección transversal preferentemente simétrica.
- b) Continuidad vertical hasta la cimentación.
- c) Una longitud mayor ó igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
- d) Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.
- e) Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en los siguientes sitios:
  - En cambios de espesor en la longitud del muro.
  - En donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.
- f) La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto; de 16 m, en el caso de muros con unidades de arcilla; y de 24 m para el caso de los sílico - calcareos.
- g) Refuerzos para resistir las fuerzas ortogonales a su plano.

**CAPÍTULO 16**  
**REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL DISEÑO**

**Artículo 58.- Requisitos generales**

**58.1 Espesor Efectivo “t”.** El espesor efectivo (ver 3.13) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad (58.1.i)$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales.

**58.2 Esfuerzo Axial Máximo**

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) definido en 58.2.i deberá cumplir con las limitaciones indicadas en 58.2.ii y 58.2.iii.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} \quad (58.2.i)$$

$$\sigma_m \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad (58.2.ii)$$

$$\sigma_m \leq 0,15 f'_m \quad (58.2.iii)$$

Donde:

“ $P_m$ ” es la carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de sobrecarga

“L” es la longitud total del muro.

**Artículo 59.- Albañilería armada**

**59.1** Los muros deberán ser rellenados con grout total o parcialmente en sus alvéolos, de acuerdo a lo especificado en 45.2. El concreto líquido debe cumplir con los requisitos de esta Norma, con resistencia a compresión  $f'_c \geq 13,72$  MPa ( $140 \text{ kg/cm}^2$ ). Ver 47.5 y 51.6.

**59.2** Los muros portantes en edificaciones de la Zona Sísmica 1, así como los tabiques, parapetos, podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena en sus alvéolos.

**59.3** Todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollarán plena capacidad a la tracción.

**59.4** La cimentación será hecha de concreto simple o reforzado, con un peralte tal que permita anclar la parte recta del refuerzo vertical en tracción más el recubrimiento respectivo.

**CAPÍTULO 17**  
**ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA**

**Artículo 60.- Definición**

Para los propósitos de esta Norma se utilizará la siguiente definición:

- **SISMO SEVERO.** Es aquél proporcionado por la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y se utilizará en todos los cálculos que correspondan a la albañilería armada.

**Artículo 61.- Consideraciones generales****61.1** Diseño por resistencia

Los muros portantes se diseñarán para una falla por flexión con el método de diseño por resistencia. Se acepta daño estructural con pérdida de una parte de su rigidez original pero conservando un margen de seguridad contra el colapso.

**61.2** Para los propósitos de esta Norma, se establece los siguientes considerandos:

- a) El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “sismo severo” se fija en 1/200, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.
- b) Los muros de albañilería armada deben ser diseñados por capacidad de tal modo que puedan soportar la carga asociada a su incursión inelástica.

**Artículo 62.- Estructuración en planta**

- a) **Muros a Reforzar.** En las Zonas Sísmicas 2, 3 y 4 (ver la NTE E.030 Diseño Sismorresistente) se reforzará cualquier muro portante (ver artículo 57) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzará como mínimo los muros perimetrales de cierre.
- b) **Densidad Mínima de Muros Reforzados.** La densidad mínima de muros portantes (ver artículo 57) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{60} \quad (62.b.i)$$

*Donde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.*

*“N” es el número de pisos del edificio;*

*“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,*

*“t” es el espesor efectivo del muro*

De no cumplirse la expresión (62.b.i), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación  $E_c/E_m$ , donde  $E_c$  y  $E_m$  son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

### Artículo 63.- Análisis estructural

- 63.1** El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.
- 63.2** La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.
- 63.3** El análisis considerará las características del diafragma que forman las losas de techo; se deberá considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y las discontinuidades en la losa.
- 63.4** El análisis considerará la participación de aquellos muros no portantes que no hayan sido aislados de la estructura principal. Los alfeizares deberán ser construidos con junta de separación respecto de los muros portantes. Cuando los muros se construyan integralmente con el alféizar, el efecto de éste deberá considerarse en el análisis.
- 63.5** La distribución de la fuerza cortante en planta se hará teniendo en cuenta la rigidez de cada muro y las torsiones existentes y reglamentarias.
- 63.6** En un análisis manual simplificado, para el cálculo de la rigidez de los muros, se agregará a su sección aquellos muros que concurren ortogonalmente al muro en análisis, en una longitud igual a 6 veces el espesor del muro ortogonal. Cuando un muro contribuya ortogonalmente a dos muros, su contribución a cada muro no excederá de la mitad de su longitud.

En un análisis numérico automatizado, el modelo deberá considerar el comportamiento tipo caja de todos los muros portantes, incluyendo los elementos de concreto que formen parte de la estructura.

- 63.7** El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) para la albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla:  $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcareas:  $E_m = 600 f'_m$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4 E_m$

Opcionalmente, los valores de " $E_m$ " y " $G_m$ " podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el artículo 52.

- 63.8** El módulo de elasticidad ( $E_c$ ) y el módulo de corte ( $G_c$ ) para el concreto serán los indicados en la NTE E.060 Concreto Armado.
- 63.9** El módulo de elasticidad para el acero ( $E_s$ ) se considerará igual a 196 000 MPa (2 000 000 kg/cm<sup>2</sup>).

**CAPÍTULO 18**  
**DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA**

**Artículo 64.- Especificaciones generales**

- 64.1** El diseño sísmico de muros armados se hará por el método de resistencia. La resistencia requerida del muro (U) para cargas muertas (CM), cargas vivas (CV) y sismo (CS) será como mínimo:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$
$$U = 1.25 (CM + CV) +/- CS$$
$$U = 0.9CM +/- CS$$

En cada entrepiso, la resistencia de todas las secciones del muro debe ser igual o mayor a la demanda de diseño en dicho entrepiso.

- 64.2** Para el diseño de los muros armados ante acciones coplanares, debe suponerse que los muros son de sección rectangular (t.L).
- 64.3** Para el diseño por flexo compresión de los muros armados que tengan continuidad en sus extremos con muros transversales, podrá considerarse la contribución de las alas de acuerdo a lo indicado en 63.6. Para el diseño a corte se considerará que la sección es rectangular, despreciando la contribución de los muros transversales.
- 64.4** Todos los muros que contribuyen a la resistencia sísmica llevarán refuerzo horizontal y vertical. La cuantía mínima de refuerzo en cualquier dirección será de 0,1%. Las varillas de acero de refuerzo serán corrugadas
- 64.5** El refuerzo horizontal se colocará preferentemente en el eje del muro, alojado en la cavidad horizontal de la unidad de albañilería. El refuerzo horizontal podrá colocarse en la capa de mortero de las hiladas cuando el espesor de las paredes de la unidad permita que el refuerzo tenga un recubrimiento mínimo de 15 mm.
- 64.6** El refuerzo horizontal de los muros se diseñará sin considerar contribución de la albañilería.
- 64.7** Cuando el esfuerzo último por compresión, resultante de la acción de las cargas de gravedad y de las fuerzas de sismo coplanares, exceda de  $0,3f'_m$  los extremos libres de los muros (sin muros transversales) se confinarán para evitar la falla por flexocompresión. El confinamiento se podrá lograr mediante planchas de acero estructural inoxidable o galvanizado, mediante estribos o zunchos cuando la dimensión del alvéolo lo permita.
- 64.8** Los muros de edificaciones de uno y dos pisos cuyo esfuerzo cortante último no exceda de  $0,5 V_m/A_n$ , donde  $A_n$  es el área neta del muro, podrán ser construidos de albañilería parcialmente rellena. En este caso el refuerzo horizontal se colocará en las hiladas o en el eje del muro cuando las celdas de la unidad sin refuerzo vertical han sido previamente taponeadas.
- 64.9** Para evitar las fallas por deslizamiento en el muro (cizalle), el refuerzo vertical por flexión se concentrará en los extremos del muro y en la zona central se utilizará una cuantía no menor que 0,001, espaciando las barras a no más de 450 mm. Adicionalmente, en la interfase cimentación – muro, se añadirán espigas verticales

de diámetro mínimo 8 mm, que penetre 300 y 500 mm, alternadamente, en el interior de aquellas celdas que carecen de refuerzo vertical.

## Artículo 65.- Resistencia a compresión y flexo-compresión en el plano del muro

### 65.1 Suposiciones de diseño

- 65.1.1 El diseño por flexión de muros sometidos a carga axial actuando conjuntamente con fuerzas horizontales coplanares, se basará en las suposiciones de esta sección y en la satisfacción de las condiciones aplicables de equilibrio y compatibilidad de deformaciones.
- 65.1.2 La deformación unitaria en el acero de refuerzo y en la albañilería será asumida directamente proporcional a la distancia medida desde el eje neutro.
- 65.1.3 La deformación unitaria máxima de la albañilería,  $\varepsilon_m$ , en la fibra extrema comprimida se asumirá igual a 0,002 para albañilería de unidades apilables e igual a 0,0025 para albañilería de unidades asentadas cuando los extremos libres no están confinados, y de 0,0055 cuando los extremos libres están confinados mediante los elementos indicados en 64.7.
- 65.1.4 Los esfuerzos en el refuerzo, por debajo del esfuerzo de fluencia especificado,  $f_y$ , se tomarán iguales al producto del módulo de elasticidad  $E_s$  por la deformación unitaria del acero. Para deformaciones mayores que la correspondiente a  $f_y$  los esfuerzos en el acero se considerarán independientes de la deformación e iguales a  $f_y$ .
- 65.1.5 El esfuerzo de compresión máximo en la albañilería,  $0,85 f'_m$ , será asumido uniformemente distribuido sobre una zona equivalente de compresión, limitada por los bordes de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro de la sección a una distancia  $a = 0,85 c$ , donde  $c$  es la distancia del eje neutro a la fibra extrema comprimida.
- 65.1.6 El momento flector  $M_e$  actuante en un nivel determinado se determinará del análisis estructural ante sismo moderado.

### 65.2 Evaluación de la Capacidad Resistente " $M_n$ "

- 65.2.1 Para todos los muros portantes se debe cumplir que la capacidad resistente a flexión  $M_n$ , considerando la interacción carga axial - momento flector, reducida por el factor  $\phi$ , sea mayor o igual que el momento flector factorizado  $M_u$ :

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

el factor de reducción de la capacidad resistente a flexocompresión  $\phi$ , se calculará mediante la siguiente expresión:

$$0,65 \leq \phi = 0,85 - 0,2 P_u / P_o \leq 0,85 \quad (65.2.1.i)$$

Donde  $P_o = 0,1 f'_m \cdot t \cdot L$

- 65.2.2 Para muros de sección rectangular, la capacidad resistente a flexión  $M_n$  podrá calcularse aplicando la fórmula siguiente:

$$M_n = A_s f_y D + P_u L/2 \quad (65.2.2.i)$$

donde:  $D = 0,8 L$

$A_s$  = área del refuerzo vertical en el extremo del muro

Para calcular el área de acero " $A_s$ " a concentrar en el extremo del muro, se deberá utilizar la menor carga axial:  $P_u = 0,9 P_g$ .

Cuando al extremo traccionado concurre un muro perpendicular, el momento flector  $M_u$  podrá ser reducido en  $0,9 P_{gt} \cdot L / 2$ , donde  $P_{gt}$  es la carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

Para muros con secciones no rectangulares, el diseño por flexo compresión podrá realizarse empleando la formulación anterior o mediante la evaluación del Diagrama de Interacción para las acciones nominales ( $P_n$  vs.  $M_n$ ).

En los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros por lo menos se deberá colocar 2 barras de 8 mm de diámetro o su equivalente.

En la zona central del muro el refuerzo vertical mínimo será el requerido por corte fricción de acuerdo a lo indicado en 64.9.

El valor " $M_n$ " se calculará sólo para el primer piso ( $M_{n1}$ ), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso:  $P_u$ , contemplando el 100% de carga viva.

### 65.3 Verificación de la necesidad de confinamiento de los extremos libres del muro

Se verificará la necesidad de confinar los extremos libres (sin muros transversales), evaluando el esfuerzo de compresión último ( $\sigma_u$ ) con la fórmula de flexión compuesta:

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u \cdot y}{I} \quad (65.3.i)$$

En la que  $P_u$  es la carga total del muro, considerando 100% de carga viva.

Toda la longitud del muro donde se tenga  $\sigma_u \geq 0,3 f'_m$  deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con 65.3.i, sean mayores o iguales al esfuerzo límite indicado.

Cuando se utilice confinamiento, el refuerzo vertical existente en el borde libre deberá tener un diámetro  $D_b \geq s/13$ , donde " $s$ " es el espaciamiento entre elementos de confinamiento.

### Artículo 66.- Resistencia a corte en el plano del muro

El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante " $V_{uf}$ " asociado al mecanismo de falla por flexión producido en el primer piso. El diseño por fuerza cortante se realizará suponiendo que el 100% del cortante es absorbido por el refuerzo horizontal. El valor " $V_{uf}$ " considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.

El valor " $V_{uf}$ " se calculará con las siguientes fórmulas:

- Primer Piso:  $V_{uf1} = 1,25 V_{u1} (M_{n1}/M_{u1}) \dots$  no menor que  $V_{m1}$
- Pisos Superiores:  $V_{ufi} = 1,25 V_{ui} (M_{n1}/M_{u1}) \dots$  no mayor que  $V_{mi}$



El esfuerzo de corte  $v_i = V_{uf} / t \cdot L$  no excederá de  $0,10 f'_m$  en zonas de posible formación de rótulas plásticas y de  $0,20 f'_m$  en cualquier otra zona.

En cada piso, el área del refuerzo horizontal ( $A_{sh}$ ) se calculará con la siguiente expresión:

$$A_{sh} = \frac{V_{uf} \cdot S}{f_y \cdot D} \quad (66.i)$$

donde:

- $S$  = espaciamiento del refuerzo horizontal
- $D$  =  $0,8 L$  para muros esbeltos, donde:  $M_e / (V_e \cdot L) \geq 1$
- $D$  =  $L$  para muros no esbeltos, donde:  $M_e / (V_e \cdot L) < 1$

**PARTE C**  
**TEMAS COMUNES**

**CAPITULO 19**  
**DISEÑO DE MUROS ANTE CARGAS PERPENDICULARES A SU PLANO**

**Artículo 67.- Criterios generales**

Los muros no portantes; cercos, tabiques y parapetos en edificaciones con o sin diafragma rígido deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de acciones sísmicas.

Los muros confinados portantes enmarcados en sus cuatro lados y cuyas columnas de confinamiento estén separadas una distancia centro a centro mayor a dos veces la distancia entre arriostres horizontales, o mayor que 5 m, deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de acciones sísmicas.

**Artículo 68.- Fuerza sísmica de diseño**

El paño de albañilería se supondrá que actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, sujeta a cargas sísmicas uniformemente distribuidas. La magnitud de esta carga ( $w$ ) por unidad de área del muro se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w = 0,4 Z.U.S P_e \quad \text{Para el piso 1 y sótanos (68.i)}$$

$$w = 0,3 \frac{F_i}{P_i} C_1 P_e \quad \text{Para el nivel } i \text{ (68.ii)}$$

donde:


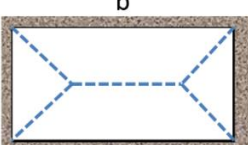
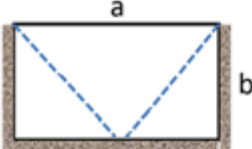
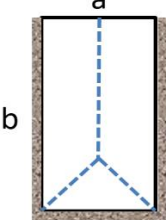


- $Z$  = factor de zona especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente  
 $U$  = factor de importancia especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente  
 $S$  = factor de amplificación del suelo especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente  
 $C_1$  = 2 Para muros y tabiques dentro de una edificación y 3 para parapetos, especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente.  
 $F_i$  = fuerza sísmica horizontal en el nivel  $i$ .  
 $P_i$  = peso del nivel  $i$ .  
 $P_e$  = peso del muro por unidad de área (incluyendo tarrajeos)

Para la obtención del momento debido a la flexión perpendicular al plano del muro se emplearán procedimientos basados en teorías elásticas y líneas potenciales de falla. El momento flector distribuido por unidad de longitud ( $M_s$ ), producido por la carga sísmica " $w$ " (ver 10.2.b), se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_s = m.w.a^2 \quad (68.iii)$$

donde:

- $m$  = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 23.  
 $a$  = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 23).

<b>TABLA 23</b>									
<b>VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS "m", DIMENSIÓN CRÍTICA "a" Y LÍNEAS POTENCIALES DE FALLA</b>									
<b>CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
<i>a</i> = Menor dimensión									
<i>b/a</i> =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	$\infty$	
<i>m</i> =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125	
									
<b>CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
<i>a</i> = Longitud del borde libre									
<i>b/a</i> =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	$\infty$
<i>m</i> =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
									
<b>CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES</b>									
<i>a</i> = Altura del muro									
<i>m</i> = 0,125									
									
<b>CASO 4. MURO EN VOLADIZO</b>									
<i>a</i> = Altura del muro									
<i>m</i> = 0,5									
									

**Artículo 69.- Diseño de muros portantes**

En los muros portantes de edificaciones con diafragma rígido y que como tales estarán sujetas principalmente a fuerzas coplanares, no se permitirá la formación de fisuras producidas por acciones transversales a su plano, porque éstas debilitan su área de corte ante acciones sísmicas coplanares. Se deberán verificar los muros del último piso, por tracción producida por la flexión y los muros del primer piso por compresión producida por el momento sísmico más la carga vertical.

**69.1** Al momento flector generado por la carga sísmica, " $M_s$ ", deberá agregársele el momento flector producido por la excentricidad de la carga gravitacional " $M_g$ " (si existiese), para de esta manera obtener el momento total de diseño  $M_t = M_s + M_g$ , repartido por unidad de longitud.

**69.2** Determinación de los Esfuerzos Máximos.

El esfuerzo axial producido por la carga gravitacional por unidad de longitud de muro ( $P_g$ ), se obtendrá como:

$$f_a = P_g / t \quad (69.2.i)$$

El esfuerzo normal producido por el momento flector " $M_t$ ", se obtendrá como:

$$f_m = 6 M_t / t^2. \quad (69.2.ii)$$

**69.3** Se deberá cumplir que:

- En el primer piso:  $f_a + f_m \leq 0,25 f'_m$
- En el último piso:  $f_m - f_a \leq f'_t$
- En cualquier piso: la compresión resultante será tal que:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1,33 \quad (69.3.i)$$

en la que:

$$f_a = \text{es el esfuerzo resultante de la carga axial}$$

$$F_a = \text{es el esfuerzo admisible para carga axial}$$

$$= 0,20 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad (69.3.ii)$$

$$f_m = \text{es el esfuerzo resultante del momento flector}$$

$$F_m = \text{es el esfuerzo admisible para compresión por flexión}$$

$$= 0,40 f'_m$$

Cuando se trate de muros portantes se verificará que el esfuerzo admisible en tracción por flexión ( $f'_t$ ) no exceda de los siguientes valores:

$$f'_t = 0,15 \text{ MPa (1,50 kg/cm}^2\text{) para albañilería simple}$$

$$= 0,8 \text{ MPa (8,00 kg/cm}^2\text{) para albañilería armada.}$$

## Artículo 70.- Diseño de parapetos

Un parapeto es un muro no portante sobre un piso elevado que sirve para que las personas se apoyen en él y no se caigan. La falla por volteo debe evitarse para prevenir su caída fuera de la edificación. Si el parapeto está separado del borde de la edificación una distancia mínima de 1.5 veces su altura, le corresponde un diseño de tabique.

Los parapetos deberán ser reforzados para evitar el volteo fuera del plano. Los elementos de refuerzo pueden ser:

- Para albañilería Armada refuerzo interno, vertical y horizontal.
- Para albañilería simple, columnas y vigas de concreto, o mallas estructurales colocadas en toda la superficie.

Las mallas estructurales pueden ser:

- Mallas electrosoldadas
- Mallas amarradas
- Mallas de polipropileno
- Mallas de fibra

En todos los casos las mallas deben tener propiedades estandarizadas y certificadas.

Los elementos de refuerzo deben estar debidamente anclados a la losa del piso y a otros elementos estructurales. El refuerzo debe soportar el 100 % de los esfuerzos de tracción en el parapeto.

Para el análisis y diseño de los elementos de refuerzo se emplearán métodos racionales de cálculo.

Están exonerados de las exigencias de arriostre los parapetos de menos de 0,80 m de altura, que estén retirados del plano exterior de fachadas, ductos en los techos o patios interiores una distancia no menor de una vez y media su altura.

#### **Artículo 71.- Diseño de tabiques**

Los tabiques son muros no portantes cuya función es cerrar o separar los ambientes en una edificación. Por lo general tienen la altura del entrepiso de una edificación y pueden estar conectados al techo y a otros elementos estructurales verticales en su borde lateral que sirvan de arriostre lateral.

Para el caso de tabiques arriostrados por elementos de concreto, las fuerzas deberán trasladarse a los elementos de arriostre.

El arriostre lateral puede ser otro tabique perpendicular al primero para lo cual se debe verificar que el tabique que funciona como arriostre puede soportar la fuerza coplanar inducida y los esfuerzos de tracción que se generan en la unión entre los tabiques perpendiculares.

Los tabiques que lo requieran deben ser reforzados para evitar el volteo fuera del plano. Los elementos de refuerzo pueden ser:

- a) Para albañilería armada, refuerzo interno, vertical y horizontal.
- b) Para albañilería simple, columnas y vigas de concreto, o mallas estructurales colocadas en toda o parte de la superficie.

Las mallas estructurales pueden ser:

- Mallas electrosoldadas
- Mallas amarradas
- Mallas de polipropileno
- Mallas de fibra

En todos los casos las mallas deben tener propiedades estándar y estar certificadas.

Los elementos de refuerzo deben estar debidamente anclados a la losa del piso y a otros elementos estructurales.

En el paño de albañilería el esfuerzo admisible en tracción por flexión ( $f'_t$ ) se supondrá igual a:

$$\begin{aligned} f'_t &= 0,15 \text{ MPa (1,50 kg/cm}^2\text{) para albañilería simple} \\ &= 0,8 \text{ MPa (8,00 kg/cm}^2\text{) para albañilería armada.} \end{aligned}$$

En el caso de la albañilería armada, las fuerzas de tracción resultantes deberán ser resistidas íntegramente por el acero de refuerzo utilizando un valor de resistencia de  $0,6 f_y$ .

Para el análisis y diseño de los elementos de refuerzo se emplearán métodos racionales de cálculo.

### **Artículo 72.- Diseño de cercos**

Un cerco es un muro no portante apoyado sobre el terreno cuya función es delimitar áreas de terreno y proveerla de seguridad. Un cerco soporta solo su propio peso y estructuralmente funciona como un muro en voladizo.

La condición de voladizo implica el diseño de una cimentación que funcione como un empotramiento para controlar el volteo lateral del muro que se presenta mediante una combinación de poca carga vertical y momento de volteo alto. Para ello, el tipo de terreno de cimentación tiene una importante influencia en el diseño de la cimentación.

Los cercos deben ser reforzados para evitar el volteo fuera del plano. Los elementos de refuerzo son:

- a) Para albañilería armada, refuerzo interno, vertical.
- b) Para albañilería simple, columnas y vigas de concreto armado.

Las armaduras de refuerzo verticales deben estar debidamente ancladas a la cimentación.

El cimientado de un cerco debe funcionar como un empotramiento para asegurar su estabilidad lateral, para lo cual se tienen las siguientes opciones:

- a. Cimiento corrido profundo que resista el momento de volteo por unidad de longitud, mediante la presión lateral del terreno.
- b. Cimentación superficial corrida armada que resiste el momento de volteo por unidad de longitud mediante la presión vertical que ejerce sobre el terreno.
- c. Otras que permitan garantizar la estabilidad al volteo y empotramiento.

En el paño de albañilería el esfuerzo admisible en tracción por flexión ( $f'_t$ ) se supondrá igual a:

$$\begin{aligned} f'_t &= 0,15 \text{ MPa (1,50 kg/cm}^2\text{) para albañilería simple} \\ &= 0,8 \text{ MPa (8,00 kg/cm}^2\text{) para albañilería armada.} \end{aligned}$$

En el caso de la albañilería armada, las fuerzas de tracción resultantes deberán ser resistidas íntegramente por el acero de refuerzo utilizando un valor de resistencia de  $0,6 f_y$ .

Para el análisis y diseño de los elementos de refuerzo se emplearán métodos racionales de cálculo.

**CAPITULO 20**  
**REPARACIÓN Y REFUERZO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA**

**Artículo 73.- Alcance**

El presente capítulo es aplicable a construcciones de albañilería existentes y a estructuras dañadas. Es aplicable al patrimonio histórico inmueble en cuanto sea compatible con las recomendaciones de las cartas internacionales de conservación.

**Artículo 74.- Criterios generales**

El proceso de reparación o refuerzo de una estructura de albañilería requiere, en primer lugar, determinar cuáles son las causas de los daños y la degradación, y después, evaluar el grado de seguridad que dichas estructuras ofrecen.

En la intervención estructural de construcciones existentes, el cumplimiento de todos los artículos de la presente norma puede no ser viable de llevar a la práctica. En estos casos, se debe cumplir con los objetivos de seguridad estructural según el numeral 2.1 mediante otras soluciones técnicas debidamente sustentadas con análisis específicos y otras consideraciones aplicables al caso.

El objetivo de la intervención estructural en una construcción existente, es uno o más de los siguientes:

- Reducir la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de albañilería, evitando la pérdida de vidas humanas en caso de sismo severo.
- Recuperar o incrementar la capacidad de los muros ante fuerzas cortantes en su plano.
- Recuperar o incrementar la capacidad de los muros para soportar cargas verticales.
- Recuperar o incrementar la resistencia y estabilidad lateral de muros, tabiques y parapetos ante fuerzas perpendiculares a su plano.
- Proveer capacidad de deformación y continuidad más allá del rango elástico manteniendo su capacidad resistente.

En el caso de construcciones de albañilería simple no reforzadas, y debido a la baja capacidad de resistencia a la tracción del material, el análisis y diseño del proyecto de reparación debe tener en cuenta el mecanismo de colapso y su comportamiento sísmico para obtener una seguridad mínima.

El proyecto de reparación o refuerzo incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse con la debida justificación por parte del proyectista responsable.

**Artículo 75.- Técnicas de reparación y refuerzo para muros portantes**

Las técnicas de intervención utilizadas con el objeto de reparar o reforzar los muros de albañilería son las siguientes:

- Consolidación de muros.
- Aplicación de refuerzos externos o internos; verticales, longitudinales o transversales.
- Mejora de conexiones entre muros entre sí y entre muros y techos.
- Sustitución total o parcial del muro.

#### **Artículo 76.- Consolidación de muros**

Se aplica con la finalidad de mejorar la capacidad portante del muro. Incluye lo siguiente:

- Reemplazo de unidades dañadas por unidades nuevas
- Reparación de grietas en el muro
- Reemplazo del mortero de asentado
- Reparación de elementos de confinamiento

#### **Artículo 77.- Refuerzos externos**

Los refuerzos externos son de dos tipos:

- **Refuerzo externo adherido** a la superficie del muro, en cuyo caso consiste de mallas de un material resistente a la tracción que se adhiere superficialmente al muro de albañilería mediante una matriz de transferencia que puede ser de material polímero o cementicio. El refuerzo puede ser mallas electro soldadas, mallas de polipropileno o mallas de fibra. En todo caso se debe asegurar el comportamiento del conjunto como un material compuesto.
- **Refuerzo externo no adherido** que consiste en cables de acero anclados o postensados cuya función es el confinamiento de los muros y mantener la integridad de la edificación.

#### **Artículo 78.- Refuerzos internos**

Los refuerzos internos consisten en elementos de confinamiento (columnas y vigas) que se insertan en muros de albañilería no reforzada. El proyecto y la construcción de los nuevos elementos de confinamiento deberá cumplir con lo especificado en la Parte A de la presente norma.

#### **Artículo 79.- Sustitución total o parcial del muro.**

En muros con daño estructural importante, puede ser necesario sustituir total o parcialmente los materiales dañados por materiales nuevos, previo apuntalamiento del sector afectado. Se deberá asegurar una buena adherencia entre los materiales existentes y los nuevos, así como pequeños cambios volumétricos debidos a la contracción por fraguado. El material de reemplazo deberá ser compatible con el material existente, pudiendo ser del mismo tipo.

#### **Artículo 80.- Refuerzo de muros portantes de albañilería armada con elementos externos de concreto armado**

1. Si el muro tiene todos los alveolos llenos y no hay deterioro, la aplicación de inyecciones epóxicas es capaz de restituir aproximadamente la resistencia original; sin embargo se debe tomar en cuenta que el muro reparado no tendrá la misma rigidez lateral original debido a que no todas las pequeñas grietas pueden ser inyectadas con el epóxico.
2. En el caso de grietas grandes o refuerzo pandeado debe utilizarse remoción o reposición. Después de remover la zona dañada, picar y limpiar la superficie, debe colocarse refuerzo adicional o malla de alambre soldado equivalente.
3. Para incrementar la resistencia del muro se adosará una capa de concreto armado de un espesor mínimo de 50 mm. La cuantía del refuerzo, horizontal y vertical, de la capa de concreto no será menor que 0.0025, se podrá usar varillas corrugadas o mallas electrosoldadas. El concreto adicional debe ser adherido al muro



existente con dowels anclados con epóxico a 600 mm como mínimo en cada dirección.

4. Para incrementar la resistencia a la flexión del muro, se puede colocar elementos de confinamiento en los extremos, que se conectarán con el muro mediante dowels.
5. La resistencia a la compresión del concreto nuevo debe ser mínimo 17,15 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>).

#### **Artículo 81.- Estabilización lateral de tabiques, cercos y parapetos**

Los tabiques, cercos y parapetos dentro de una edificación, cuyo volcamiento implique peligro para las personas, deben ser reforzados para resistir las fuerzas perpendiculares al plano del muro.

Los refuerzos de tabiques, cercos y parapetos pueden ser:

- Aplicación de refuerzos externos o internos; verticales, longitudinales o transversales.
- Mejora de conexiones entre muros entre sí y entre muros y techos.

#### **Artículo 82.- Consideraciones para intervenir en obras patrimoniales de albañilería de ladrillo.**

Las estructuras del patrimonio arquitectónico, tanto por su naturaleza como por su historia (en lo que se refiere al material y a su ensamblaje), están sometidas a una serie de dificultades de diagnóstico e intervención por lo que disposiciones normativas y las pautas vigentes en el ámbito de la construcción son aplicables en cuanto se compatibilicen con las recomendaciones de las cartas internacionales de conservación.

Por tanto, en caso la construcción patrimonial tenga una ocupación parcial o total, el objetivo de la intervención estructural debe ser garantizar la vida de sus ocupantes y asegurar el contenido cultural de su interior para lo cual se debe evitar cualquier colapso parcial o total.