

D.4.2.5.2 – Longitud de desarrollo - La longitud de desarrollo, ℓ_d , para barras corrugadas embebidas en mortero de relleno en tracción o en compresión, debe ser determinada por la ecuación (D 4-1). Para barras lisas la longitud de desarrollo se debe tomar como el doble de la obtenida para barras corrugadas.

$$\ell_d = \frac{\ell_{de}}{\phi} \geq 300 \text{ mm} \quad (\text{D.4-1})$$

donde:

$$\ell_{de} = \frac{1.8 d_b^2 f_y}{K \sqrt{f'_m}} \leq 52 d_b \quad (\text{D.4-2}^*)$$

K es el recubrimiento del refuerzo, y no debe exceder $3d_b$ y $\phi = 0.8$ para desarrollo del refuerzo.

D.4.2.5.3 – Longitud de empalme por traslazo - La longitud de empalme por traslazo se debe tomar igual a la longitud de desarrollo, ℓ_d . Las barras unidas por medio de empalmes por traslazo que no estén en contacto, no deben estar espaciadas transversalmente más de una quinta parte de la longitud requerida de traslazo ni más de 200 mm.

D.4.2.5.4 – Empalmes mecánicos o soldados - Los empalmes mecánicos o soldados deben ser capaces de resistir por lo menos 1.25 veces el f_y de la barra. Todas las soldaduras deben cumplir la norma NTC 4040 (ANSI/AWS D 1 4).

D.4.2.6 - DESARROLLO DEL REFUERZO EMBEBIDO EN CONCRETO - El desarrollo del refuerzo anclado o embebido en concreto, se rige por los requisitos del Título C del Reglamento. Este es el caso de barras de empalme ancladas en los elementos de la cimentación o de barras de elementos de concreto reforzado embebidos dentro de la mampostería o trabajando en combinación con ella.

D.4.2.7 - GANCHOS ESTÁNDAR - El término gancho estándar usado en esta sección significa:

- (a) Un doblado de 180 grados más una extensión recta de al menos 4 veces el diámetro de la barra pero no menor de 64 mm en el extremo libre de la barra.
- (b) Un doblado de 90 grados más una extensión recta de al menos 12 veces el diámetro de la barra en el extremo libre de la barra
- (c) Un doblado de 135 grados más una extensión recta de al menos 6 veces el diámetro de la barra en el extremo libre de la barra

D.4.2.8 - DIÁMETROS MÍNIMOS DE DOBLAMIENTO PARA BARRAS DE REFUERZO - El diámetro mínimo de doblamiento medido por el lado interior de las barras del refuerzo no debe ser menor que los valores especificados en la tabla D 4-1

Tabla D.4-1 – Diámetros de doblamiento para barras de refuerzo

Diámetro (d_b)	f_y	Diámetro mínimo
N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) a N° 7 (7/8") ó 22M (22 mm)	240 MPa	5 d_b
N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) a N° 8 (1") ó 25M (25 mm)	420 MPa	6 d_b

D.4.3 – ACTIVIDADES PRELIMINARES A LA CONSTRUCCION

D.4.3.1 – ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES - Todos los materiales de la obra deben almacenarse de manera que permanezcan protegidos contra deterioro anormal o contaminación y deben utilizarse en los tiempos previstos. Materiales que presenten deterioro de sus propiedades físicas por debajo de las especificadas, deben rechazarse.

D.4.3.2 – ALMACENAMIENTO DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA - En el sitio de la obra debe ubicarse un espacio destinado al almacenamiento de las unidades de mampostería, preferiblemente cubierto y ventilado, con acceso externo e interno

D.4.3.3 – LUGAR PARA LA TOMA Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS - En la obra debe ubicarse un espacio para la toma de muestras de los distintos materiales especificados, un espacio apropiado para su curado y almacenamiento en las condiciones previstas en las normas respectivas.

D.4.4 – REQUISITOS CONSTRUCTIVOS PARA CIMENTACIONES

D.4.4.1 - GENERAL - Las características propias de las cimentaciones para mampostería estructural, obedecen a las condiciones del suelo de cimentación y del proyecto en sí mismo. Su diseño y construcción se debe ajustar a lo dispuesto en estas normas en el Título C y en el Título H.

D.4.4.2 – ANCLAJE EN LA CIMENTACION DEL REFUERZO DE LOS MUROS - Todos los refuerzos verticales de los muros estructurales deben quedar anclados de acuerdo con lo establecido en el Título C de este reglamento en el sistema de cimentación, mediante barras de empalme que sobresalgan la longitud necesaria para realizar el traslape, fijadas a la armadura del cimiento, de tal manera que los desplazamientos en el proceso de compactación y vaciado del concreto de cimentación estén dentro de las tolerancias establecidas en el numeral D 4.4.3

D.4.4.3 – TOLERANCIA DE LOCALIZACION DEL REFUERZO DE EMPALME CON EL MURO - La tolerancia de colocación longitudinal y transversal de la barra de empalme debe ser como máximo una cuarta parte de la dimensión de la celda en cada sentido. En caso de que se exceda esta tolerancia, la posición de la barra de empalme se puede corregir con inclinación suave 1H:6V. Se prohíbe la corrección brusca de la posición de la barra de empalme.

D.4.4.4 – VACIADO DE LOS ELEMENTOS DE CIMENTACION - El vaciado de los elementos estructurales de la cimentación debe realizarse con la aprobación previa del supervisor técnico. Las juntas de vaciado deben ser verticales y estar ubicadas en el tercio central entre los vanos libres de muros.

D.4.4.5 – ALINEAMIENTO HORIZONTAL - Los entramados y losas de cimentación deben alinearse por la cara superior, buscando alturas modulares de los muros.

D.4.4.6 – CORRECCION DEL ALINEAMIENTO DEL CIMIENTO - Terminado el vaciado de la cimentación deben verificarse los alineamientos de la misma y las posiciones finales de las barras de empalme. Las diferencias verticales de alineamiento se pueden corregir de la siguiente forma:

- (a) Si el error en el nivel superior de la cimentación es inferior a 25 mm, éste se puede corregir repartiendo en las juntas de pega del primer tramo teniendo en cuenta las tolerancias de la tabla D 4-2
- (b) Si el error en el nivel superior de la cimentación es mayor de 25 mm, se puede corregir el alineamiento con un realce en concreto reforzado de tal manera que se garantice su funcionamiento monolítico con el cimiento.

D.4.5 – REQUISITOS CONSTRUCTIVOS PARA MUROS DE MAMPOSTERIA

D.4.5.1 - GENERAL - Los requisitos constructivos establecidos en esta sección son fundamentalmente para muros de mampostería hechos con unidades de perforación vertical. Para otros sistemas de mampostería estructural se establecen requisitos constructivos especiales adicionales:

- (a) Para mampostería de cavidad reforzada en la Sección D 6 5
- (b) Para mampostería de muros confinados en la Sección D 10 5

D.4.5.2 - UNIDADES DE MAMPOSTERIA - Los siguientes requisitos de construcción deben cumplirse en forma adicional a lo establecido en D 3 6

D.4.5.2.1 – Estado de las unidades previo a su colocación - Al momento de colocarse las unidades de mampostería, deben estar secas, limpias y libres de imperfecciones que afecten negativamente las propiedades mecánicas o físicas del muro. Las unidades de arcilla cocida que excedan una tasa inicial de absorción de 0.15 gramos por minuto por cm^2 determinada según la norma NTC 4017 (ASTM C67), deben humedecerse convenientemente antes de colocarlas. Para valores de tasa inicial de absorción mayores de 0.25 gramos por minuto por cm^2 deben humedecerse las unidades durante 24 horas previas a la colocación.

D.4.5.2.2 – Unidades especiales - La configuración del muro y de los refuerzos así como las juntas de control, los remates, los dinteles, antepechos, etc., requieren de unidades especiales que deben estar disponibles al momento de la colocación.

D.4.5.3 - MORTERO DE PEGA - Debe cumplir con los requisitos de D.3.4.

D.4.5.4 - MORTERO DE INYECCION - Debe cumplir con los requisitos en D 3 5.

D.4.5.5 – ACERO DE REFUERZO – El acero de refuerzo debe cumplir con los requisitos de C.3.5, y además con las siguientes disposiciones:

D.4.5.5.1 – Estado de la superficie del refuerzo - El refuerzo debe tener la superficie limpia de grasas, arcillas y demás sustancias perjudiciales. No debe presentar corrosión, aunque puede permitirse, a juicio del supervisor técnico, la oxidación superficial.

D.4.5.5.2 - Dimensiones - Todo refuerzo debe cumplir con las dimensiones, figuración y ubicación indicadas en los planos.

D.4.5.5.3 – Doblado de refuerzo parcialmente embebido - No se permite realizar dobleces al acero de refuerzo que ya esté parcialmente embebido en el mortero o en el concreto, excepto en los conectores flexibles los cuales pueden doblarse y en las barras de empalme cuando se cumple lo indicado en D.4.4 3

D.4.5.6 - TUBERIAS EMBEBIDAS - Se pueden embeber tuberías en los muros de mampostería siempre y cuando se coloquen en celdas no inyectadas y que tengan un diámetro inferior a la menor dimensión de la celda

D.4.5.6.1 - Regatas - Se prohíbe la colocación de tuberías en los muros de mampostería estructural de unidades de perforación vertical mediante regatas

D.4.5.6.2 – Salidas a la superficie del muro - Las salidas de sistemas de instalaciones interiores que empleen tuberías embebidas deben ubicarse en unidades especialmente diseñadas para este propósito.

D.4.5.6.3 – Tuberías embebidas en celdas inyectadas - Se pueden colocar tuberías embebidas en los muros de mampostería inyectada en los siguientes casos:

- (a) Cuando conducen líquidos a temperatura inferior a 65°C.
- (b) Cuando estén sometidas a presión inferior a 0.4 MPa
- (c) Cuando el líquido que contengan no pueda congelarse bajo la temperatura de servicio.
- (d) Cuando el diámetro individual o del paquete de tuberías sea inferior a la tercera parte del muro
- (e) Cuando el material de fabricación no reaccione nocivamente con el mortero de relleno.
- (f) Cuando en la celda no exista una barra

En ningún caso se permiten tuberías que ocupen más del 5% del área transversal del muro. Además, deben estar separadas más de 5 diámetros centro a centro y no se pueden colocar en celdas adyacentes.

D.4.5.7 - APAREJO DE PETACA - Se prohíbe el uso de aparejo de petaca en muros estructurales. Se admite su uso solamente en machones y columnas aisladas.

D.4.5.8 - APAREJO TRABADO - El patrón de colocación en aparejo trabado debe permitir continuidad en las celdas verticales que se inyectan con mortero de relleno

D.4.5.9 - JUNTAS DE CONTROL - Deben proveerse juntas de control en los muros para permitir los movimientos relativos previstos en la construcción, en los siguientes sitios

- (a) En donde la altura del muro cambia de manera apreciable.
- (b) En cambios de espesor en la longitud del muro
- (c) Cuando esté previsto así su funcionamiento en el diseño
- (d) En empates con elementos estructurales de función diferente y no integrados a la función del muro.
- (e) En donde haya juntas de control en la fundación, en las losas ó en las cubiertas.
- (f) En antepechos de ventanas cuando así se haya previsto.

D.4.5.9.1 – Distancia entre juntas de control - La distancia máxima entre juntas de control es de 8 metros. Esta distancia entre juntas de control puede aumentarse en caso de que haya evidencia técnica que lo permita.

D.4.5.9.2 – Configuración de la junta de control - La junta de control se configura con las unidades de mampostería apropiadas para tal función. En ausencia de las unidades especiales para junta, ésta debe estar diseñada y detallada en los planos de construcción. En todos los casos se debe garantizar que no haya movimiento diferencial en la dirección transversal, entre los muros separados por la junta

D.4.5.10 - CONSTRUCCION DEL MURO - El muro debe levantarse siguiendo el patrón de colocación de las unidades, con la metodología apropiada al rendimiento de la mano de obra, sin perjuicio del cumplimiento de las disposiciones de estas normas ó de la condición de adherencia del mortero con las unidades de mampostería. Las tolerancias para alineamiento del muro se establecen en la tabla D.4-2.

D.4.5.10.1 – Mortero de pega - Debe colocarse mortero de pega en todas las juntas entre piezas de mampostería con los siguientes requisitos especiales:

- (a) En las juntas horizontales de las unidades de perforación vertical, debe colocarse mortero de pega sobre las paredes laterales de la unidad y sobre sus tabiques transversales
- (b) Alternativamente, en las juntas horizontales se permite la colocación del mortero de pega solamente sobre las paredes laterales de la unidad, siempre y cuando la comprobación del valor de f'_m , requerida en D 3.8, se realice sobre muretes que solo tienen mortero de pega sobre las paredes laterales de la unidad de mampostería y este requisito se indique claramente en los planos.
- (c) En las juntas verticales de las unidades de perforación vertical, en las paredes laterales de la unidad
- (d) Cuando se utilicen piezas macizas o bloques de perforación horizontal, el mortero de pega debe colocarse en todo el ancho del muro en las juntas verticales y horizontales
- (e) El avance del mortero de pega debe ser tal que al momento de colocar las unidades no se haya reducido la plasticidad del mortero colocado.
- (f) El espesor máximo de las juntas de pega debe ser de 10 mm con las tolerancias establecidas en la Tabla D 4-2.

D.4.5.10.2 - Ventanas de inspección y limpieza. - Deben dejarse ventanas de inspección y limpieza en la base de los muros en cada celda con refuerzo vertical y a distancia no mayor de 1.0 metro en mampostería de cavidad. Cumpliendo los siguientes requisitos

- (a) Las dimensiones de las ventanas no deben ser menores de 75 mm x 75 mm, ni mayores de 100 mm x 100 mm

- (b) Cuando se hagan inyecciones parciales en altura no se requiere el uso de ventana de inspección si la porción de muro de inyectar no supera 1.4 metros.
- (c) Se deben retirar las rebabas internas y externas de la junta de pega.

Tabla D.4-2 - Tolerancias constructivas para muros de mampostería

<i>Elemento</i>	<i>Tolerancia</i>
1 Dimensiones de elementos (sección o elevación)	- 6 mm + 12.5 mm
2 Junta de mortero (10 mm)	- 4 mm + 4 mm
3. Cavidad ó celda de inyección	- 6 mm + 9 mm
4 Variación del nivel de junta horizontal Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 5 mm
5. Variación de la superficie de apoyo (cara superior del muro) Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 mm
6. Variación del plomo del muro Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 mm
7 Variación del alineamiento longitudinal Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 mm
8. Tolerancia de elementos en planta Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 20 mm
9. Tolerancia de elementos en elevación Máximo	± 6 mm/piso ± 20 mm

D.4.5.11 – COLOCACION DEL REFUERZO HORIZONTAL – El refuerzo horizontal en muros de mampostería de unidades de perforación vertical puede colocarse de dos maneras diferentes según su función:

D.4.5.11.1 – Refuerzo horizontal de junta – Este refuerzo se emplea principalmente para el control de la fisuración por efectos de temperatura y retracción de fraguado. Se coloca dentro de las juntas horizontales de pega, cumpliendo los siguientes requisitos:

- (a) Este refuerzo no puede tenerse en cuenta para efecto de resistencia a los esfuerzos cortantes contribuidos por el refuerzo
- (b) El área del refuerzo de junta puede tenerse en cuenta en el cumplimiento de las cuantías mínimas de refuerzo horizontal del muro
- (c) Cuando el diámetro del refuerzo horizontal sea inferior a la mitad del espesor de la junta horizontal, se puede colocar embebido en el mortero de junta.
- (d) El refuerzo de las juntas de mortero no debe atravesar las juntas de control. Debe anclarse en cada extremo del muro y antes de la junta de control

D.4.5.11.2 – Elementos embebidos para colocación del refuerzo horizontal – En los muros de mampostería de unidades de perforación vertical, el refuerzo horizontal que se coloca para resistir esfuerzos cortantes, y en aquellos casos en que no se puede colocar refuerzo de junta, se debe localizar dentro de unidades de mampostería especiales, de acuerdo con los siguientes requisitos.

- (a) Las unidades especiales exteriormente deben tener la misma apariencia de las unidades de perforación vertical empleadas en el resto del muro
- (b) Las unidades especiales deben tener tabiques transversales de menor altura para permitir la colocación del refuerzo horizontal.
- (c) La cavidad horizontal que se produce se inyecta con mortero de relleno para embeber el refuerzo horizontal, llevándola hasta la parte superior de la unidad especial
- (d) Antes de sentar las unidades especiales, colocando un angé, o malla metálica, o por medio de otro procedimiento apropiado, se debe impedir que el mortero de relleno caiga dentro de las celdas

verticales que no se inyectan; sin afectar el paso del mortero de relleno en las celdas verticales que se van a inyectar.

- (e) El refuerzo horizontal que se coloca dentro de la celda que producen las unidades especiales debe cumplir los mismos requisitos de diámetros máximos y mínimos del refuerzo que se coloca en las celdas verticales
- (f) El refuerzo horizontal que se coloca dentro de la celda debe terminar en sus extremos en un gancho estándar. El gancho puede tener su extensión libre colocada hacia arriba, hacia abajo, u horizontal, teniendo cuidado de no obstruir las operaciones de inyección del mortero de relleno. Cuando el refuerzo termina en vigas o en columnas, debe quedar totalmente anclado allí

D.4.5.12 - COLOCACION DEL REFUERZO VERTICAL - La colocación de los refuerzos y su disposición, deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

D.4.5.12.1 - Tolerancias - La colocación del refuerzo debe cumplir las tolerancias siguientes.

- (a) Tolerancia transversal: La cuarta parte de la dimensión transversal de la celda
- (b) Tolerancia longitudinal: La cuarta parte de la dimensión longitudinal de la celda.

D.4.5.12.2 – Localización de las barras en la celda - Las barras verticales deben colocarse preferiblemente en el centro de la celda.

D.4.5.12.3 - Empalmes - En la zona de empalme, las barras traslapadas pueden estar en contacto mediante posicionadores, o pueden estar separadas una distancia no menor de 25 mm. Se puede empalmar refuerzo entre celdas adyacentes.

D.4.5.12.4 – Sujeción del refuerzo - Antes de la inyección del mortero, el refuerzo debe asegurarse contra desplazamientos, mediante posicionadores de alambre o dispositivos similares.

D.4.5.12.5 - Cambios - El cambio de posición o de dimensión del refuerzo sólo puede ser autorizado por el responsable del diseño estructural o su delegado

D.4.6 – REQUISITOS CONSTRUCTIVOS PARA EL MORTERO DE RELLENO

D.4.6.1 - PREPARACION DEL MORTERO DE RELLENO - El mortero de relleno preparado en el sitio se debe mezclar durante un periodo entre 3 y 10 minutos en equipo mecánico, con la cantidad de agua requerida para la trabajabilidad deseada.

D.4.6.2 - FLUIDEZ - Al momento de la colocación del mortero de relleno, éste debe presentar las condiciones de fluidez requeridas sin que se haya iniciado endurecimiento por hidratación del cemento, de manera que el mortero de relleno fluya sin segregación por los espacios a inyectar

D.4.6.3 - INYECCION DEL MORTERO - El mortero de relleno se debe colocar directamente con bomba o manualmente con embudo, teniendo la precaución de que todo el espacio inyectado quede homogéneo y compacto, buscando vinculación íntima entre el mortero de relleno y las unidades de mampostería

D.4.6.3.1 – Altura de inyección - La altura máxima de inyección se determinada teniendo en cuenta los siguientes aspectos

- (a) Distancia entre traslapos del refuerzo vertical.
- (b) Condición resistente de las unidades de mampostería a la presión hidrostática del mortero de relleno
- (c) Altura de inyección en un día con intervalos máximos de una hora
- (d) Tamaño del espacio a inyectar según altura de inyección (tabla D 4-3)

Tabla D.4-3 - Altura máxima de inyección según el tamaño del espacio de inyección

Altura de Inyección		Dimensiones mínimas de celda requerida ⁽¹⁾ (mm)	Dimensión mínima de cavidad ⁽²⁾ (mm)
Mortero Fino	Mortero Grueso		
0.4 m	-	40 x 50	25
1.2 m	0.4 m	50 x 60	38
1.5 m	1.2 m	50 x 75	50
3.0 m	1.5 m	60 x 75	60
-	3.0 m	75 x 75	75

(1) Espacio libre entre rebabas internas.

(2) El área del refuerzo no ocupará más del 6% del área de la celda

D.4.6.3.2 – Suspensión de la inyección - Cuando el proceso de inyección se suspenda por más de una hora, debe iniciarse un nuevo vaciado del mortero de relleno con las precauciones anotadas, como ventanas de inspección, etc

D.4.6.3.3 – Inyección parcial - Es conveniente proveer de controles laterales de flujo al mortero de relleno cuando la inyección del muro es parcial. Para tal efecto se pueden rellenar con arena las celdas seleccionadas como barrera, o utilizar otro mecanismo apropiado al efecto.

D.4.6.3.4 – Juntas entre inyecciones de mortero - La junta de vaciado entre etapas de inyección debe hacerse al mismo nivel un mínimo de 40 mm por debajo de una junta de mortero de pega

D.4.6.4 - COMPACTACION - El mortero de relleno debe compactarse adecuadamente con vibrador o barra lisa. En la celdas donde exista refuerzo vertical, basta vibrar la barra del refuerzo.

D.4.6.4.1 - Recompactación - Pasado un tiempo prudencial de unos 5 minutos, es necesario recompactar el mortero de relleno colocado para garantizar la adherencia con las unidades, por la reducción de volumen que sufre el mortero al perder el agua succionada por las unidades. Alternativamente puede usarse un aditivo de expansión de volumen en el mortero de relleno.

D.4.7 - REQUISITOS CONSTRUCTIVOS PARA LOSAS DE ENTREPISO

D.4.7.1 – ACCION COMO DIAFRAGMA - Las losas de entrepiso utilizadas en las construcciones de mampostería estructural deben cumplir los requisitos para diafragma de A.3.6.8 y C 21 6.4.1 de estas normas

D.4.7.1.1 – Diafragmas flexibles - Los diafragmas flexibles que no cumplan los requisitos indicados en esta sección se pueden utilizar en edificaciones de 1 y 2 niveles del grupo de uso I cumpliendo los requisitos de control de desplazamientos y distribución especial de cargas laterales dados en el Título A.

D.4.7.2 – APOYO DE LOS ELEMENTOS DEL ENTREPISO - Los elementos de la losa del entrepiso que se apoyan directamente sobre los muros deben quedar suficientemente soportados durante la construcción y vinculados adecuadamente en forma permanente a los muros

D.4.7.3 – VOLCAMIENTO DE LA HILADA DE APOYO - Se debe garantizar que el apoyo de la losa no cause volcamiento en la hilada de apoyo por exceso de excentricidad, ni que haya posibilidad de desprendimiento de la placa en la etapa constructiva o en la etapa de servicio

D.4.7.4 - LOSAS PREFABRICADAS - Cuando se utilicen losas prefabricadas, se deben cumplir las siguientes condiciones:

(a) El espesor mínimo nominal del muro de carga es 120 mm

(b) Deben cumplirse los requisitos de C 21.6 4.2, de acuerdo con la capacidad de disipación de energía en rango inelástico del sistema de resistencia sísmica

- (c) Debe utilizarse apuntalamiento provisional de la placa hasta que se garantice el funcionamiento del conjunto losa muro. En la intersección debe garantizarse la transferencia de esfuerzos entre la losa y el muro tanto para carga vertical como para la carga lateral

D.4.8 - APUNTALAMIENTO DE MUROS

D.4.8.1 - Cuando así lo requieran, los muros expuestos a las condiciones ambientales como viento y humedad, deben protegerse contra sus efectos, de manera provisional o definitiva.

D.4.9 - JUNTAS DE CONSTRUCCION

D.4.9.1 - Las juntas de construcción entre edificaciones estructuralmente independientes deben realizarse permitiendo los desplazamientos laterales sin interferencias por golpeteo entre las mismas. Las juntas de construcción deben estar libres de escombros y demás materiales que limiten la libertad a los desplazamientos horizontales. El acabado de las fachadas se debe suspender en las juntas de construcción utilizando elementos flexibles para prevenir la humedad



CAPITULO D.5

REQUISITOS GENERALES DE ANALISIS Y DISEÑO

D.5.0 - NOMENCLATURA

A_e	=	área efectiva de la sección de mampostería, mm ² . Véase D.5.4.1.
A_{mv}	=	área efectiva para determinar esfuerzos cortantes, mm ² . Véase D.5.4.5.
A_{se}	=	área efectiva de refuerzo en tracción, mm ² .
A_{st}	=	área total de acero de refuerzo en la sección de muro, mm ² .
A_{s1}	=	área del refuerzo a tracción equilibrado por la compresión en la mampostería, mm ² .
A_{s2}	=	área del refuerzo a tracción equilibrado por el refuerzo a compresión, mm ² .
A_v	=	área del refuerzo para cortante, mm ² .
a	=	profundidad del bloque equivalente de compresión (tomar como $0.85c$), mm.
a_b	=	profundidad del bloque equivalente de compresión en condiciones balanceadas, ecuación (D.5-2), mm
b	=	ancho efectivo de la sección, mm Véase D.5.4.4.
c	=	profundidad del eje neutro en la zona de compresión, mm.
d	=	distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción, mm.
d'	=	distancia desde el centroide del refuerzo en compresión flexión hasta la fibra extrema en compresión.
E	=	efectos sísmicos reducidos
E_m	=	módulo de elasticidad de la mampostería, MPa.
E_r	=	módulo de elasticidad del mortero de relleno, MPa.
E_s	=	módulo de elasticidad del acero de refuerzo, MPa.
F_s	=	fuerzas sísmicas
f'_m	=	resistencia a la compresión de la mampostería, MPa.
$\sqrt{f'_m}$	=	raíz cuadrada de la resistencia a la compresión de la mampostería, en MPa
f_r	=	módulo de ruptura de la mampostería, MPa.
f_y	=	resistencia a la fluencia del acero de refuerzo, MPa
G_m	=	módulo de cortante de la mampostería, MPa.
G_r	=	módulo de cortante del mortero de relleno, MPa
h'	=	altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo, mm. Véase D.5.4.3.
ℓ	=	luz de una viga o dintel, mm
ℓ_w	=	longitud horizontal del muro, mm
M	=	momento actuante que ocurre simultáneamente con V .
M_{cr}	=	momento de agrietamiento del muro de mampostería
M_n	=	resistencia nominal a flexión.
M_u	=	resistencia solicitada de diseño a flexión
P_b	=	carga axial nominal balanceada, N.
P_n	=	resistencia nominal a carga axial, N.
P_o	=	máxima resistencia axial teórica, N.
P_u	=	resistencia solicitada de diseño a carga axial, N.
R	=	coeficiente de capacidad de disipación de energía.
R_e	=	coeficiente utilizado para tener en cuenta el efecto de esbeltez de elementos en compresión
R_o	=	coeficiente básico de capacidad de disipación de energía.
s	=	separación del refuerzo de cortante medida a lo largo del eje vertical del muro, mm
t	=	espesor efectivo de la sección para evaluar efectos de pandeo, mm Véase D.5.4.2.
V	=	fuerza cortante actuante que ocurre simultáneamente con M
V_n	=	resistencia nominal para fuerza cortante, N
V_m	=	resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería, N
V_u	=	resistencia solicitada de diseño de fuerza cortante, N.
V_s	=	resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo de cortante, N
α	=	coeficiente para ser empleado en la ecuación (D.5-24)
ϵ_{mu}	=	máxima deformación unitaria permisible de compresión en la mampostería ($\epsilon_{mu} = 0.003$)
ϵ_y	=	deformación unitaria de fluencia del acero de refuerzo.
ϕ	=	coeficiente de reducción de resistencia
ρ	=	cuantía de refuerzo a tracción por flexión $\rho = A_s/(bd)$

- ρ_b = cuantía correspondiente a las condiciones de flexión balanceada.
 ρ_n = cuantía de refuerzo horizontal que resiste cortante en un muro en un plano perpendicular al plano A_m , mm^2 .

D.5.1 - HIPOTESIS Y PRINCIPIOS GENERALES

D.5.1.1 – GENERALIDADES - El análisis y diseño de la mampostería estructural debe hacerse utilizando métodos racionales basados en principios aceptados por la buena práctica de la ingeniería y que reflejen las características y propiedades de los materiales componentes, los métodos constructivos utilizados y el comportamiento individual y en conjunto del sistema estructural.

D.5.1.2 – METODOLOGIA DE DISEÑO POR ESTADOS LIMITES DE RESISTENCIA - Los requisitos de análisis y diseño del Título D están basados en el método del estado límite de resistencia, descrito en B.2.4. No obstante, se permite el diseño de estructuras de mampostería por el método de esfuerzos de trabajo, descrito en B.2.3, y para el efecto pueden emplearse los requisitos alternos presentados en el Apéndice D-1. Todo el diseño de la estructura debe realizarse por uno de los dos métodos

D.5.1.3 – RESISTENCIA REQUERIDA - La resistencia requerida para los elementos de mampostería estructural se obtiene como el valor máximo, expresado en términos de carga o momentos y fuerzas internas asociadas, que resultan de aplicar a la estructura las diferentes cargas muertas, vivas, sísmicas, de viento e impuestas por cambios de temperatura, retracción de fraguado y flujo plástico, empuje de tierra o líquidos; combinadas y mayoradas de acuerdo con B.2.4 de este Reglamento.

D.5.1.4 – RESISTENCIA DE DISEÑO - La resistencia de diseño que tiene un elemento, sus conexiones con otros elementos y cualquier parte o sección de él, en términos de momento flector, carga axial, cortante y torsión, debe ser igual a su resistencia nominal calculada de acuerdo con los requisitos y suposiciones del presente Capítulo, multiplicada por un coeficiente de reducción de resistencia, ϕ . Por lo tanto:

$$\text{Resistencia de Diseño} = \phi \times \text{Resistencia Nominal} \geq \text{Resistencia Requerida} = U \quad (\text{D.5-1})$$

D.5.1.5 - VALORES DE ϕ - Los coeficientes de reducción de resistencia deben ser los siguientes:

D.5.1.5.1 – Fuerzas perpendiculares al plano del muro - En el diseño de muros de mampostería estructural para efectos causados por fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro, deben emplearse los siguientes coeficientes de reducción de resistencia:

- (a) Flexión y flexo-compresión $\phi = 0.80$
 (b) Cortante $\phi = 0.60$

D.5.1.5.2 – Fuerzas paralelas al plano del muro - En el diseño de muros de mampostería estructural para efectos causados por fuerzas horizontales paralelas al plano del muro, deben emplearse los siguientes coeficientes de reducción de resistencia:

- (a) Flexión $\phi = 0.85$
 (b) Compresión y flexo-compresión $\phi = 0.60$

Para muros con refuerzo simétrico en los cuales f_y no excede 420 MPa, el valor de ϕ puede incrementarse linealmente hasta $\phi = 0.85$ en la medida que ϕP_n disminuye desde $0.10 f'_m A_e$ ó $0.25 P_b$ hasta cero. Para muros con todas sus celdas inyectadas, P_b puede calcularse utilizando la ecuación (D.5-2).

$$P_b = 0.85 f'_m b a_b \quad \text{y} \quad a_b = 0.85 d \frac{\epsilon_{mu}}{\epsilon_{mu} + \frac{f_y}{E_s}} \quad (\text{D.5-2})$$

- (c) Cortante $\phi = 0.60$

Este valor puede subirse a $\phi = 0.85$ en muros donde la resistencia nominal a cortante excede el cortante correspondiente al desarrollo de su resistencia nominal a flexión para la combinación de fuerzas mayoradas.

D.5.1.5.3 – Valores ϕ de para el refuerzo - En el refuerzo embebido en mortero de relleno, deben emplearse los siguientes coeficientes de reducción de resistencia:

- (a) Desarrollo del refuerzo..... $\phi = 0.80$
- (b) Empalmes por traslapo $\phi = 0.80$

D.5.1.6 – SUPOSICIONES DE DISEÑO – El diseño de mampostería estructural por el método del estado límite de resistencia se basa en las siguientes suposiciones:

D.5.1.6.1 – Resistencia a la tracción de la mampostería - La mampostería no resiste esfuerzos de tracción.

D.5.1.6.2 – Compatibilidad de deformaciones – El refuerzo está totalmente rodeado y adherido a los materiales de la mampostería de una manera tal, que trabajan como un material homogéneo.

D.5.1.6.3 – Secciones planas permanecen planas – Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en la mampostería deben suponerse proporcionales a la distancia al eje neutro de la sección. La resistencia nominal de las secciones de muros de mampostería para las condiciones de flexo-compresión se deben obtener de la aplicación de los principios de equilibrio y compatibilidad de deformaciones.

D.5.1.6.4 – Relación esfuerzo deformación para el acero de refuerzo – Los esfuerzos en el acero, para valores menores que el esfuerzo de fluencia, f_y , deben considerarse linealmente proporcionales a la deformación unitaria multiplicada por E_s . Para valores superiores de deformación unitaria correspondiente al esfuerzo de fluencia, $\epsilon_y = f_y/E_s$, el esfuerzo en el acero se debe considerar independiente de la deformación e igual a f_y .

D.5.1.6.5 – Deformación unitaria máxima en la mampostería – La máxima deformación unitaria en la fibra extrema en compresión de la mampostería, ϵ_{mu} , debe tomarse como 0.003.

D.5.1.6.6 – Relación esfuerzo deformación para la mampostería - En el diseño por el método de resistencia puede considerarse una distribución rectangular de esfuerzos de compresión en la mampostería definida de la siguiente forma:

- (a) Se puede suponer un esfuerzo uniforme de compresión en la mampostería con intensidad de $0.85f'_m$ sobre una zona equivalente limitada por los bordes de la sección efectiva y una línea recta paralela al eje neutro de la sección.
- (b) La dimensión de la zona equivalente de compresión, a , medida en dirección perpendicular al eje neutro a partir de la fibra de máxima compresión, debe ser el 85% de la dimensión comprimida, c , de la sección en esa dirección ($a = 0.85c$).

D.5.2. - MODULOS DE ELASTICIDAD Y DE CORTANTE

D.5.2.1 – MODULO DE ELASTICIDAD - Para los módulos de elasticidad se deben tomar los siguientes valores:

Acero

$$E_s = 200\,000 \text{ MPa} \quad \text{(D.5-3)}$$

Para mampostería en concreto

$$E_m = 750 f'_m \leq 14\,000 \text{ MPa} \quad \text{(D.5-4)}$$

Para mampostería en arcilla

$$E_m = 500 f'_m \leq 10\,000 \text{ MPa} \quad \text{(D.5-5)}$$

Mortero de relleno

$$E_r = 4\,000 \sqrt{f'_{cr}} \leq 20\,000 \text{ MPa} \quad \text{(D.5-6*)}$$

D.5.2.1.1 - El valor para el módulo de elasticidad se puede establecer por medio de ensayos de laboratorio tomando la secante desde $0.05f'_m$ hasta $0.33f'_m$. Los registros históricos del módulo de elasticidad

determinado experimentalmente para proyectos en construcción, pueden utilizarse en diseños posteriores de obras con materiales similares.

D.5.2.2 - MODULO DE CORTANTE - Para los módulos de cortante se deben tomar los siguientes valores:

Mampostería

$$G_m = 0.4 E_m \quad (D.5-7)$$

Mortero de relleno

$$G_r = 0.5 E_r \quad (D.5-8)$$

D.5.3 – CARGAS

D.5.3.1 – SOLICITACIONES A EMPLEAR - Las estructuras de mampostería deben diseñarse para los efectos de las cargas combinadas especificadas en el Título B de este Reglamento. Así mismo en la evaluación de los esfuerzos de diseño, se deben tener en cuenta los efectos de las cargas sobre los desplazamientos.

D.5.3.1.1 – Combinación de las solicitaciones - Las diferentes solicitaciones que deben ser tenidas en cuenta, se combinan para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura, de acuerdo con los requisitos de B.2.3 por el método del estado límite de resistencia. En cada una de las combinaciones de carga requeridas, las solicitaciones se multiplican por el coeficiente de carga prescrito para esa combinación en B.2.3. En los efectos causados por el sismo se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, E , obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas F_s , determinadas de acuerdo con los requisitos del Título A del Reglamento, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R ($E = F_s / R$). El coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , es función de:

- (a) el sistema de resistencia sísmica de acuerdo con la clasificación dada en el Capítulo A.3,
- (b) del grado de irregularidad de la edificación, y
- (c) de los requisitos de diseño y detallado de cada tipo de mampostería estructural, para el grado de capacidad de disipación de energía correspondiente (*DMI*, *DMO*, o *DES*), tal como se especifica en el presente Título y en Capítulo A.3.

D.5.3.1.2 – Otros efectos - Además de las combinaciones de cargas verticales y horizontales especificadas, se debe capacitar la estructura y sus partes para atender los efectos causados por contracción, expansión, flujo plástico, asentamientos previstos y condiciones ambientales de funcionamiento.

D.5.3.2 - DISTRIBUCION DE FUERZA LATERAL - Las fuerzas laterales deben distribuirse al sistema estructural de acuerdo con la rigidez de los elementos y del diafragma de acuerdo con lo prescrito en el Título A del Reglamento.

D.5.3.2.1 – Efecto de las aletas de la sección - Puede considerarse el incremento en la rigidez de los elementos por el efecto de aleta en muros que se intersectan monolíticamente. El ancho efectivo de aleta a cada lado (tipo T, I) no debe exceder 6 veces el espesor del muro intersectado. El ancho efectivo de aleta a un solo lado (tipo L, Z, C), no debe exceder 6 veces el espesor del muro intersectado. La aleta no se deben considerar en la resistencia a cortante

D.5.3.2.2 – Efectos torsionales - Las cargas laterales distribuidas deben tener en cuenta los efectos torsionales horizontales de asimetría en las cargas, las masas o la estructura, tal como lo establece el Título A del Reglamento.

D.5.3.3 - CARGAS CONCENTRADAS - Los siguientes aspectos referentes a cargas concentradas deben tenerse en cuenta en el análisis y diseño.

- (a) Para el cálculo de los esfuerzos de contacto, en aparejo trabado se debe tomar un área cuya profundidad es el espesor neto del elemento de apoyo y cuya longitud no puede ser mayor que el ancho de la pieza soportada mas cuatro veces el espesor del apoyo, sin ser mayor que la distancia entre centros de las cargas concentradas. Para mampostería con aparejo de petaca, la longitud del área de cálculo se debe tomar como el tamaño de la unidad de mampostería en esa dirección.

- (b) Los esfuerzos de contacto bajo cargas concentradas mayoradas, evaluadas sobre el área especificada en el literal anterior, no deben exceder $0.85f'_m$.
- (c) Se considera que las cargas concentradas se distribuyen a un ángulo de 45° con la vertical en muros con aparejo trabado y de 30° en muros con aparejo de petaca.

D.5.3.4 - CARGA EXCENTRICA - Los esfuerzos que producen las cargas con excentricidad paralela o normal al plano del elemento estructural, deben considerarse en el diseño teniendo en cuenta su posición relativa al centro de rigidez de la sección neta. Todo esfuerzo que se produzca debe estar dentro de los límites establecidos en cada caso.

D.5.3.4.1 – Apoyos provisionales - En la evaluación de los esfuerzos por cargas excéntricas, se debe tener en cuenta la condición transitoria de su acción y los efectos permanentes. Cuando los efectos por la acción transitoria se mitiguen por medio de apoyos provisionales, estos apoyos se deben especificar claramente en los planos de construcción.

D.5.4 - CARACTERISTICAS DIMENSIONALES EFECTIVAS

D.5.4.1 - AREA EFECTIVA (A_e) - El área efectiva a utilizar para el cálculo de los esfuerzos axiales debe ser la suma del área mínima de contacto entre el mortero de pega y la unidad de mampostería y el área inyectada. Cuando la junta de mortero sea ranurada el área efectiva debe reducirse proporcionalmente. En la mampostería confinada incluye el área de los elementos de confinamiento.

D.5.4.2 - ESPESOR EFECTIVO PARA EVALUAR EL EFECTO DE PANDEO (t) - El espesor efectivo t a utilizar para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo, se debe tomar de la siguiente forma:

- (a) Para muros sin machones o columnas de arriostramiento, el espesor efectivo es su espesor real.
- (b) Para muros arriostrados a distancias regulares por machones integrados monolíticamente al muro, el espesor efectivo es el producto del espesor real del muro por el coeficiente de la tabla D.5-1
- (c) Los muros de cavidad reforzada se deben asimilar para el efecto, a un solo muro con un espesor real medido entre los bordes externos del conjunto.
- (d) En elementos de sección rectangular se debe considerar como espesor efectivo la dimensión de la sección en la dirección considerada. Para secciones no rectangulares se debe considerar como espesor efectivo en cada dirección el espesor de una sección rectangular de igual ancho e inercia equivalente.

**Tabla D.5-1
Coeficientes para muros arriostrados por machones (*)**

Espaciamiento Machón Espesor Machón	Espesor machón/Espesor muro		
	1.0	2.0	3.0
6 ó menos	1.0	1.4	2.0
8	1.0	1.3	1.7
10	1.0	1.2	1.4
15	1.0	1.1	1.2
20 ó más	1.0	1.0	1.0

(*) Interpolación linealmente para valores intermedios.

D.5.4.3 - ALTURA EFECTIVA PARA EVALUAR EL EFECTO DE PANDEO (h') - La altura efectiva h' de un elemento para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo se debe tomar de la siguiente forma:

- (a) En elementos soportados lateralmente arriba y abajo en la dirección considerada, como la distancia libre entre apoyos.
- (b) En elementos no soportados en un extremo en la dirección considerada, como el doble de la dimensión medida desde el apoyo.
- (c) Cuando se justifique apropiadamente, se puede utilizar como altura efectiva una dimensión menor a la distancia libre entre apoyos.

D.5.4.3.1 - La relación entre altura efectiva y espesor efectivo no puede ser superior a 25 en muros estructurales.

D.5.4.4 - ANCHO EFECTIVO (b) - El ancho efectivo para ser empleado en los cálculos de la resistencia a flexión y flexo-compresión de muros de mampostería construidos con unidades de perforación vertical, debe tomarse de la siguiente manera:

D.5.4.4.1 – Ancho efectivo b para flexión perpendicular al plano del muro – Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es perpendicular al plano del muro, e inducen flexión o flexo-compresión con respecto a un eje paralelo al muro, el ancho efectivo b que se debe tomar para efectos de diseñar la sección es, para aparejo trabado, la mayor entre 6 veces el ancho nominal del muro y la distancia centro a centro entre refuerzos verticales, y para aparejo en petaca, la mayor entre 3 veces el ancho nominal del muro y la distancia centro a centro entre refuerzos verticales. En la mampostería con todas sus celdas inyectadas, la sección se considera sólida y no hay necesidad de aplicar las reducciones indicadas anteriormente.

D.5.4.4.2 – Ancho efectivo b para flexión paralela al plano del muro – Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es paralela al plano del muro, e inducen flexión o flexo-compresión con respecto a un eje perpendicular al plano del muro, el ancho efectivo b que se debe tomar para efectos de diseñar la sección es igual al ancho sólido promedio del muro. El ancho efectivo b, corresponde al área efectiva dividida por la longitud horizontal del muro ($b = A_e/\ell_w$).

D.5.4.5 - AREA EFECTIVA PARA DETERMINAR ESFUERZOS CORTANTES (A_{mv}) - El área efectiva para calcular esfuerzos cortantes en muros de mampostería construidos con unidades de perforación vertical, debe tomarse de la siguiente manera:

D.5.4.5.1 – Area efectiva A_{mv} para cortante en la dirección perpendicular al plano del muro – Cuando la dirección de la fuerza horizontal es perpendicular al plano del muro, e induce esfuerzos cortantes en esa dirección, el área efectiva para cortante es igual a A_e ($A_{mv} = A_e$), excepto cuando se emplea mortero de pega sólo en las paredes laterales de la unidad de perforación vertical, véase D.4.5.10.1(b), caso en el cual A_{mv} corresponde a la suma de las porciones del muro inyectadas con mortero de relleno, incluyendo las paredes de las unidades de mampostería que las circundan y que tienen mortero de pega.

D.5.4.5.2 – Area efectiva A_{mv} para cortante en la dirección paralela al plano del muro – Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es paralela al plano del muro, e induce esfuerzos cortantes en esa dirección, solo el alma de la sección resiste esfuerzos cortantes y A_{mv} es el área neta del alma de la sección. Generalmente $A_{mv} = b\ell_w$, siendo b el ancho efectivo del alma. No obstante, cuando hay concentraciones de celdas inyectadas con mortero de relleno en los extremos del muro, el ancho efectivo para este propósito debe calcularse en la zona central del alma

D.5.4.6 - DISTANCIA ENTRE APOYOS EN VIGAS Y DINTELES - Para vigas y dinteles la distancia máxima entre apoyos que les den soporte lateral debe ser de 32 veces el ancho efectivo.

D.5.4.7 - RIGIDEZ MINIMA A FLEXION EN VIGAS Y DINTELES - La rigidez mínima a flexión de un elemento debe ser tal que no se produzcan flechas elásticas mayores a $\ell/500$ bajo la totalidad de las cargas verticales de diseño sin mayorar.

D.5.4.8 - VIGAS DE SECCION ALTA - Las vigas que tengan relaciones de longitud/altura menores de 1 25 en luces simples y menores de 2 5 en luces continuas, se deben diseñar teniendo en cuenta relaciones no lineales en la distribución de esfuerzos en la sección

D.5.5 – RESISTENCIA PARA CARGA AXIAL DE COMPRESION

D.5.5.1 – MAXIMA RESISTENCIA AXIAL TEORICA – La máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad, P_o , se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_o = 0.85f'_m (A_c - A_{st}) + A_{st} f_y \leq f'_m A_c \quad (D.5-9)$$

D.5.5.2 – REDUCCION DE RESISTENCIA AXIAL POR ESBELTEZ – El efecto de la esbeltez del muro en la resistencia nominal para carga axial se obtiene por medio del parámetro R_c :

$$R_c = 1 - [h'/40t]^3 \quad (D.5-10)$$

D.5.5.3 – RESISTENCIA NOMINAL PARA CARGA AXIAL - La resistencia nominal para carga axial de compresión P_n , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, no puede ser mayor que el valor dado a continuación:

$$P_n \leq 0.80 P_o R_c \quad (D.5-11)$$

D.5.5.4 – MÁXIMA RESISTENCIA DE DISEÑO PARA CARGA AXIAL - La máxima resistencia de diseño para carga axial de compresión P_u , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, está dada por la siguiente expresión

$$P_u \leq \phi P_n = \phi 0.80 P_o R_c \quad (D.5-12)$$

D.5.6 – RESISTENCIA A FLEXION SIN CARGA AXIAL

D.5.6.1 – GENERAL – Cuando la sección del muro esta sometida a momento flector sin la presencia de carga axial, se debe cumplir la siguiente condición:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (D.5-13)$$

D.5.6.2 – SECCIONES SOLO CON REFUERZO A TRACCION – Cuando la sección del muro esta simplemente reforzada, y su cuantía es menor del 75% de la cuantía para condiciones balanceadas, la resistencia nominal a flexión M_n , se puede obtener por medio de la ecuación (D 5-14).

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (D.5-14)$$

y

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_m b} \quad (D.5-15)$$

D.5.6.3 – SECCIONES CON REFUERZO A COMPRESION – Cuando la sección del muro tiene refuerzo que trabaja a compresión, y se puede probar que el refuerzo a compresión está en fluencia, la resistencia nominal a flexión M_n , se puede obtener por medio de la ecuación (D 5-16).

$$M_n = A_{s1} f_y (d - a/2) + A_{s2} f_y (d - d') \quad (D.5-16)$$

D.5.7 - DISEÑO DE MUROS EN LA DIRECCION PERPENDICULAR A SU PLANO

D.5.7.1 – GENERAL – Los requisitos de esta sección se emplean para el diseño por el método del estado límite de resistencia, de muros de mampostería estructural de unidades de perforación vertical y de cavidad reforzada para el efecto de las cargas horizontales perpendiculares al plano del muro, además de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro

D.5.7.2 – RESISTENCIA A FLEXION PARA MUROS CON CARGA AXIAL MENOR QUE $0.10 f'_m A_c$ – Cuando la carga axial que actúa sobre el muro P_u en la sección bajo estudio es menor que $0.10 f'_m A_c$, el momento de diseño solicitado, M_u , debe cumplir la condición dada por la ecuación (D.5-17):

$$M_u \leq \phi R_e M_n \quad (D.5-17)$$

donde R_e está dado por la ecuación (D.5-10), y M_n se obtiene por medio de:

$$M_n = A_{se} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (D.5-18)$$

$$A_{se} = \frac{A_s f_y + P_u}{f_y} \quad (D.5-19)$$

y

$$a = \frac{A_s f_y + P_u}{0.85 f'_m b} \quad (D.5-20)$$

y la cuantía de refuerzo a flexión, $\rho = A_s/(bd)$ no debe exceder $0.5\rho_b$

D.5.7.3 – RESISTENCIA A FLEXION PARA MUROS CON CARGA AXIAL MAYOR QUE $0.10f'_m A_c$ – Cuando la carga axial que actúa sobre el muro P_u en la sección bajo estudio es mayor que $0.10f'_m A_c$, la relación de esbeltez del muro h/t no debe ser mayor que 30, y el momento de diseño solicitado, M_u , que acompaña la carga axial P_u , debe cumplir la condición dada por la ecuación (D.5-21):

$$M_u \leq \phi R_e M_n \quad (D.5-21)$$

donde R_e está dado por la ecuación (D.5-10), y M_n se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, de acuerdo con los principios enunciados en D.5.1.6 y empleando el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , apropiado de los dados en D.5.1.5.1.

D.5.7.4 – RESISTENCIA A CORTANTE EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO DEL MURO – Se debe cumplir la siguiente condición con respecto a la fuerza cortante que actúa en la dirección perpendicular al plano del muro:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (D.5-22)$$

donde,

$$V_n = \frac{1}{6} A_{mv} \sqrt{f'_m} \quad (D.5-23^*)$$

donde A_{mv} está definido en D 5 4 5 1 y el valor del coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , está dado en D.5.1 5.1.

D.5.8 - DISEÑO DE MUROS EN LA DIRECCION PARALELA A SU PLANO

D.5.8.1 – GENERAL – Los requisitos de esta sección se emplean para el diseño por el método del estado límite de resistencia, de muros de mampostería estructural de unidades de perforación vertical y de cavidad reforzada para el efecto de las cargas horizontales paralelas al plano del muro, además de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro

D.5.8.2 – RESISTENCIA MINIMA A LA FLEXION – Cuando el modo de falla dominante del muro es la flexión, la resistencia nominal a flexión del muro M_n , debe cumplir la siguiente relación:

$$M_n \geq \alpha M_{cr} \quad (D.5-24)$$

donde $\alpha = 1.8$ para mampostería con todas sus celdas inyectadas con mortero de relleno, $\alpha = 3.0$ para mampostería donde solo están inyectadas las celdas que contienen refuerzo y $\alpha = 3.0$ para mampostería de cavidad reforzada. M_{cr} es el momento de agrietamiento, el cual se obtiene por medio de la ecuación (D.5-25)

$$M_{cr} = \frac{b f_w^2}{6} f_r \quad (D.5-25)$$

El módulo de ruptura de la mampostería, f_r , se obtiene así:

- (a) Para mampostería totalmente inyectada $f_r = 0.33 \sqrt{f'_m} \leq 1.6$ MPa
- (b) Para mampostería con solo las celdas con refuerzo inyectada . . . $f_r = 0.21 \sqrt{f'_m} \leq 0.8$ MPa