

NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS
DE LA LEY DE EDIFICACIONES DEL ESTADO
DE BAJA CALIFORNIA, DE SEGURIDAD
ESTRUCTURAL EN MATERIA DE
“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE
MAMPOSTERIA”

2017

Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en Materia de “Diseño y Construcción de Mampostería”

| | |
|---|-----|
| INDICE | 193 |
| NOTACION | 200 |
| 1. CONSIDERACIONES GENERALES | 204 |
| 1.1. Alcance | 204 |
| 1.2. Unidades | 204 |
| 1.3. Otros tipos de piezas y otras modalidades de refuerzo y construcción de muros | 205 |
| 2. MATERIALES PARA MAMPOSTERIA | 205 |
| 2.1. Tipo de piezas | 205 |
| 2.1.1. Piezas macizas | 206 |
| 2.1.2. Piezas huecas | 206 |
| 2.2. Resistencia a la compresión | 207 |
| 2.3. Cementantes | 209 |
| 2.3.1. Cemento hidráulico | 209 |
| 2.3.2. Cemento de albañilería | 209 |
| 2.3.3. Cal hidratada | 209 |
| 2.4. Agregados pétreos | 209 |
| 2.5. Agua de mezclado | 209 |
| 2.6. Morteros | 210 |
| 2.6.1. Resistencia a la compresión | 210 |
| 2.6.2. Mortero para pegar piezas | 211 |
| 2.6.3. Morteros y concretos de relleno | 212 |
| 2.7. Aditivos | 213 |
| 2.8. Acero de refuerzo | 213 |
| 2.9. Mampostería | 214 |
| 2.9.1. Resistencia a compresión | 214 |
| 2.9.1.1. Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearan en la obra | 214 |
| 2.9.1.2. A partir de la resistencia de diseño de las piezas y el mortero | 216 |
| 2.9.1.3. Valores indicativos | 217 |
| 2.9.2. Resistencia a compresión diagonal | 218 |
| 2.9.2.1. Ensayes de muretes construidos con las piezas y morteros que se emplearan en la obra | 219 |
| 2.9.2.2. Valores indicativos | 221 |
| 2.9.3. Resistencia al aplastamiento | 221 |
| 2.9.4. Resistencia a la tensión | 221 |
| 2.9.5. Módulo de elasticidad | 222 |
| 2.9.5.1. Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearan en la obra | 223 |
| 2.9.5.2. Determinación a partir de la resistencia de diseño de compresión de la mampostería | 223 |

| | |
|---|------------|
| 2.9.6. Módulo de cortante | 223 |
| 3. ESPECIFICACIONES GENERALES DE ANALISIS Y DISEÑO | 224 |
| 3.1. Criterios de diseño | 224 |
| 3.1.1. Estado límite de falla | 224 |
| 3.1.2. Estado límite de servicio | 225 |
| 3.1.3. Diseño por durabilidad | 226 |
| 3.1.4. Factores de resistencia | 227 |
| 3.1.4.1. En muros sujetos a compresión axial | 227 |
| 3.1.4.2. En muros sujetos a flexocompresión en su plano o fuera de su plano | 227 |
| 3.1.4.3. En muros sujetos a fuerza cortante | 227 |
| 3.1.5. Contribución del refuerzo a la resistencia a cargas verticales | 228 |
| 3.1.6. Hipótesis para la obtención de resistencias de diseño a flexión | 228 |
| 3.1.7. Resistencia de la mampostería a cargas laterales | 229 |
| 3.1.8. Factor de comportamiento sísmico (ductilidad) | 229 |
| 3.1.9. Diseño de cimentaciones | 230 |
| 3.1.10. Diseño de sistema de piso y techo | 231 |
| 3.2. Métodos de análisis | 232 |
| 3.2.1. Criterio general | 232 |
| 3.2.2. Análisis por cargas verticales | 232 |
| 3.2.2.1. Criterio básico | 232 |
| 3.2.2.2. Fuerzas y momentos de diseño | 233 |
| 3.2.2.3. Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez | 234 |
| 3.2.2.4. Efecto de las restricciones a las deformaciones laterales | 235 |
| 3.2.3. Análisis por cargas laterales | 236 |
| 3.2.3.1. Criterio básico | 236 |
| 3.2.3.2. Métodos de análisis dinámico y estático | 236 |
| 3.2.3.3. Método simplificado | 239 |
| 3.2.4. Análisis por temperatura | 241 |
| 3.3. Detallado del refuerzo | 241 |
| 3.3.1. General | 241 |
| 3.3.2. Tamaño del acero de refuerzo | 241 |
| 3.3.2.1. Diámetro del acero de refuerzo longitudinal | 241 |
| 3.3.2.2. Acero de refuerzo horizontal en juntas | 244 |
| 3.3.3. Colocación y separación del acero de refuerzo longitudinal | 244 |
| 3.3.3.1. Distancia libre entre barras | 244 |
| 3.3.3.2. Paquetes de barras | 244 |
| 3.3.3.3. Espesor de mortero de relleno y refuerzo | 245 |
| 3.3.4. Protección del acero de refuerzo | 245 |
| 3.3.4.1. Recubrimiento en castillos exteriores y dalas | 245 |
| 3.3.4.2. Recubrimiento en castillos interiores y en muros con refuerzo interior | 245 |
| 3.3.4.3. Recubrimiento de refuerzo horizontal | 245 |
| 3.3.5. Dobleces del refuerzo | 245 |
| 3.3.5.1. En barras rectas | 245 |

| | |
|---|------------|
| 3.3.5.2. En estribos | 246 |
| 3.3.5.3. En grapas | 246 |
| 3.3.6. Anclaje del acero de refuerzo | 246 |
| 3.3.6.1. Requisitos generales | 246 |
| 3.3.6.2. Barras rectas a tensión | 247 |
| 3.3.6.3. Barras a tensión con dobleces a 90 o 180 grados | 247 |
| 3.3.6.4. Refuerzo horizontal en juntas de mortero | 247 |
| 3.3.6.5. Mallas de alambre soldado | 248 |
| 3.3.6.6. Uniones de barras | 251 |
| 4. MUROS DIAFRAGMA | 252 |
| 4.1. Alcance | 252 |
| 4.2. Fuerzas de diseño | 252 |
| 4.3. Resistencia a fuerza cortante en el plano | 252 |
| 4.3.1. Fuerza cortante resistida por la mampostería | 252 |
| 4.3.2. Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo horizontal | 252 |
| 4.4. Volteo del muro diafragma | 253 |
| 4.5. Interacción marco-muro diafragma en el plano | 254 |
| 5. MAMPOSTERIA CONFINADA | 254 |
| 5.1. Alcance | 254 |
| 5.1.1. Castillos y dadas exteriores | 256 |
| 5.1.2. Muros con castillo interiores | 258 |
| 5.1.3. Muros con aberturas | 259 |
| 5.1.4. Espesor y relación altura a espesor de los muros | 259 |
| 5.2. Fuerzas y momentos de diseño | 260 |
| 5.3. Resistencia a compresión y flexocompresión en el plano del muro | 260 |
| 5.3.1. Resistencia a compresión de muros confinados | 260 |
| 5.3.2. Resistencia a flexocompresión en el plano del muro | 261 |
| 5.3.2.1. Método general de diseño | 261 |
| 5.3.2.2. Método optativo | 261 |
| 5.4. Resistencia a cargas laterales | 262 |
| 5.4.1. Consideraciones generales | 262 |
| 5.4.2. Fuerza cortante resistida por la mampostería | 264 |
| 5.4.3. Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo horizontal en mampostería confinada | 265 |
| 5.4.3.1. Tipos de acero de refuerzo | 265 |
| 5.4.3.2. Separación del acero de refuerzo horizontal | 265 |
| 5.4.3.3. Cuantía mínima y máxima del acero de refuerzo horizontal | 265 |
| 5.4.3.4. Diseño del refuerzo horizontal | 266 |
| 5.4.4. Fuerza cortante resistida por malla de alambre soldado recubierta de mortero | 267 |
| 5.4.4.1. Tipo de refuerzo y de mortero | 267 |
| 5.4.4.2. Cuantía mínima y máxima de refuerzo | 267 |
| 5.4.4.3. Diseño de la malla | 267 |
| 6. MAMPOSTERIA REFORZADA INTERIORMENTE | 267 |
| 6.1. Alcance | 267 |
| 6.1.1. Cuantía de acero de refuerzo horizontal y vertical | 268 |

| | |
|--|-----|
| 6.1.2. Tamaño, colocación y separación del refuerzo | 269 |
| 6.1.2.1. Refuerzo vertical | 269 |
| 6.1.2.2. Refuerzo en los extremos de muros | 269 |
| 6.1.3. Mortero y concreto de relleno | 271 |
| 6.1.4. Anclaje del refuerzo horizontal y vertical | 271 |
| 6.1.5. Muros transversales | 271 |
| 6.1.6. Muros con aberturas | 272 |
| 6.1.7. Espesor y relación altura a espesor de los muros | 272 |
| 6.1.8. Pretilas | 273 |
| 6.1.9. Supervisión | 274 |
| 6.2. Fuerzas y momentos de diseño | 274 |
| 6.3. Resistencia a compresión y flexocompresión en el plano del muro | 275 |
| 6.3.1. Resistencia a compresión de mampostería con refuerzo interior | 275 |
| 6.3.2. Resistencia a flexocompresión en el plano del muro de mampostería con refuerzo interior | 276 |
| 6.3.2.1. Método general de diseño | 276 |
| 6.3.2.2. Método optativo | 276 |
| 6.3.3. Resistencia a flexocompresión fuera del plano del muro reforzado interiormente | 277 |
| 6.4. Resistencia a cargas laterales | 278 |
| 6.4.1. Consideraciones generales | 278 |
| 6.4.2. Fuerza cortante resistida por la mampostería | 278 |
| 6.4.3. Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo horizontal | 279 |
| 6.4.3.1. Tipos de acero de refuerzo | 279 |
| 6.4.3.2. Separación del acero de refuerzo horizontal | 280 |
| 6.4.3.3. Cuantía mínima y máxima del acero de refuerzo | 280 |
| 6.4.3.4. Diseño de refuerzo horizontal | 280 |
| 7. MAMPOSTERIA NO CONFINADA | 281 |
| 7.1. Alcance | 281 |
| 7.2. Fuerzas y momentos de diseño | 281 |
| 7.3. Refuerzo por integridad estructural | 282 |
| 7.3.1. Refuerzo vertical | 283 |
| 7.3.2. Refuerzo horizontal | 283 |
| 7.3.3. Refuerzo transversal | 284 |
| 7.4. Resistencia a compresión y flexocompresión en el plano del muro | 584 |
| 7.4.1. Resistencia a compresión | 284 |
| 7.4.2. Resistencia a flexocompresión | 285 |
| 7.5. Resistencia a cargas laterales | 285 |
| 8. MAMPOSTERIA DE PIEDRAS NATURALES | 285 |
| 8.1. Alcance | 285 |
| 8.2. Materiales | 286 |
| 8.2.1. Piedras | 286 |
| 8.2.2. Morteros | 286 |
| 8.3. Diseño de muros de mampostería de piedras naturales | 287 |
| 8.3.1. Esfuerzos resistentes de diseño | 287 |
| 8.3.2. Determinación de la resistencia | 287 |

| | |
|--|-----|
| 8.4. Cimientos | 288 |
| 8.5. Muros de contención | 289 |
| 9. CONSTRUCCIÓN | 290 |
| 9.1. Planos de construcción | 290 |
| 9.2. Construcción de mampostería de piedras artificiales | 291 |
| 9.2.1. Materiales | 291 |
| 9.2.1.1. Piezas | 291 |
| 9.2.1.2. Morteros | 292 |
| 9.2.1.3. Concretos | 292 |
| 9.2.2. Procedimientos de construcción | 292 |
| 9.2.2.1. Juntas de mortero | 292 |
| 9.2.2.2. Aparejo | 293 |
| 9.2.2.3. Concreto y mortero de relleno | 293 |
| 9.2.2.4. Refuerzo | 295 |
| 9.2.2.5. Tuberías y ductos | 296 |
| 9.2.2.6. Construcción de muros | 296 |
| 9.2.2.7. Tolerancias | 297 |
| 9.3. Construcción de mampostería con piedras naturales | 297 |
| 9.3.1. Piedras | 297 |
| 9.3.2. Mortero | 297 |
| 9.3.3. Procedimiento constructivo | 298 |
| 9.4. Construcción de cimentaciones | 298 |
| 10. INSPECCIÓN Y CONTROL DE OBRA | 298 |
| 10.1. Inspección | 298 |
| 10.1.1. Antes de la construcción de muros de mampostería | 299 |
| 10.1.2. Durante la construcción | 299 |
| 10.2. Control de obra | 301 |
| 10.2.1. Alcance | 301 |
| 10.2.2. Muestreo y ensayos | 301 |
| 10.2.2.1. Mortero para pegar piezas | 301 |
| 10.2.2.2. Mortero y concreto de relleno | 302 |
| 10.2.2.3. Mampostería | 302 |
| 10.2.2.4. Penetración del mortero en piezas multiperforadas | 303 |
| 10.2.3. Criterio de aceptación | 303 |
| 10.2.3.1. De morteros y mampostería | 303 |
| 10.2.3.2. De la penetración del mortero en piezas multiperforadas | 304 |
| 10.2.4. Inspección y control de obra de edificaciones en rehabilitación | 304 |
| 11. EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN | 305 |
| 11.1. Estructuras dañadas | 305 |
| 11.2. Evaluación | 305 |
| 11.2.1. Necesidad de evaluación | 305 |
| 11.2.2. Proceso de evaluación | 305 |
| 11.2.3. Investigación y documentación de la edificación y de las acciones que la dañaron | 306 |
| 11.2.3.1. Información básica | 306 |
| 11.2.3.2. Determinación de las propiedades de los materiales | 307 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 11.2.4. | Clasificación del daño en los elementos de la edificación | 307 |
| 11.2.4.1. | Modo de comportamiento | 307 |
| 11.2.4.2. | Magnitud de daño | 307 |
| 11.2.5. | Evaluación del impacto de elementos dañados en el comportamiento de la edificación | 308 |
| 11.2.5.1. | Impacto del daño | 308 |
| 11.2.5.2. | Edificación sin daño estructural | 308 |
| 11.2.5.3. | Capacidad remanente | 308 |
| 11.2.5.4. | Calculo de la capacidad estructural | 309 |
| 11.2.5.5. | Consideraciones para evaluar la seguridad estructural | 309 |
| 11.2.6. | Determinación de la necesidad de rehabilitación | 309 |
| 11.2.6.1. | Daño ligero | 309 |
| 11.2.6.2. | Daño mayor | 309 |
| 11.3. | Rehabilitación | 310 |
| 11.3.1. | Apuntalamiento, rehabilitación temporal y demolición | 310 |
| 11.3.1.1. | Control del acceso | 310 |
| 11.3.1.2. | Rehabilitación temporal | 310 |
| 11.3.1.3. | Seguridad durante la rehabilitación | 310 |
| 11.3.2. | Conexión entre elementos existentes y materiales o elementos nuevos | 311 |
| 11.3.3. | Reparación de elementos | 311 |
| 11.3.3.1. | Alcance | 311 |
| 11.3.3.2. | Reemplazo de piezas, mortero barras y concreto dañados | 312 |
| 11.3.3.3. | Reparación de grietas | 312 |
| 11.3.3.4. | Reparación de daños debidos a corrosión | 313 |
| 11.3.4. | Refuerzo | 314 |
| 11.3.4.1. | Generalidades | 314 |
| 11.3.4.2. | Encamisado de elementos de concreto y de mampostería | 314 |
| 11.3.4.3. | Adición de elementos confinantes de concreto reforzado | 315 |
| 11.3.4.4. | Adición o retiro de muros | 315 |
| 11.3.5. | Construcción, supervisión y control de calidad | 315 |
| | APENDICE A. ESPACIAMIENTO DE JUNTAS DE EXPANSIÓN | 316 |
| A.1 | Ubicación recomendada para las juntas de expansión | 316 |
| A.2 | Definiciones | 318 |
| A.3 | Notación | 319 |
| A.4 | Alcance | 319 |
| A.5 | Criterio de diseño de los especímenes | 320 |
| A.6 | Especímenes de prueba | 321 |
| A.7 | Laboratorio | 321 |
| A.8 | Protocolo de ensayo | 321 |
| A.9 | Informe de pruebas | 323 |
| A.10 | Criterio de aceptación | 324 |
| | APENDICE B. ANCLAJES | 328 |
| B.1. | Factores de resistencia | 328 |
| B.2. | Pernos de anclaje con cabeza o dobléz | 328 |
| B.2.1 | Resistencia a la tensión axial nominal de los pernos con cabeza | 328 |

| | |
|--|------------|
| B.2.2. Área proyectada de la mampostería para pernos de anclaje con cabeza | 329 |
| B.2.3. Longitud efectiva de anclaje para pernos de anclaje con cabeza | 330 |
| B.3. Resistencia a la tensión axial nominal de barras de anclaje con doblez | 330 |
| B.3.1. Área proyectada de la mampostería para barras de anclaje con doblez | 331 |
| B.3.2. Longitud embebida efectiva de las barras de anclaje con doblez | 332 |
| B.4. Resistencia nominal a cortante de pernos de anclaje y barras con doblez | 332 |
| B.4.1. Área proyectada de la mampostería | 332 |
| B.4.2. Longitud embebida efectiva | 333 |
| B.5. Combinación de resistencia cortante y axial de pernos de anclaje | 333 |
| C. BIBLIOGRAFIA | 334 |

NOTACIÓN

| | |
|----------|---|
| A_e | Área efectiva de muro; |
| A_s | área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en cada uno de los castillos extremos del muro en mampostería confinada; área del acero de refuerzo vertical en muros de mampostería reforzada interiormente, cm^2 . |
| A_{sc} | área del acero de refuerzo transversal de los castillos colocada a una separación s , cm^2 ; |
| A_{sh} | área del acero de refuerzo horizontal colocada a una separación sh , cm^2 |
| A_{st} | área de acero de los dispositivos o conectores, colocados a una separación s , necesaria para dar continuidad a muros transversales que lleguen a tope, cm^2 |
| A_{sv} | área del acero de refuerzo vertical colocada a una separación sv , cm^2 |
| A_T | Área total de la sección transversal del muro o segmento de muro, que incluye a los castillos. Se excluyen áreas de celdas sin colar, cm^2 . |
| B | dimensión en planta del entrepiso, medida paralelamente a la excentricidad torsional estática, e_s , cm |
| b | longitud de apoyo de una losa soportada por el muro, cm |
| c_j | coeficiente de variación de la resistencia a compresión del mortero o del concreto de relleno |
| c_m | coeficiente de variación de la resistencia a compresión de pilas de mampostería |
| c_p | coeficiente de variación de la resistencia a compresión de piezas |
| c_v | coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de muretes de mampostería |
| c_z | coeficiente de variación de la resistencia de interés de las muestras |
| d | distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima, cm |
| d' | distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos de un muro, cm |

| | |
|---------------|---|
| d_b | diámetro de barras de refuerzo, cm |
| e | excentricidad con que actúa la carga en elementos de mampostería de piedras naturales y que incluye los efectos de empujes laterales, si existen, cm |
| e' | excentricidad calculada para obtener el factor de reducción por excentricidad y esbeltez, cm |
| e_c | excentricidad con que se transmite la carga de la losa a muros extremos, cm |
| E_m | módulo de elasticidad de la mampostería para esfuerzos de compresión normales a las juntas, kg/cm ² |
| E_s | módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario, Kg/cm ² |
| e_s | excentricidad torsional estática, cm |
| \bar{f}_m^* | resistencia de diseño a compresión de la mampostería, referida al área bruta, Kg/cm ² |
| f_p^* | resistencia de diseño a compresión de las piezas, referida al área bruta, Kg/cm ² |
| F_{AE} | factor de área efectiva de los muros de carga |
| f_c' | resistencia especificada del concreto en compresión, Kg/cm ² |
| F_E | factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez |
| \bar{f}_j | media de la resistencia a compresión de cubos de mortero o de cilindros de concreto de relleno, Kg/cm ² |
| f_j^* | resistencia de diseño a compresión del mortero o de cilindros de concreto de relleno, Kg/cm ² |
| \bar{f}_m | media de la resistencia a compresión de pilas de mampostería, corregida por su relación altura a espesor y referida al área bruta, Kg/cm ² |
| \bar{f}_p | media de la resistencia a compresión de las piezas, referida al área bruta, Kg/cm ² |
| F_R | factor de resistencia |
| f_y | esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo, Kg/cm ² |

| | |
|----------|--|
| f_{yh} | esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo horizontal o malla de alambre soldado, Kg/cm ² |
| G_m | módulo de cortante de la mampostería, Kg/cm ² |
| H | altura del edificio (m) |
| h | altura libre del muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral, cm |
| h_c | dimensión de la sección del castillo o dala que confina al muro en el plano del mismo, cm |
| H_o | longitud mínima, medida en los extremos de los castillos, sobre la cual se deben colocar estribos con una menor separación, cm |
| k | factor de altura efectiva del muro |
| L | longitud efectiva del muro, cm |
| L' | separación de los elementos que rigidizan transversalmente al muro, cm |
| L_d | longitud de desarrollo de una barra de refuerzo recta a tensión, cm |
| M_o | momento flexionante, aplicado en el plano, que resiste el muro en flexión pura, kg-cm |
| M_R | momento flexionante resistente de diseño, aplicado en el plano, en un muro sujeto a flexocompresión, kg-cm |
| P | carga axial total que obra sobre el muro, sin multiplicar por el factor de carga, kg |
| p_h | cuantía de acero de refuerzo horizontal en el muro, calculada como $A_{sh} / s_h t$ |
| P_R | resistencia de diseño del muro a carga vertical, kg |
| P_u | carga axial de diseño, kg |
| p_v | cuantía de acero de refuerzo vertical en el muro, calculada como $A_{sv} / s_v t$ |
| Q | factor de comportamiento sísmico |
| R | resistencia lateral calculada del espécimen (Apéndice Normativo A), Kg |
| R_a | resistencia lateral aproximada del espécimen (Apéndice Normativo A), Kg |

| | |
|-------------------|--|
| $R_{m\acute{a}x}$ | resistencia (carga lateral máxima) del espécimen medida en laboratorio (Apéndice Normativo A), Kg |
| s | separación del acero de refuerzo transversal o de conectores, cm |
| s_h | separación del acero de refuerzo horizontal en el muro o de los alambres horizontales de una malla de alambre soldado, cm |
| s_v | separación del acero de refuerzo vertical en el muro, cm |
| t | espesor de la mampostería del muro, cm |
| v_m^* | resistencia de diseño a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga, Kg/cm ² |
| \bar{v}_m | resistencia de diseño a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga, Kg/cm ² |
| V_{mR} | fuerza cortante de diseño que toma la mampostería, Kg |
| V_{sR} | fuerza cortante de diseño que toma el acero de refuerzo horizontal o mallas de alambre soldado, Kg |
| x | distancia entre el centro de cortante del entrepiso y el muro de interés, con signo, ortogonal a la dirección de análisis, usada para calcular la excentricidad torsional estática, es, cm |
| z | media de las resistencias de las muestras, Kg/cm ² |
| z^* | resistencia de diseño de interés, Kg/cm ² |
| | desplazamiento lateral aplicado en la parte superior del espécimen (Apéndice Normativo A), cm |
| | factor de eficiencia del refuerzo horizontal |
| | distorsión (Apéndice Normativo A) |
| | factor de sobrerresistencia de las conexiones (Apéndice Normativo A) |

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Estas normas se basan en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal; sin embargo, se hacen adecuaciones para las condiciones del Estado de Baja California y se retoman algunos de los conceptos contenidos en el Reglamento de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California actualizada en 1992. La aplicación de estas normas deberá realizarse bajo la filosofía de resistencia última, por lo que deberán emplearse las combinaciones de carga correspondientes, las cuales se incluyen en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Criterios y Acciones de Diseño Estructural”.

1.1 Alcance

Estas Normas contienen requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de estructuras de mampostería construidas con piezas prismáticas de piedra artificial, macizas o huecas, o por piedras naturales unidas por un mortero aglutinante. Incluyen muros reforzados con armados interiores, castillos, cadenas o contrafuertes. Los sistemas de muro que se contemplan en estas normas son confinados y con refuerzo interior, para piezas de concreto y barro.

Las normas aplican para construcciones nuevas, así como para construcciones existentes que requieran de reforzamiento o rehabilitación, ya sea por haber sufrido daños o para cumplir con los requerimientos de estas normas.

1.2 Unidades

Las disposiciones de estas Normas se presentan en unidades del sistema métrico decimal, donde las unidades básicas para las

ecuaciones son metro, kilogramo fuerza y segundo, aunque también se incluyen algunas dimensiones en milímetros. Por lo que las ecuaciones están calibradas para estas unidades. En caso de requerir unidades distintas a las indicadas deberá realizarse la transformación de unidades posterior al cálculo.

1.3 Otros tipos de piezas y otras modalidades de refuerzo y construcción de muros

Cualquier otro tipo de piezas, de refuerzo o de modalidad constructiva a base de mampostería, diferente de los aquí comprendidos, deberá ser evaluado según las normas oficiales aquí descritas. Será responsabilidad del proveedor/diseñador comprobar el correcto funcionamiento estructural del sistema propuesto, sustentado con pruebas de laboratorio y métodos de análisis de diseño ampliamente reconocidos y aceptados.

2. MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA

2.1 Tipo de Piezas

Las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE, con excepción de lo dispuesto para el límite inferior del área neta de piezas huecas mostrado en la Figura 2.1.

El peso volumétrico neto mínimo de las piezas, en estado seco, será el indicado en la Tabla 2. 1.

Tabla 2. 1. Peso volumétrico neto mínimo de piezas, en estado seco

| TIPO DE PIEZA | VALORES EN kg/m ³ |
|--|------------------------------|
| Tabique de barro recocido | 1300 |
| Tabique de barro con huecos verticales | 1700 |
| Bloque de Concreto | 1700 |
| Tabique de Concreto (tabicón) | 1500 |

2.1.1 Piezas macizas

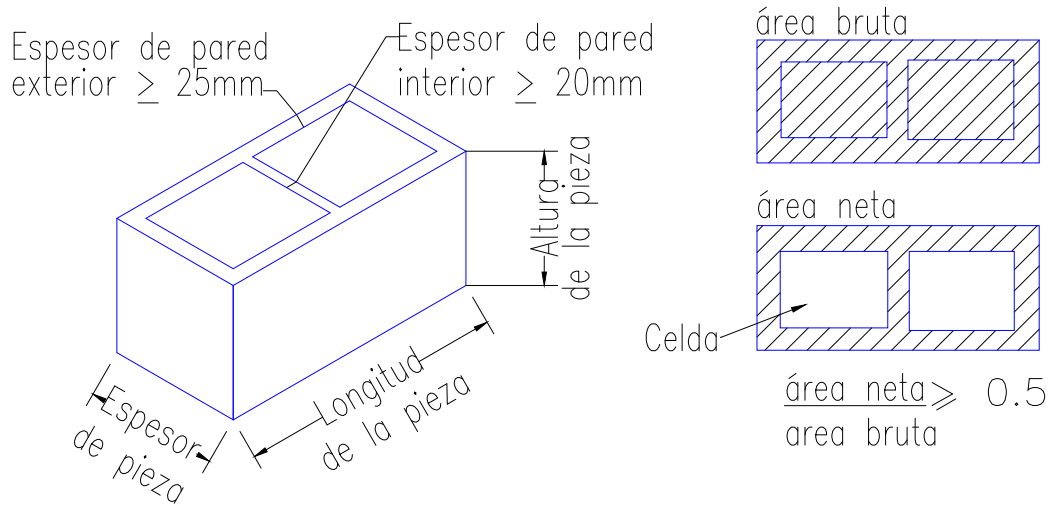
Para fines de aplicación de las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico” y de estas Normas, se considerarán como piezas macizas aquéllas que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 75 por ciento del área bruta, y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 30 mm.

2.1.2 Piezas huecas

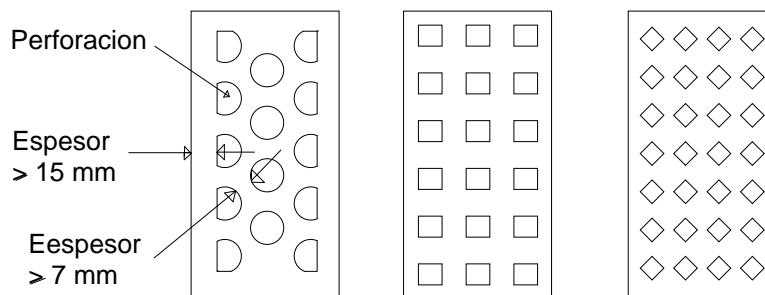
Las piezas huecas a que hacen referencia estas Normas son las que tienen, en su sección transversal más desfavorable, un área neta de por lo menos 50 por ciento del área bruta; además, el espesor de sus paredes exteriores no es menor que 25 mm (Figura 2.1). Para piezas huecas con dos hasta cuatro celdas, el espesor mínimo de las paredes interiores deberá ser de 20mm.

Para piezas multiperforadas, cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones y con distribución uniforme, el espesor mínimo de las paredes interiores será de 7 mm. Se entiende como piezas multiperforadas aquéllas con más de siete perforaciones o alvéolos (Figura 2.1).

Para fines de estas Normas sólo se permite usar piezas huecas con celdas o perforaciones ortogonales a la cara de apoyo.



a) Piezas huecas



b) Ejemplos de piezas multiperforadas

Figura 2.1 Piezas

2.2 Resistencia a compresión

La resistencia a compresión se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-036, y en la norma NMX-C-404-ONNCCE

Para diseño, se empleará un valor de la resistencia, f_p^* , medida sobre el área bruta, que se determinará como el que es alcanzado por lo menos por el 98 por ciento de las piezas producidas.

La resistencia de diseño se determinará con base en la información estadística existente sobre el producto o a partir de muestreos de la pieza, ya sea en planta o en obra.

Si se opta por el muestreo, se obtendrán al menos tres muestras, cada una de diez piezas, de lotes diferentes de la producción. Las 30 piezas así obtenidas se ensayarán en laboratorios acreditados por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. La resistencia de diseño se calculará como:

$$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1+2.5c_p} \quad (2.1)$$

\bar{f}_p media de la resistencia a compresión de las piezas, referida al área bruta; y

c_p coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

El valor de c_p no se tomara menor a 0.20 para piezas provenientes de plantas mecanizadas que evidencien un sistema de control de calidad como el requerido en la norma NMX-C-404-ONNCCE, ni que 0.30 para piezas de fabricación mecanizada, pero que no cuenten con un sistema de control de calidad ni que 0.35 para piezas de producción artesanal.

El sistema de control de calidad se refiere a los diversos procedimientos documentados de la línea de producción de interés, incluyendo los ensayos rutinarios y sus registros.

Para fines de estas Normas, la resistencia mínima a compresión de las piezas de la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE corresponden a la resistencia f_p^* .

2.3 Cementantes

2.3.1 Cemento hidráulico

En la elaboración del concreto y morteros se empleará cualquier tipo de cemento hidráulico que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMX-C-414ONNCCE.

2.3.2 Cemento de albañilería

En la elaboración de morteros no se podrá usar ningún cemento de albañilería.

2.3.3 Cal hidratada

En la elaboración de morteros se podrá usar cal hidratada que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMX-C-003-ONNCCE.

2.4 Agregados pétreos

Los agregados deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-111.

2.5 Agua de mezclado

El agua para el mezclado del mortero o del concreto debe ser potable, y cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-122. El agua debe almacenarse en depósitos limpios y cubiertos.

2.6 Morteros

2.6.1 Resistencia a compresión

La resistencia a compresión del mortero, sea para pegar piezas o de relleno, se determinará de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE.

La resistencia a compresión del concreto de relleno se determinará del ensaye de cilindros elaborados, curados y probados de acuerdo con las normas NMX-C-160 y NMXC-083-ONNCCE.

Para diseño, se empleará un valor de la resistencia, f_j^* , determinado como el que es alcanzado por lo menos por el 98 por ciento de las muestras. La resistencia de diseño se calculará a partir de muestras del mortero, para pegar piezas o de relleno, o del concreto de relleno por utilizar.

En caso de mortero, se obtendrán como mínimo tres muestras, cada una de al menos tres probetas cúbicas. Las nueve probetas se ensayarán siguiendo la norma NMX-C061-ONNCCE.

En caso de concreto de relleno, se obtendrán al menos tres probetas cilíndricas. Las probetas se elaborarán, curarán y probarán de acuerdo con las normas antes citadas.

La resistencia de diseño será

$$f_j^* = \frac{\bar{f}_j}{1 + 2.5c_j}$$

donde

\bar{f}_j media de la resistencia a compresión de cubos de mortero o de cilindros de concreto de relleno; y

c_j coeficiente de variación de la resistencia a compresión del mortero o del concreto de relleno, que en ningún caso se tomará menor que 0.2.

2.6.2 Mortero para pegar piezas

Los morteros que se empleen en elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Su resistencia a compresión será por lo menos de 75 kg/cm².
- b) Siempre deberán contener cemento en la cantidad mínima indicada en la Tabla 2.2.
- c) La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes se encontrará entre 2.25 y 3. El volumen de arena se medirá en estado suelto.
- d) Se empleará la mínima cantidad de agua que dé como resultado un mortero fácilmente trabajable.

El espesor de las juntas horizontales (espesor de la capa de mortero de junteo entre bloques) deberá estar comprendida entre 10 y 12 mm si las piezas son de fabricación mecanizada, o de 15 mm si son de fabricación artesanal. Para otros casos se deberá determinar la resistencia experimentalmente de acuerdo a la norma NMX-C-464-ONNCCE-2010.

Tabla 2.2 Proportionamientos, en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales

| Tipo de Mortero | Cemento | Cal | Arena* | Valor de la Resistencia Nominal a Compresión F_j^* (kg/cm ²) |
|-----------------|---------------------|---------|-------------|--|
| | Partes (en Volumen) | | | |
| I | 1 | 0 | De 2.25 a 3 | 125 |
| II | 1 | 0 a 1/4 | De 2.25 a 3 | 75 |

* El Volumen de Arena se medirá en estado suelto.

2.6.3 Morteros y concretos de relleno

Los morteros y concretos de relleno que se emplean en elementos estructurales de mampostería para rellenar las celdas de las piezas huecas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Su resistencia a compresión será por lo menos de 150 kg/cm².
- b) El tamaño máximo del agregado no excederá de 10 mm.
- c) Se empleará la mínima cantidad de agua que permita que la mezcla sea lo suficientemente fluida para rellenar las celdas y cubrir completamente las barras de refuerzo vertical, en el caso de que se cuente con refuerzo interior. Se aceptará el uso de aditivos que mejoren la trabajabilidad.
- d) En la Tabla 2.3 se incluyen revenimientos nominales permisibles para morteros y concretos de relleno según la absorción de las piezas.
- e) En la Tabla 2.4 se muestran las relaciones volumétricas del mortero y concreto para relleno de celdas.
- f) Deberá asegurarse el compactado del concreto de castillos y celdas de piezas huecas, por medio de vibrado en el caso de castillos, y en el caso de celdas de piezas huecas, por medio de vibrado que no dañe el pegado de las piezas o por picado del concreto con varilla en un mínimo de 25 veces por cada colado de celda.

Tabla 2.3. Revenimiento permisible para mortero y concreto de relleno, en función de la absorción de la pieza.

| ABSORCIÓN DE LA PIEZA, % | REVENIMIENTO NOMINAL ¹ , mm |
|-----------------------------|---|
| 8 a 10 | 150 |
| 10 a 15 | 175 |
| 15 a 20 | 200 |

¹Se aceptan los revenimientos con una tolerancia de $\pm 25\text{mm}$.

Tabla 2.4. Proporcionamiento, en volumen, recomendado para mortero y concreto de relleno en elementos estructurales.

| Tipo | Partes de cemento hidráulico | Partes de arena | Partes de grava | Tamaño máximo del agregado |
|----------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| Mortero | 1 | 2.25 a 3.0 | 0.0 | 10mm |
| Concreto | 1 | 2.25 a 3.0 | 1 a 2 | 10mm |

Nota: El volumen de arena se medirá en estado suelto

2.7 Aditivos

En la elaboración de concretos, concretos de relleno y morteros de relleno se podrán usar aditivos que mejoren la trabajabilidad y que cumplan con los requisitos especificados en la norma NMX-C-255. No deberán usarse aditivos que aceleren el fraguado.

2.8 Acero de refuerzo

El refuerzo que se emplee en castillos, dalas, elementos colocados en el interior del muro y/o en el exterior del muro, estará constituido por barras corrugadas, por malla de acero, por alambres corrugados laminados en frío, o por armaduras soldadas por resistencia eléctrica de alambre de acero para castillos y dalas, que cumplan con las Normas Mexicanas correspondientes. Se admitirá el uso de barras lisas, como el alambón, únicamente en estribos, en mallas de alambre soldado o en conectores. El diámetro mínimo del alambón para ser usado en estribos es de 5 mm. Se podrán utilizar otros tipos de acero siempre y cuando se demuestre su eficiencia como refuerzo estructural, ante la autoridad correspondiente.

El módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario, E_s , se supondrá igual a 2×10^6 kg/cm².

Para diseño se considerará el esfuerzo de fluencia mínimo, f_y , del acero de refuerzo deberá ser 4200kg/cm^2 , aunque para estribos se permite utilizar acero con una resistencia mínima de 2500kg/cm^2 .

El acero de refuerzo deberá cumplir con lo establecido en la norma NMX-C-407 (ASTM A615). Este tipo de acero es la aleación comercial mas común, sin embargo, no se permitirá que se solde. En caso de que se requiera soldar el acero de refuerzo se tendrá que utilizar acero de baja aleación, el cual cumpla con la norma NMX-B-457 (ASTM A706).

Asimismo, se podrán utilizar aceros de alta resistencia el cual deberá cumplir con la norma NMX-B-253 para alambre liso, para alambre corrugado este deberá satisfacer la norma NMX-B-072, para malla de alambre soldado con la norma NMX-B-290.

2.9 Mampostería

2.9.1 Resistencia a compresión

La resistencia de diseño a compresión de la mampostería, f_m^* , sobre área bruta, se determinará con alguno de los procedimientos indicados en 2.9.1.1, 2.9.1.2, 2.9.1.3, en base a lo establecido en la norma NMX-C-464-ONNCCE-2010. El valor de la resistencia en esta Norma está referido a 28 días. Si se considera que el muro recibirá las acciones de diseño antes de este lapso, se deberá evaluar la resistencia para el tiempo según la sección 2.9.1.1.

2.9.1.1 Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en la obra

Las pilas (fig. 2.2) estarán formadas por lo menos con tres piezas sobrepuestas. La relación altura a espesor de la pila estará comprendida

entre dos y cinco; las pilas se ensayarán a la edad de 28 días. En la elaboración, curado, transporte, almacenamiento, cabeceado y procedimiento de ensaye de los especímenes se seguirá la Norma Mexicana NMX-C-464-ONNCEE-2010.

La determinación se hará en un mínimo de nueve pilas en total, construidas con piezas provenientes de por lo menos tres lotes diferentes del mismo producto. El esfuerzo medio obtenido, calculado sobre el área bruta, se corregirá multiplicándolo por los factores de la tabla 2.5.

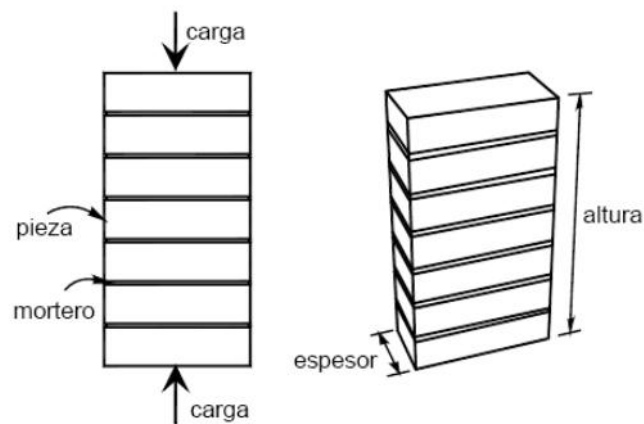


Figura 2.2. Pila para prueba en compresión.

Tabla 2.5. Factores correctivos para las resistencias de pilas con diferentes relaciones de altura a espesor.

| | | | | |
|--|------|------|------|------|
| Relación altura a espesor de pila ¹ | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Factor correctivo | 0.75 | 0.90 | 1.00 | 1.05 |

¹Para relaciones altura a espesor intermedias se interpolará linealmente.

La resistencia de diseño a compresión se calculara como

$$f_m^* = \frac{\overline{f_m}}{1 + 2.5 c_m} \quad (2.1)$$

donde

$\overline{f_m}$ media de la resistencia a compresión de las pilas, corregida por su relación altura a espesor y referida al área bruta; y

c_m coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso se tomara inferior a 0.15.

2.9.1.2 A partir de la resistencia de diseño de las piezas y el mortero.

Las piezas y el mortero deben cumplir con los requisitos de calidad especificados en las secciones 2.1 y 2.5, respectivamente.

- a) Para bloques y tabiques de concreto con relación altura a espesor no menor que 0.5, y con $f_p^* \geq 90 \text{ kg/cm}^2$, la resistencia de diseño a compresión podrá ser la que indica la tabla 2.5.a.

Tabla 2.5.a. Resistencia de diseño a compresión de la mampostería de piezas de concreto (f_m^* , sobre área bruta).

| f_p^* (kg/cm^2) ¹ | f_m^* (kg/cm^2) | |
|--|------------------------------|------------|
| | Mortero I | Mortero II |
| 90 | 40 | 35 |
| 100 | 50 | 45 |
| 150 | 75 | 60 |
| 200 | 100 | 90 |

¹Para valores intermedios de f_p^* se interpolará linealmente para un mismo tipo de mortero.

Los valores f_m^* de esta tabla son válidos para piezas que cumplen con la resistencia f_p^* señalada en ella y con la sección 2.1, y para mampostería con espesores de junta horizontal comprendidos entre 10 y 12 mm si las piezas son de fabricación mecanizada, o de 15 mm si son de fabricación artesanal. Para otros casos se deberá determinar la resistencia de acuerdo con la sección la Norma NMX-C-464-ONNCCE-2010.

- b) Para piezas de barro con relación altura a espesor no menor que 0.5, la resistencia de diseño a compresión podrá ser la que se obtiene de la tabla 2.5.b.

Tabla 2.5.b. Resistencia de diseño a compresión de la mampostería de piezas de barro (f_m^* , sobre área bruta).

| f_p^* (Kg/cm ²) ¹ | f_m^* (kg/cm ²) | |
|---|-------------------------------|------------|
| | Mortero I | Mortero II |
| 60 | 20 | 20 |
| 75 | 30 | 30 |
| 100 | 40 | 40 |
| 150 | 60 | 60 |
| 200 | 80 | 70 |
| 300 | 120 | 90 |
| 400 | 140 | 110 |
| 500 | 160 | 130 |

¹Para valores intermedios de f_p^* se interpolará linealmente para un mismo tipo de mortero.

Los valores f_m^* de esta tabla son válidos para piezas que cumplen con la resistencia f_p^* señalada en ella y con la sección 2.1, y para mampostería con espesores de junta horizontal comprendidos entre 10 y 12 mm si las piezas son de fabricación mecanizada, o de 15 mm si son de fabricación artesanal. Para otros casos se deberá determinar la resistencia de acuerdo con la Norma NMX-C-464-ONNCCE-2010.

2.9.1.3 Valores indicativos

En caso de que no se realicen determinaciones experimentales podrán emplearse los valores de f_m^* que, para distintos tipos de piezas y morteros, se presentan en la Tabla 2.5.c.

Tabla 2.5.c Resistencia de diseño a compresión de la mampostería, f_m^* , para piezas de barro y concreto, sobre área bruta.

| Tipo de Pieza | f_m^* , kg/cm ² | |
|--|------------------------------|------------|
| | Mortero I | Mortero II |
| Tabique de barro recocido ($f_p^* > 60 \text{ kg/cm}^2$) | 15 | 15 |
| Tabique de barro con huecos verticales ($f_p^* > 120 \text{ kg/cm}^2$) | 40 | 30 |
| Bloque de concreto pesado ¹ ($f_p^* > 100 \text{ kg/cm}^2$) | 20 | 15 |
| Tabique de concreto, tabicón ($f_p^* > 100 \text{ kg/cm}^2$) | 20 | 15 |

¹Con peso volumétrico neto, en estado seco, no menor que 2000 kg/m³. Los valores f_m^* de esta tabla son válidos para piezas que cumplen con espesores de junta horizontal comprendidos entre 10 y 12 mm. Para otros casos se deberá determinar la resistencia de acuerdo con la sección 2.9.1.1.

2.9.2 Resistencia a compresión diagonal

La resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería, v_m^* , sobre área bruta de la diagonal, se determinará en base a lo establecido en la norma NMX-C-464-ONNCCE-2010. El valor de la resistencia en esta Norma está referido a 28 días, en caso de que se considere que el muro recibirá las acciones de diseño antes de este lapso, se deberá evaluar la resistencia al tiempo en que se ponga en servicio.

Si no se realizan ensayos de muretes, la resistencia de diseño a compresión diagonal será la que indica la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Resistencia de diseño a compresión diagonal para algunos tipos de mampostería, sobre área bruta.

| Tipo de Pieza | Tipo de mortero | V_m^* (kg/cm ²) ¹ |
|--|-----------------|--|
| Tabique de barro recocido ($f^*p > 60 \text{ kg/cm}^2$) | I | 3.5 |
| | II | 3.0 |
| Tabique de barro con huecos verticales ($f^*p > 120 \text{ kg/cm}^2$) | I | 3.0 |
| | II | 2.0 |
| Bloque de concreto (pesado) ² ($f^*p > 100 \text{ kg/cm}^2$) | I | 3.5 |
| | II | 2.5 |
| Tabique de concreto, (tabicón) ($f^*p > 100 \text{ kg/cm}^2$) | I | 3.0 |
| | II | 2.0 |

¹Con peso volumétrico neto, en estado seco, no menor que 2000 kg/m³.

En ningún caso el valor de la tabla podrá ser mayor al obtenido con la siguiente ecuación:

$$V_m^* = 0.80 \overline{f_m^*} \quad (2.2)$$

Los valores v_m^* de esta tabla son válidos para piezas que cumplen con espesores de junta horizontal comprendidos entre 10 y 12 mm. Para otros casos se deberá determinar la resistencia experimentalmente.

2.9.2.1 Ensayes de muretes construidos con las piezas y morteros que se emplearán en la obra

Los muretes (fig. 2.3) tendrán una longitud de al menos una vez y media la longitud de la pieza y el número de hiladas necesario para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. Los muretes se ensayarán sometidos a una carga de compresión monótona a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinará dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal.

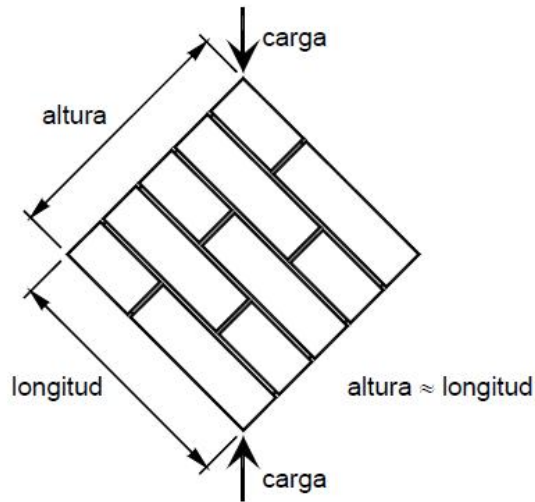


Figura 2.3. Murete para prueba en compresión diagonal.

Los muretes se ensayarán a la edad de 28 días. En la elaboración, curado, transporte, almacenamiento, cabeceado y procedimiento de ensaye de los especímenes se seguirá la Norma Mexicana correspondiente.

La determinación se hará sobre un mínimo de nueve muretes construidos con piezas provenientes de por lo menos tres lotes diferentes.

La resistencia de diseño a compresión diagonal, v_m^* , será igual a

$$v_m^* = \frac{\overline{v_m}}{1 + 2.5 c_v} \quad (2.3)$$

donde

$\overline{v_m}$ media de la resistencia a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga; y

c_v coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

Para muros que dispongan de algún sistema de refuerzo cuya contribución a la resistencia se quiera evaluar o que tengan características que no pueden representarse en el tamaño del murete, las pruebas de compresión diagonal antes descritas deberán realizarse en muros de al menos 2 m de lado.

2.9.2.2 Valores indicativos

Si no se realizan ensayos de muretes, la resistencia de diseño a compresión diagonal será la que indica la tabla 2.6 Las piezas huecas referidas en la tabla deben cumplir con lo dispuesto en la sección 2.1.

2.9.3 Resistencia al aplastamiento

Cuando una carga concentrada se transmite directamente a la mampostería, el esfuerzo requerido del muro (f_u) no deberá exceder la capacidad del mismo $f_n = 0.6f^*m$.

$$P_n \geq P_a \quad (2.4)$$

Donde P_a es la demanda a que estará sujeta el muro bajo cargas sin factorizar, y P_n es la capacidad del muro, definida por:

$$P_n = 0.6 f_m^* \times t \times b \quad (2.5)$$

t = ancho del muro.

b = ancho de trabe o elemento transmisor de carga.

2.9.4 Resistencia a tensión

Se considerará que es nula la resistencia de la mampostería a esfuerzos de tensión perpendiculares a las juntas. Cuando se requiera esta resistencia deberá proporcionarse el acero de refuerzo necesario. No se permitirán

traslapes, debiendo anclarse de una pieza hasta los elementos que conecta. La resistencia a tensión se calculara en como sigue: con la siguiente ecuación:

$$T_n = F_R \cdot F_y \cdot A_s \quad (2.6)$$

Donde $F_R=0.9$, F_y el esfuerzo de fluencia del acero, y A_s es el área de acero en la longitud del muro.

2.9.5 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de la mampostería, E_m , puede determinarse en base a ensayos experimentales que cumplan con la norma NMX-C-464-ONNCCE-2010. Para obtener el módulo de elasticidad para cargas sostenidas se deberán considerar las deformaciones diferidas debidas al flujo plástico de las piezas y el mortero. Optativamente, el módulo de elasticidad para cargas de corta duración obtenida del ensaye de pilas se podrá dividir entre 2.3 si se trata de piezas de concreto, o entre 1.7 si se trata de piezas de barro o de otro material diferente del concreto.

En caso de que no se realice experimentación el módulo de elasticidad se determinará en base a lo establecido en la Tabla 2.7.

Tabla 2. 7. Módulo de elasticidad para mampostería de barro y concreto.

| MAMPOSTERIA, TABIQUES Y BLOQUES DE CONCRETO | |
|--|---------------|
| para cargas de corta duración: | $E_m=800f^*m$ |
| para cargas sostenidas: | $E_m=350f^*m$ |
| PARA MAMPOSTERIA DE TABIQUES DE BARRO Y OTRAS PIEZAS EXCEPTO LAS DE CONCRETO: | |
| para cargas de corta duración: | $E_m=600f^*m$ |
| para cargas sostenidas: | $E_m=350f^*m$ |

2.9.5.1 Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en la obra

Se ensayarán pilas del tipo, a la edad y en la cantidad indicados en la sección 2.9.1.1. El módulo de elasticidad para cargas de corta duración se determinará según lo especificado en la Norma Mexicana NMX-C-464-ONNCCE- 2010

Para obtener el módulo de elasticidad para cargas sostenidas se deberán considerar las deformaciones diferidas debidas al flujo plástico de las piezas y el mortero. Optativamente, el módulo de elasticidad para cargas de corta duración obtenida del ensaye de pilas se podrá dividir entre 2.3 si se trata de piezas de concreto, o entre 1.7 si se trata de piezas de barro o de otro material diferente del concreto.

2.9.5.2 Determinación a partir de la resistencia de diseño de compresión de la mampostería

a) Para mampostería de tabiques y bloques de concreto:

$$E_m = 800 f_m^* \text{ para cargas de corta duración}$$

$$E_m = 350 f_m^* \text{ para cargas sostenidas}$$

b) Para mampostería de tabique y de barro y otras piezas, excepto las de concreto:

$$E_m = 600 f_m^* \text{ para cargas de corta duración}$$

$$E_m = 350 f_m^* \text{ para cargas sostenidas}$$

2.9.6 Módulo de cortante

El módulo de cortante de la mampostería, G_m , se determinará mediante ensayes con la norma aplicable. En caso de que no se realicen ensayes el

módulo de elasticidad cortante de la mampostería se calculara con la siguiente ecuación

$$G_m = 0.40E_m \quad (2.7)$$

Donde E, es el módulo de elasticidad de la mampostería, obtenido de la sección 2.9.5.

3. ESPECIFICACIONES GENERALES DE ANÁLISIS Y DISEÑO

3.1 Criterios de diseño

El dimensionamiento y detallado de elementos estructurales se deberá realizar de forma tal que se cumpla con los criterios descritos en las “Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural” y los estados límite de falla y de servicio que se describen en esta norma.

3.1.1 Estado límite de falla

Según el criterio de estado límite de falla, las estructuras y elementos estructurales deben dimensionarse y detallarse de modo que la resistencia de diseño de cualquier sección sea al menos igual al valor de la demanda bajo las solicitaciones de diseño, expresada con la ecuación:

$$R_d \leq F_R R_n \quad (3.1)$$

Donde R_d es la resistencia requerida (bajo combinaciones de carga factorizadas), F_R es el factor de resistencia establecido en la sección 3.1.4, y R_n la resistencia nominal del elemento. Las ecuaciones para diseño incluidas en esta norma están bajo la filosofía de resistencia última por lo que deberán utilizarse combinaciones de carga para resistencia última para revisar el estado límite de falla. Las combinaciones de carga que se deberán utilizar son las indicadas en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones

del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Criterios y Acciones de Diseño Estructural”.

3.1.2 Estado límite de servicio

Se comprobará que las respuestas de la estructura (asentamientos, deformación, agrietamiento, vibraciones, etc.) queden limitadas a valores tales que el funcionamiento en condiciones de servicio sea satisfactorio. Los asentamientos deberán estar dentro de los límites establecidos en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Cimentaciones”, las deformaciones y vibraciones deberán cumplir con los requerimientos establecidos en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Criterios y Acciones de Diseño Estructural”. En la Tabla 3.1 se muestran los límites para la distorsión lateral para estructuras donde su resistencia y rigidez lateral depende de los muros de mampostería. Para el cálculo de las deformaciones de servicio se emplearan combinaciones de carga para servicio o esfuerzos permisibles.

Tabla 3.1. Distorsión lateral elástica en muros

| SISTEMA ESTRUCTURAL | GRUPO AA | GRUPO A | GRUPO B |
|--|---|----------------|----------------|
| Muro diafragma | 0.004 | 0.005 | 0.006 |
| Muros de mampostería confinada de piezas macizas con refuerzo horizontal o malla | 0.002 | 0.0035 | 0.005 |
| Muros de mampostería confinada de piezas huecas con refuerzo horizontal o malla | 0.0015 | 0.003 | 0.004 |
| Muros de mampostería con refuerzo interior | 0.001 | 0.015 | 0.002 |
| Muros que no cumplan con las especificaciones de esta norma | No permitidos estos muros para estos grupos | | 0.0015 |

NOTA: En las estructuras del grupo C no es obligatorio revisar deformaciones.

A falta de un método de mayor precisión, la rigidez lateral de los muros de mampostería se podrá estimar bajo la consideración de columna ancha, con las siguientes ecuaciones:

Para muros en voladizo

$$K = \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{GA}^{-1} \quad (3.2a)$$

Para muros empotrados (restringidos a la rotación en su parte inferior y superior)

$$K = \frac{h^3}{12EI} + \frac{h}{GA}^{-1} \quad (3.2b)$$

Donde E es el módulo de elasticidad de la mampostería, definido en la Tabla 2.7. G es el módulo de cortante dado por la ecuación 2.7, h es la altura del muro, I es la inercia de la sección transversal del muro, y A es el área de la sección transversal del muro.

Para muros de ladrillo o sin refuerzo.

$$K = GA/h \quad (3.3)$$

En toda K se debe usar el área efectiva $A_e = F_{Ae} A$ del muro.

3.1.3 Diseño por durabilidad

Las estructuras se diseñarán y detallarán por durabilidad para que la expectativa de vida útil sea de 50 años. Los requisitos mínimos establecidos en estas Normas son válidos para elementos expuestos a ambientes no agresivos, tanto interior como exteriormente. Si la estructura o algún elemento de la misma

estarán expuestos a ambientes más agresivos, se deberán tomar las provisiones necesarias para cumplir con la vida útil antes indicada.

3.1.4 Factores de resistencia

La resistencia de los elementos estructurales deberá reducirse por un factor de resistencia, F_R , el cual varía dependiendo del elemento mecánico en consideración. Se acepta aplicar estos factores tanto para diseño de estructuras nuevas así como para refuerzo de estructuras existentes no dañadas, y para estructuras dañadas que se rehabilitaran se deberá aplicar un factor reducido, a menos que mediante ensayos experimentales, utilizando las normas oficiales aplicables, se obtengan las propiedades de los materiales. Los valores del factor de resistencia serán los siguientes.

3.1.4.1 En muros sujetos a compresión axial

$F_R=0.60$ para muros confinados o reforzados interiormente;

$F_R=0.30$ para muros no confinados ni reforzados interiormente;

3.1.4.2 En muros sujetos a flexocompresión en su plano o fuera de su plano.

Para muros confinados (capítulo 5) o reforzados interiormente (capítulo 6):

$$F_R=0.80 \text{ si } P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (3.4)$$

$$F_R=0.60 \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (3.5)$$

Para muros no confinados ni reforzados interiormente (capítulo 7):

$$F_R=0.30 \quad (3.6)$$

3.1.4.3 En muros sujetos a fuerza cortante

En muros sujetos a fuerza cortante:

Para muros diafragma (capítulo 4), muros confinados (capítulo 5) y muros con refuerzo interior (capítulo 6);

$$F_R=0.70 \quad (3.7)$$

Para muros no confinados ni reforzados interiormente (capítulo 7).

$$F_R=0.40 \quad (3.8)$$

3.1.5 Contribución del refuerzo a la resistencia a cargas verticales

La contribución a la resistencia a carga vertical de castillos y dalas (Capítulo 5) o del refuerzo interior (Capítulo 6) se considerará según lo establecido en las secciones 5.3.1 y 6.3.1.

3.1.6 Hipótesis para la obtención de resistencias de diseño a flexión

La determinación de resistencias de secciones de cualquier forma sujetas a flexión, carga axial o una combinación de ambas, se efectuará con el criterio de resistencia a flexocompresión que se especifica para concreto reforzado, y con base en las hipótesis siguientes:

- a) La mampostería se comporta como un material homogéneo.
- b) La distribución de deformaciones unitarias longitudinales en la sección transversal de un elemento es plana.
- c) Los esfuerzos de tensión son resistidos por el acero de refuerzo únicamente.
- d) Existe adherencia perfecta entre el acero de refuerzo vertical y el concreto o mortero de relleno que lo rodea.
- e) La sección falla cuando se alcanza, en la mampostería, la deformación unitaria máxima a compresión que se tomará igual a 0.003.

f) A menos que ensayos en pilas permitan obtener una mejor determinación de la curva esfuerzo–deformación de la mampostería, ésta se supondrá lineal hasta la falla.

En muros con piezas huecas en los que no todas las celdas estén rellenas con mortero o concreto, se considerará el valor de f_m^* de las piezas huecas sin relleno en la zona a compresión.

Muros sometidos a momentos flexionantes, perpendiculares a su plano podrán ser confinados o bien reforzados interiormente. En este último caso podrá determinarse la resistencia a flexocompresión tomando en cuenta el refuerzo vertical del muro, cuando la separación de éste no exceda de seis veces al espesor de la mampostería del muro, t .

3.1.7 Resistencia de la mampostería a cargas laterales

La fuerza cortante que toma la mampostería, según las modalidades descritas en los Capítulos 4 a 8, se basa en el esfuerzo cortante resistente de diseño que, en estas Normas, se toma igual a la resistencia a compresión diagonal, v^*m .

3.1.8 Factor de comportamiento sísmico (ductilidad)

Para diseño por sismo, se usará el factor de comportamiento sísmico, Q indicado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico”. El factor de comportamiento sísmico depende del tipo de pieza usado en los muros (sección 2.1.1), de la modalidad del refuerzo, así como de la estructuración del edificio.

Cuando la estructuración sea mixta, es decir a base de marcos de concreto o acero y de muros de carga (como ocurre en edificios con plantas bajas a base de marcos que soportan muros de mampostería), se deberá usar, en cada

dirección de análisis, el menor factor de comportamiento sísmico. Además, se deberá satisfacer lo indicado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico”.

3.1.9 Diseño de cimentaciones

Las cimentaciones de estructuras de mampostería se dimensionarán y detallarán de acuerdo con lo especificado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Cimentaciones”.

Los elementos de la cimentación deben diseñarse para que resistan los elementos mecánicos de diseño y las reacciones del terreno, de modo que las fuerzas y momentos se transfieran al suelo en que se apoyan sin exceder la resistencia del suelo. Se deberán revisar los asentamientos máximos permisibles.

El refuerzo vertical de muros y otros elementos deberá extenderse dentro de las zapatas, o losa de cimentación y deberá anclarse de modo que pueda alcanzarse el esfuerzo especificado de fluencia a la tensión. El anclaje se revisará según lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”. El refuerzo vertical deberá rematarse en dobleces a 90 grados cerca del fondo de la cimentación, con los tramos rectos orientados hacia el interior del elemento vertical. Las losas de cimentación de concreto reforzado deberán diseñarse como diafragmas, de acuerdo con lo señalado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”.

En caso de utilizar losa de cimentación, deberá revisarse como afecta la flexibilidad de la losa en los esfuerzos que se generaran en los muros. Por lo que se deberá considerar la interacción suelo-estructura.

3.1.10 Diseño de sistemas de piso y techo

Los sistemas de piso y techo de las estructuras de mampostería se deberán dimensionar y detallar de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y de servicio, así como de durabilidad. Asimismo, deberá cumplir los requisitos aplicables de las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural correspondientes, según el material del que se trate.

En todo caso, la transmisión de fuerzas y momentos internos entre los muros y los sistemas de piso y techo deberá depender de conexiones mecánicas por medio del acero de refuerzo o anclajes y no deberá de depender de la fricción entre los elementos.

Si es el caso, las barras de refuerzo de los elementos resistentes de piso y techo deberán anclarse sobre los muros de modo que puedan alcanzar el esfuerzo especificado de fluencia a la tensión.

Si los sistemas de piso o techo transmiten fuerzas laterales en su plano, como las inducidas por los sismos, a o entre elementos resistentes a fuerzas laterales, se deberán cumplir los requisitos correspondientes a diafragmas, según el material del que se trate.

Si los sistemas de piso y techo están hechos a base de paneles, se deberá cumplir lo especificado en la norma NMX-C-405-ONNCCE.

Si se usan sistemas de vigueta y bovedilla se deberá cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-406 ONNCCE. Cuando las bovedillas se apoyen en muros paralelos a las viguetas, la longitud de apoyo será al menos de 50 mm. En

ningún caso, las bovedillas y las viguetas deberán obstruir el paso de las dalas de confinamiento.

3.2 Métodos de análisis

3.2.1 Criterio general

La determinación de las fuerzas y momentos internos en los muros se hará, en general, por medio de un análisis elástico de primer orden. En la determinación de las propiedades elásticas de los muros deberá considerarse que la mampostería no resiste tensiones en dirección normal a las juntas y emplear, por tanto, las propiedades de las secciones agrietadas y transformadas cuando dichas tensiones aparezcan.

Los módulos de elasticidad del acero de refuerzo y de la mampostería, así como el módulo de cortante de la mampostería, se tomarán como se indica en las secciones 2.8, 2.9.5 y 2.9.6, respectivamente. Para el concreto se usará el valor indicado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”.

3.2.2 Análisis por cargas verticales

3.2.2.1 Criterio básico

Para el análisis por cargas verticales se tomará en cuenta que en las juntas de los muros y los elementos de piso ocurren rotaciones locales debidas al aplastamiento del mortero. Por tanto, para muros que soportan losas de concreto monolíticas o prefabricadas, se supone que la junta tiene suficiente capacidad de rotación para que pueda considerarse que, para efectos de distribución de momentos en el nudo muro–losa, la rigidez a flexión fuera del plano de los muros es nula y que los muros sólo quedan cargados axialmente. En el análisis se deberá considerar la interacción que pueda existir entre el suelo, la cimentación y los muros. Cuando se consideren los efectos a largo

plazo, se tomarán los módulos de elasticidad y de cortante para cargas sostenidas de la sección 2.9.5 y 2.9.6.

3.2.2.2 Fuerzas y momentos de diseño

Será admisible determinar las cargas verticales que actúan sobre cada muro mediante una bajada de cargas por áreas tributarias.

Para el diseño sólo se tomarán en cuenta los momentos flexionantes siguientes:

- a) Los momentos flexionantes que deben ser resistidos por condiciones de estática y que no pueden ser redistribuidos por la rotación del nudo, como son los debidos a un voladizo que se empotre en el muro y los debidos a empujes, de viento o sismo, normales al plano del muro.
- b) Los momentos flexionantes debidos a la excentricidad con que se transmite la carga de la losa del piso inmediatamente superior en muros extremos; tal excentricidad, e_c , se tomará igual a:

$$e_c = \frac{t}{2} - \frac{b}{3} \quad (3.9)$$

Donde t es el espesor de la mampostería del muro y b es longitud de apoyo de una losa soportada por el muro (Figura 3.1).

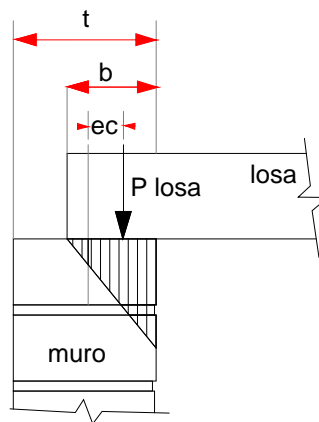


Figura 3.1. Excentricidad de la carga vertical

3.2.2.3 Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez

En el diseño, se deberán tomar en cuenta los efectos de excentricidad y esbeltez, en muros longitudinales sin muros perpendiculares, en una longitud menor a dos veces h . Optativamente, se pueden considerar mediante los valores aproximados del factor de reducción FE de acuerdo a los incisos a o b siguiente:

a) Se podrá tomar FE igual a 0.7 para muros interiores que los claros que soportan a cada lado del muro no difieran en más de 50 por ciento. Se podrá tomar FE igual a 0.6 para muros de extremo con un solo claro o para muros interiores con claros que difieran en más de 50 por ciento, así como para casos donde la carga viva es mayor que la carga muerta. Para ambos casos, se deberá cumplir simultáneamente con las siguientes condiciones:

- 1) Las deformaciones de los extremos superior e inferior del muro en la dirección normal a su plano están restringidas por el sistema de piso, por dadas o por otros elementos;
- 2) La excentricidad en la carga axial aplicada es menor o igual que $t/6$ y no hay fuerzas significativas que actúan en dirección normal al plano del muro; y
- 3) La relación altura libre a espesor de la mampostería del muro, h/t , no excede de 20.

b) Cuando no se cumplan las condiciones del inciso 3.2.2.3.a, el factor de reducción por excentricidad y esbeltez se determinará como el menor entre el que se especifica en el inciso 3.2.2.3.a, y el que se obtiene con la ecuación siguiente:

Factor de reducción por esbeltez y excentricidad

$$F_E = \left(1 - \frac{2e}{t}\right) \left(1 - \frac{k \cdot h}{30 \cdot t}\right)^2 \quad (3.10)$$

Donde

h es la altura libre del muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral; e' es la excentricidad calculada para la carga vertical mas una excentricidad accidental que se tomara igual a t/24; k es el factor de altura efectiva del muro, el cual vale 2.0 para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior, vale 1.0 para muros con ambos extremos restringidos por apoyos continuos tales como losas, y vale 0.80 para muros con ambos restringidos por apoyos continuos en ambos lados del muro de forma que se evite la rotación del muro en sus extremos, ver Figura 3.2.

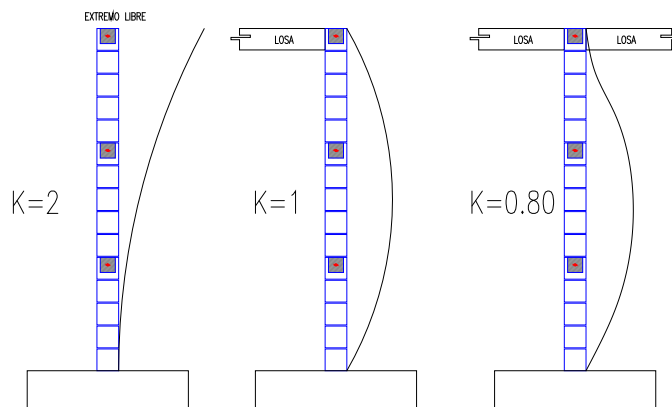


Figura 3. 2. Factor k

3.2.2.4 Efecto de las restricciones a las deformaciones laterales

En casos en que el muro en consideración esté ligado a muros transversales, con una separación L' menor a dos veces su altura (h) a muros, contrafuertes, columnas, o castillos (que cumplan con la sección 5.1) que restrinjan su deformación lateral, el factor FE se calculará como:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e}{t}\right) \left(1 - \frac{kH}{30t}\right)^2 \left(1 - \frac{h}{L} + \frac{h}{L}\right) \leq 0.90 \quad (3.11)$$

Donde L' es la separación de los elementos que rigidizan transversalmente al muro, según se aprecia en la figura 3.3.

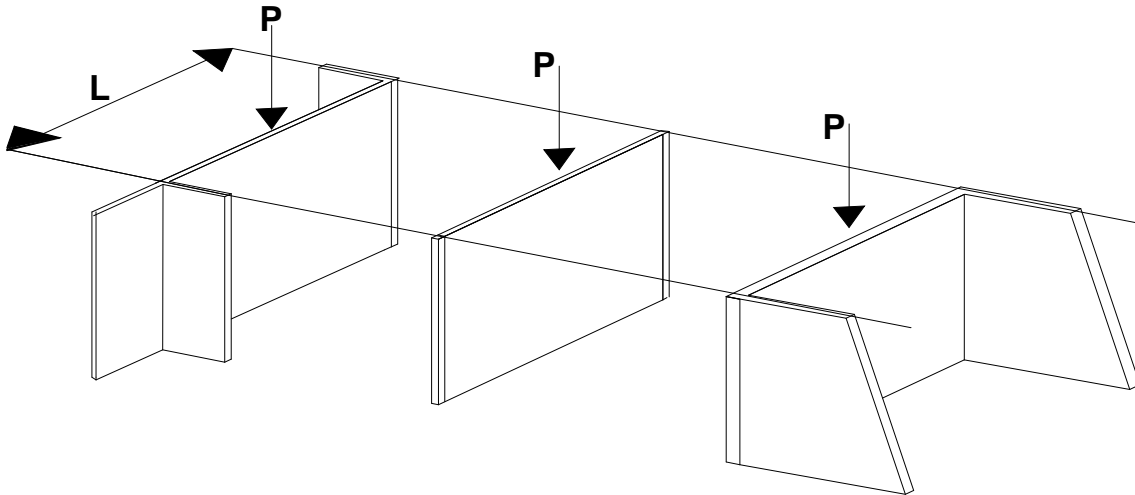


Figura 3. 3. Restricción a la deformación lateral

3.2.3 Análisis por cargas laterales

3.2.3.1 Criterio básico

Para determinar las fuerzas y momentos internos que actúan en los muros, las estructuras de mampostería se podrán analizar mediante métodos dinámicos o estáticos (sección 3.2.3.2). En cualquier caso se deberá considerar el efecto de aberturas en la rigidez y resistencia laterales.

3.2.3.2 Métodos de análisis dinámico y estático

Se aceptará el análisis mediante métodos dinámicos o estáticos que cumplan con las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico”.

La determinación de los efectos de las cargas laterales inducidas por sismo se hará con base en las rigideces relativas de los distintos muros y segmentos de muro. Estas se determinarán tomando en cuenta las deformaciones por cortante y por flexión. Para la revisión del estado límite de falla y para evaluar las deformaciones por cortante, será válido considerar la sección transversal agrietada en aquellos muros o segmentos más demandados. Para evaluar las

deformaciones por flexión se considerará la sección transversal agrietada del muro o segmento cuando la relación de carga vertical a momento flexionante es tal que se presentan tensiones verticales.

Se tomará en cuenta la restricción que impone a la rotación de los muros, la rigidez de los sistemas de piso y techo, así como la de los dinteles y pretilas. En estructuras de mampostería confinada o reforzada interiormente, los muros y segmentos sin aberturas se pueden modelar como columnas anchas (Figura 3.4), con momentos de inercia y áreas de cortante iguales a las del muro o segmento real. En muros largos, como aquéllos con castillos intermedios, se deberá evaluar el comportamiento esperado para decidir si, para fines de análisis, el muro se divide en segmentos, a cada uno de los cuales se les asignará el momento de inercia y el área de cortante correspondiente.

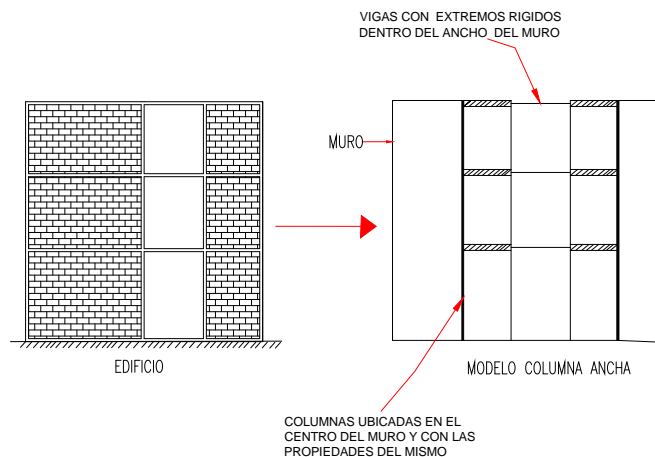


Figura 3.4. Modelo de columna Ancha

Las columnas anchas estarán acopladas por vigas con el momento de inercia de la losa en un ancho equivalente, al cual deberá sumarse el momento de inercia de dinteles y pretilas (Figura 3.5).

En los análisis se usarán los módulos de elasticidad y de cortante de la mampostería, E_m y G_m , con valores para cargas de corta duración (secciones

2.9.5 y 2.9.6). Los valores deberán reflejar las rigideces axiales y de cortante que se espera obtener de la mampostería en obra. Los valores usados en el análisis deberán indicarse en los planos (sección 9.1).

Para estimar la rigidez a flexión en losas, con o sin pretilas, se considerará un ancho de cuatro veces el espesor de la losa a cada lado de la trabe o dala, o de tres veces el espesor de la losa cuando no se tiene trabe o dala, o cuando la dala está incluida en el espesor de la losa (Figura 3.5).

En los análisis a base de marcos planos, para estimar la rigidez a flexión de muros con patines, se considerará un ancho del patín a compresión a cada lado del alma que no exceda de seis veces el espesor del patín (Figura 3.6).

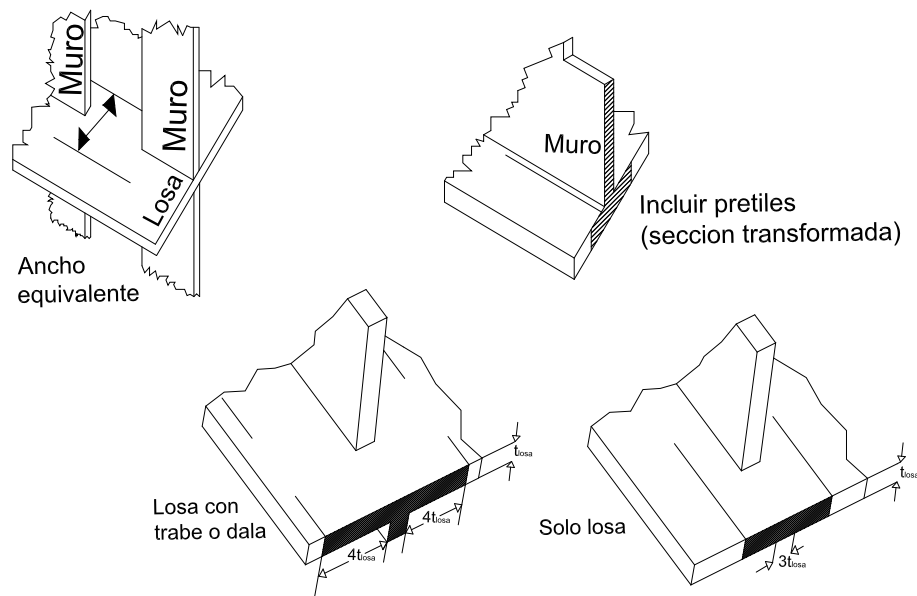


Figura 3. 5. Ancho equivalente en losas

Para el caso de muros que contengan aberturas, éstos podrán modelarse como columnas anchas equivalentes, solamente si el patrón de aberturas es regular en elevación (Figura 3.4), en cuyo caso los segmentos sólidos del muro se modelarán como columnas anchas y éstas se acoplarán por vigas conforme se establece anteriormente. Si la distribución de aberturas es irregular o compleja en elevación, deberán emplearse métodos más refinados para el modelado de

dichos muros. Se admite usar el método de elementos finitos, el método de puntales y tensores u otros procedimientos analíticos similares que permitan modelar adecuadamente la distribución de las aberturas en los muros y su impacto en las rigideces, deformaciones y distribuciones de esfuerzos a lo largo y alto de los muros.

Los muros diafragma se podrán modelar como diagonales equivalentes o como paneles unidos en las esquinas con las vigas y columnas del marco perimetral. Si se usan muros de mampostería y de concreto se deberán considerar las diferencias entre las propiedades mecánicas de ambos materiales.

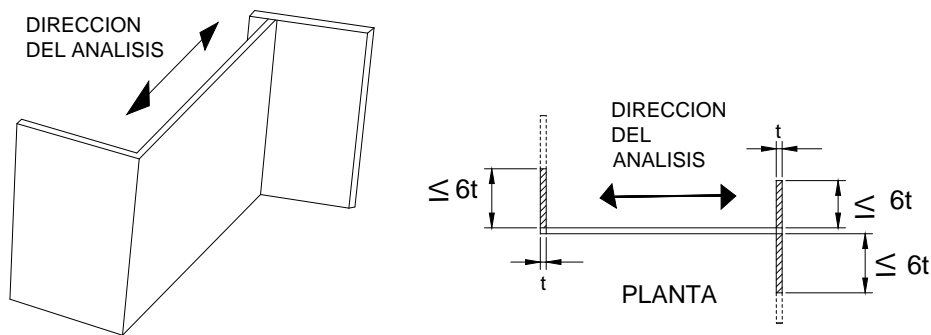


Figura 3. 6. Ancho efectivo del patín a compresión en muros

Se revisará que la distorsión lateral inelástica, de forma tal que no exceda de los valores descritos en la Tabla 3.1. La fuerza sísmica para la revisión de distorsión no deberá estar afectada por el factor de comportamiento sísmico Q.

3.2.3.3 Método simplificado

Es aplicable el método simplificado de análisis cuando cumplan los requisitos descritos a continuación. Para mayor detalle con respecto a la aplicación del método ver las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico”.

1. Que en cada planta, al menos el 75 por ciento de las cargas, verticales sean soportadas por muros ligados entre sí mediante losas corridas. Dichos muros deberán ser de concreto, de mampostería de piezas macizas o de mampostería de piezas huecas, que satisfagan las limitaciones establecidas en las normas para diseño de mampostería.
2. Que en cada nivel existan al menos dos muros perimetrales de carga paralelos o que formen entre si un ángulo no mayor de veinte grados, estando cada muro ligado por las losas antes citadas en una longitud de por lo menos el 50 por ciento de la dimensión del edificio, medida en las direcciones de dichos muros.
3. Que la relación de largo a ancho de la planta del edificio no excede de 2.0, a menos que, para fines de análisis sísmico, se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación de largo a ancho satisfaga esta restricción y cada tramo resista según el criterio de este artículo.
4. Que la relación de altura a dimensión mínima de la base del edificio no exceda de 1.5, y la altura del edificio no sea mayor de 13m.

En este método no es necesario el cálculo de rigideces para distribuir las fuerzas cortantes, ni el cálculo de torsiones y momentos de volteo. Se verificará únicamente que en cada piso la suma de las resistencias al corte de los muros de carga, proyectada en la dirección en de análisis sea mayor o igual a la fuerza cortante total del sismo para el piso en consideración. La fuerza sísmica se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_i = W_i \cdot \frac{c}{Q} \quad (3.12)$$

Donde c es el coeficiente sísmico obtenido de la NTC para Diseño por sismo, W_i es el peso sísmico del nivel i , y Q para diseño por resistencia es de 2 para

muros diafragma o confinados o 1.5 para muros con refuerzo interior y para servicio Q es igual a 1.0.

3.2.4 Análisis por temperatura

Cuando por un diferencial de temperaturas así se requiera, o cuando la estructura tenga una longitud mayor de 40 m, será necesario considerar los efectos de la temperatura en las deformaciones y elementos mecánicos. Se deberá poner especial cuidado en las características mecánicas de la mampostería al evaluar los efectos de temperatura.

3.3 Detallado del refuerzo

3.3.1 General

Los planos de construcción deberán tener figuras o notas con los detalles del refuerzo (sección 9.1). Toda barra de refuerzo deberá estar rodeada en toda su longitud por mortero, concreto o mortero de relleno, con excepción de las barras de refuerzo horizontal que estén ancladas según la sección 3.3.6.4.

3.3.2 Tamaño del acero de refuerzo

3.3.2.1 Diámetro del acero de refuerzo longitudinal

El diámetro de la barra más gruesa no deberá exceder de la mitad de la menor dimensión libre de una celda. En castillos y dalas, el diámetro de la barra más gruesa no deberá exceder de un sexto de la menor dimensión (Figura 3.7).

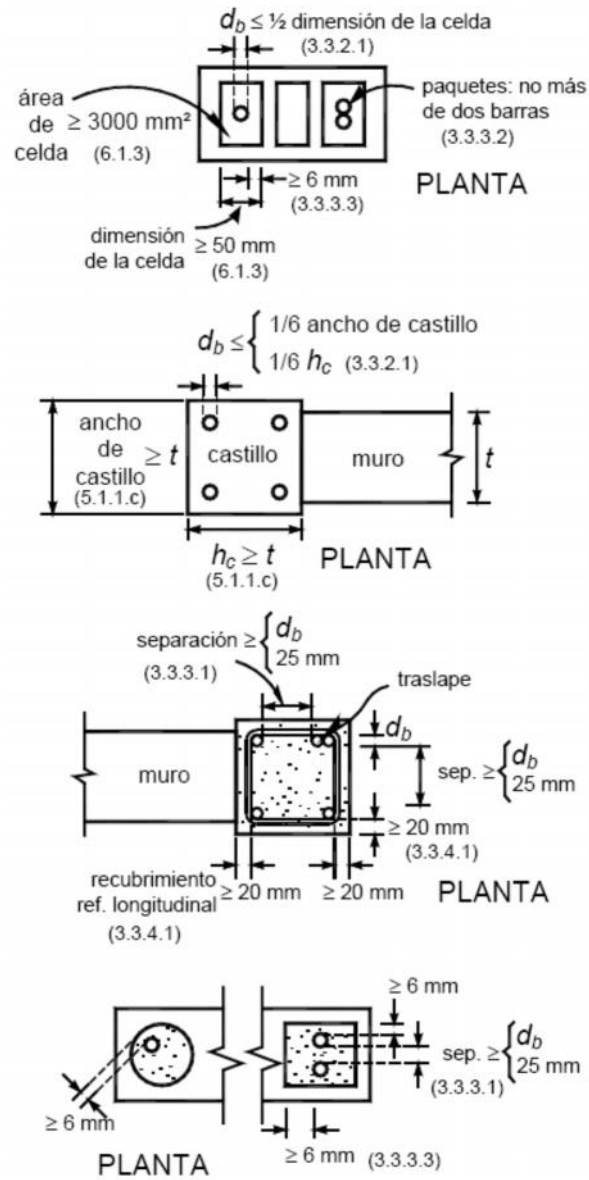


Figura 3.7. Tamaño, colocación y protección del refuerzo

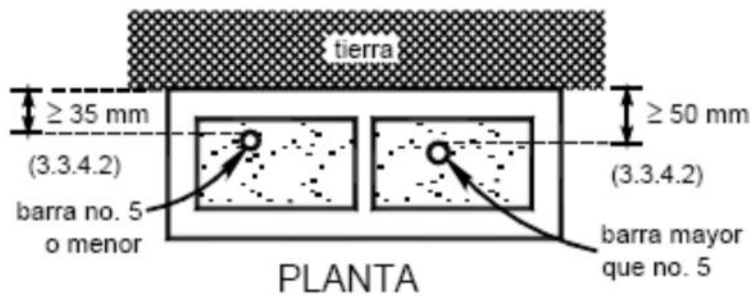
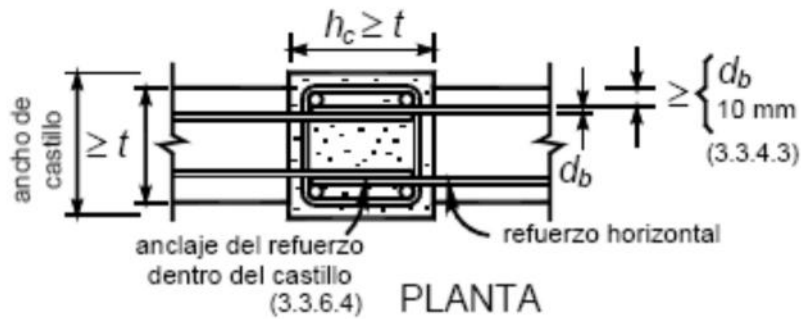
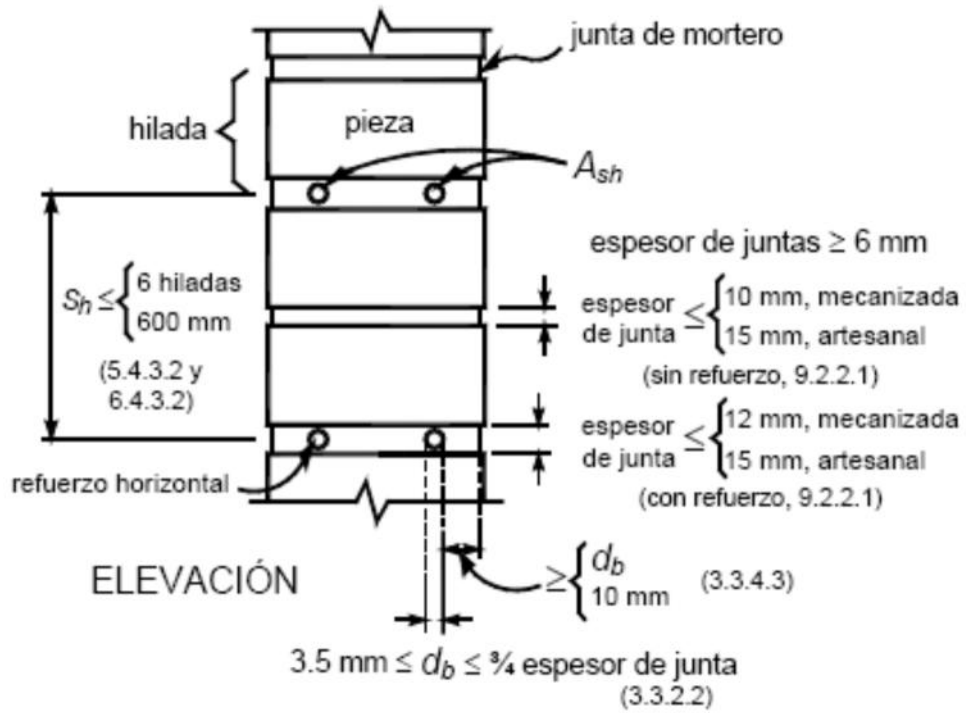


Figura 3. 8. Tamaño, colocación y protección del refuerzo

3.3.2.2 Acero de refuerzo horizontal en juntas

El diámetro del refuerzo horizontal no será menor que 3.5 mm ni mayor que tres cuartas partes del espesor de la junta (Figura 3.8). En la junta de mampostería reforzada interiormente en que no sean coladas todas las celdas no se permitirá que el refuerzo se coloque en las juntas. Para colocar el acero de refuerzo horizontal este deberá ir dentro de bloques dala (Figura 3.9). A menos que se asegure un recubrimiento continuo a lo largo de la varilla de 1.5 cm.

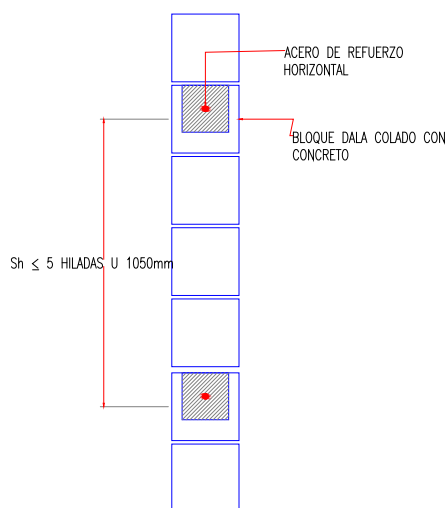


Figura 3. 9. Acero de refuerzo horizontal

3.3.3 Colocación y separación del acero de refuerzo longitudinal

3.3.3.1 Distancia libre entre barras

La distancia libre entre barras paralelas, empalmes de barras, o entre barras y empalmes, no será menor que el diámetro nominal de la barra más gruesa, ni que 25 mm (Figura 3.7).

3.3.3.2 Paquetes de barras

Se aceptarán paquetes de dos barras como máximo (Figura 3.7).

3.3.3.3 Espesor de mortero de relleno y refuerzo

El espesor del concreto o mortero de relleno, entre las barras o empalmes y la pared de la pieza serán al menos de 6 mm (Figura 3.7).

3.3.4 Protección del acero de refuerzo

3.3.4.1 Recubrimiento en castillos exteriores y dalas

En muros confinados con castillos exteriores, las barras de refuerzo longitudinal de castillos y dalas deberán tener un recubrimiento mínimo de concreto de 20 mm (Figura 3.7).

3.3.4.2 Recubrimiento en castillos interiores y en muros con refuerzo interior

Si la cara del muro está expuesta a tierra, el recubrimiento será de 35 mm para barras del No. 5 (15.9 mm de diámetro) o menores, de 50 mm para barras de diámetros mayores (Figura 3.8).

3.3.4.3 Recubrimiento de refuerzo horizontal

La distancia libre mínima entre una barra de refuerzo horizontal o malla de alambre soldado y el exterior del muro será la menor de 10 mm o una vez el diámetro de la barra (Figura 3.8).

3.3.5 Dobleces del refuerzo

El radio interior de un doblez será el especificado para concreto reforzado.

3.3.5.1 En barras rectas

Las barras a tensión podrán terminar con un doblez a 90 ó 180 grados. El tramo recto después del doblez no será menor que 12 db para dobleces a 90 grados, ni menor que 4db para dobleces a 180 grados, donde d b es el diámetro de la barra (Figura 3. 10).

3.3.5.2 En estribos

Los estribos deberán ser cerrados, de una pieza, y deben rematar en una esquina con dobleces de 135 grados, seguidos de tramos rectos de no menos de $6d_b$ de largo ni de 35 mm (Figura 3.10).

3.3.5.3 En grapas

Las grapas deberán rematarse con dobleces a 180 grados, seguidos de tramos rectos de no menos de $6d_b$ de largo ni de 35 mm (Figura 3.10).

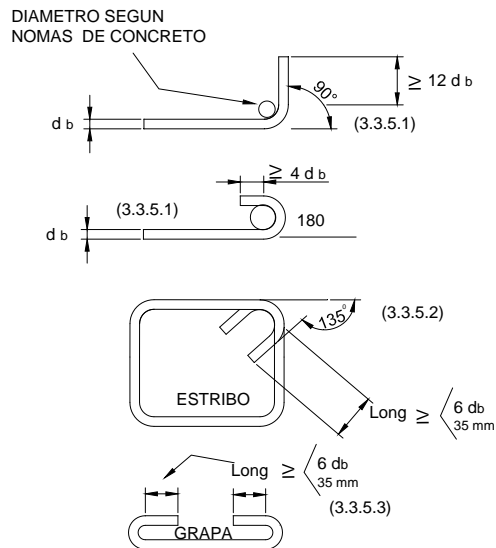


Figura 3. 10. Dobleces del refuerzo

3.3.6 Anclaje del acero de refuerzo

3.3.6.1 Requisitos generales

La fuerza de tensión o compresión que actúa en el acero de refuerzo en toda sección debe desarrollarse a cada lado de la sección considerada por medio de adherencia en una longitud suficiente de barra.

En lo general, se aplicará lo dispuesto en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”.

3.3.6.2 Barras rectas a tensión

La longitud de desarrollo, L_d , en la cual se considera que una barra de tensión se ancla de modo que alcance su esfuerzo especificado de fluencia, será la requerida para concreto reforzado.

3.3.6.3 Barras a tensión con dobleces a 90 ó 180 grados

La revisión del anclaje de barras a tensión con dobleces a 90 ó 180 grados se hará siguiendo lo indicado para concreto reforzado.

3.3.6.4 Refuerzo horizontal en juntas de mortero

El refuerzo horizontal colocado en juntas de mortero (5.4.3 y 6.4.3) deberá ser continuo a lo largo del muro, entre dos castillos si se trata de mampostería confinada, o entre dos celdas rellenas y reforzadas con barras verticales en muros reforzados interiormente. Si se requiere, se podrán anclar dos o más barras o alambres en el mismo castillo o celda que refuercen muros colineales o transversales. No se admitirá el traslape de alambres o barras de refuerzo horizontal en ningún tramo.

El refuerzo horizontal deberá anclarse en los castillos, ya sea exteriores o interiores, o en las celdas rellenas reforzadas (fig. 3.11). Se deberá anclar mediante dobleces a 90 grados colocados dentro de los castillos o celdas. El doblez del gancho se colocará verticalmente dentro del castillo o celda rellena lo más alejado posible de la cara del castillo o de la pared de la celda rellena en contacto con la mampostería.

Si la carga axial de diseño, P_u , que obra sobre el muro es de tensión o nula, la longitud de anclaje deberá satisfacer lo señalado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”. Para fines de revisar la longitud de desarrollo, la sección crítica será la cara del castillo o la pared de la celda rellena en contacto con la mampostería (fig. 3.11).

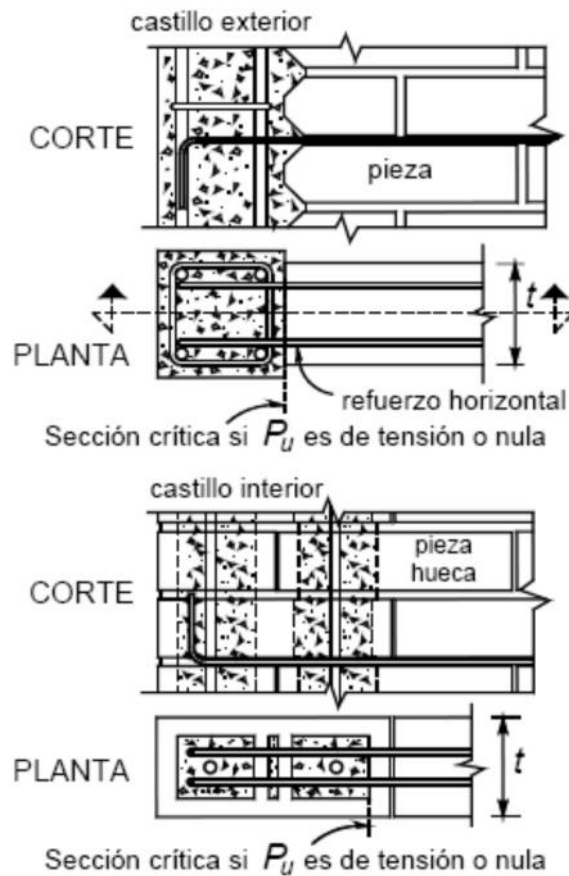


Figura 3.11 Anclaje de refuerzo horizontal

3.3.6.5 Mallas de alambre soldado

Las mallas de alambre soldado se deberán anclar a la mampostería, así como a los castillos y dalas si existen, de manera que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia (Figura 3.12). Se aceptará ahogar la malla en el concreto; para ello, deberán ahogarse cuando menos dos alambres perpendiculares a la dirección de análisis, distando el más próximo no menos de 50 mm de la sección considerada (Figura 3.12). Si para fijar la malla de alambre soldado se usan conectores instalados a través de una carga explosiva de potencia controlada o clavos de acero, la separación máxima será de 450 mm.

Las mallas deberán rodear los bordes verticales de muros y los bordes de las aberturas. Si la malla se coloca sobre una cara del muro, la porción de malla

que rodea los bordes se extenderá al menos dos veces la separación entre alambres transversales. Esta porción de malla se anclará de modo que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia. Si el diámetro de los alambres de la malla no permite doblarla alrededor de bordes verticales de muros y los bordes de aberturas, se aceptará colocar un refuerzo en forma de letra C hecho con malla de calibre no inferior al 10 (3.43 mm de diámetro) que se traslape con la malla principal según lo indicado en la sección 3.3.6.6. Se admitirá que la malla se fije en contacto con la mampostería.

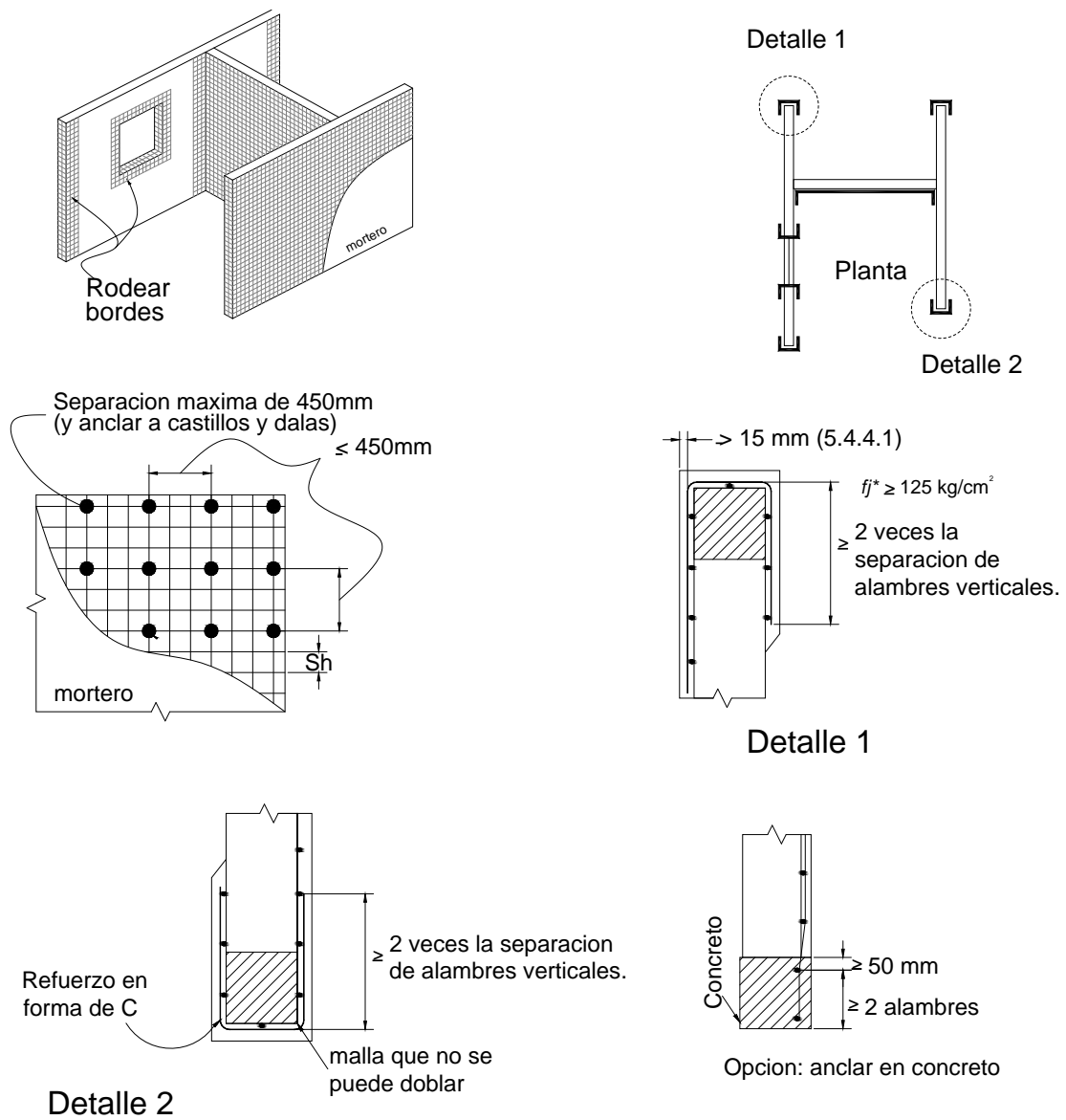


Figura 3.12. Refuerzo con malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero

3.3.6.6 Uniones de barras

a) Barras sujetas a tensión

La longitud de traslapes de barras en concreto se determinará según lo especificado para concreto reforzado. No se aceptan uniones de barras soldadas, a menos que las barras cumplan con la norma NMX-B-457 (ASTM A706). Si las barras se traslapan en el interior de piezas huecas, la longitud del traslape será al menos igual a $50d_b$ en barras con esfuerzo especificado de fluencia de hasta 4200 kg/cm y al menos igual a $60d_b$ en barras o alambres con esfuerzo especificado de fluencia mayor; d_b es el diámetro de la barra más gruesa del traslape. El traslape se ubicará en el tercio medio de la altura del muro. No se aceptan traslapes de más del 50 por ciento del acero longitudinal del elemento (castillo, dala, muro) en una misma sección. No se permitirán traslapes en los extremos de los castillos (ya sean éstos exteriores o interiores) de planta baja a lo largo de la longitud H_o , definida en el inciso 5.1.1.h.

No se permitirán traslapes en el refuerzo vertical en la base de muros de mampostería reforzada interiormente a lo largo de la altura calculada de la articulación plástica por flexión.

b) Mallas de alambre soldado

Las mallas de alambre soldado deberán ser continuas, sin traslape, a lo largo del muro. Si la altura del muro así lo demanda, se aceptará unir las mallas. El traslape se colocará en una zona donde los esfuerzos esperados en los alambres sean bajos. El traslape medido entre los alambres transversales extremos de las hojas que se unen no será menor que dos veces la separación entre alambres transversales más 50 mm.

4. MUROS DIAFRAGMA

4.1 Alcance

Estos son los que se encuentran confinados por las vigas y columnas (no por castillos) de un marco estructural al que proporcionan rigidez ante cargas laterales. Pueden ser de mampostería confinada (Capítulo 5), reforzada interiormente (Capítulo 6) no reforzada (Capítulo 7) o de piedras naturales (Capítulo 8). El espesor de la mampostería de los muros no será menor de 12 cm. Los muros se construirán e inspeccionarán como se indica en los Capítulos 9 y 10, respectivamente.

4.2 Fuerzas de diseño

Las fuerzas de diseño, en el plano y perpendiculares al muro, se obtendrán del análisis ante cargas laterales afectadas por el factor de carga correspondiente.

4.3 Resistencia a fuerza cortante en el plano

4.3.1 Fuerza cortante resistida por la mampostería

La fuerza cortante resistente de diseño de la mampostería, V_{mR} se determinará como sigue:

$$V_{mR} = F_R (0.85 v_m^* A_T) \quad (4.1)$$

Donde

A_T es el área bruta de la sección transversal del muro, y F_R se tomara igual a 0.70 de acuerdo a la sección 3.1.4.3.

4.3.2 Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo horizontal

Si el muro diafragma está reforzado horizontalmente, sea mediante barras corrugadas o alambres corrugados laminados en frío en las juntas de mortero, o bien con mallas de alambre soldado recubiertas con mortero, la fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal, V_{sR} , se calculará con la ecuación 4.2.

$$V_{SR} = F_R \cdot \eta \cdot \rho_h \cdot f_{yh} \cdot A_T \quad (4.2)$$

Donde η , ρ_h y f_{yh} son el factor de eficiencia, es la cuantía y el esfuerzo especificado de fluencia de acero horizontal, respectivamente.

El refuerzo horizontal se detallará como se indica en las secciones 3.3.2.2, 3.3.4.3, 3.3.5.1 y 3.3.6.4. Las cuantías mínima y máxima, así como el valor de η serán los indicados en los capítulos 5 y 6, según corresponda.

4.4 Volteo del muro diafragma

Se deberá evitar la posibilidad de volteo del muro perpendicularmente a su plano. Para lograrlo, se diseñará y detallará la unión entre el marco y el muro diafragma o bien se reforzará el muro con castillos o refuerzo interior (Figura 4. 1). La resistencia a flexión perpendicular al plano del muro se calculará de acuerdo con la sección 3.1.6.

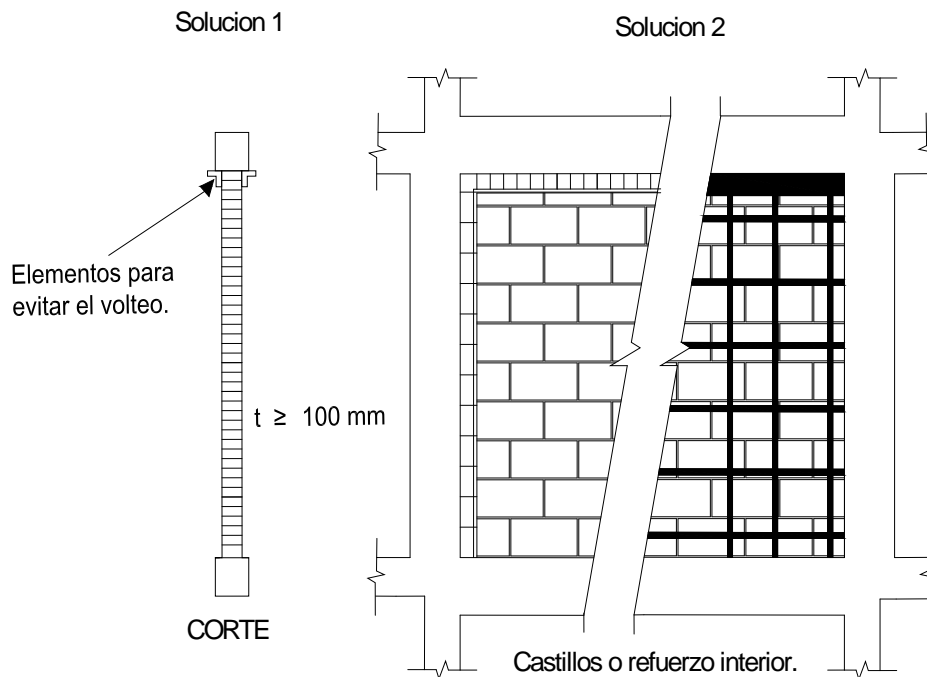


Figura 4. 1. Detallado de muros diafragma

4.5 Interacción marco–muro diafragma en el plano

Las columnas del marco deberán ser capaces de resistir, cada una, en una longitud igual a una cuarta parte de su altura medida a partir del paño de la viga, una fuerza cortante igual a la mitad de la carga lateral que actúa sobre el tablero (Figura 4. 2). El valor de esta carga será al menos igual a la resistencia a fuerza cortante en el plano del muro diafragma.

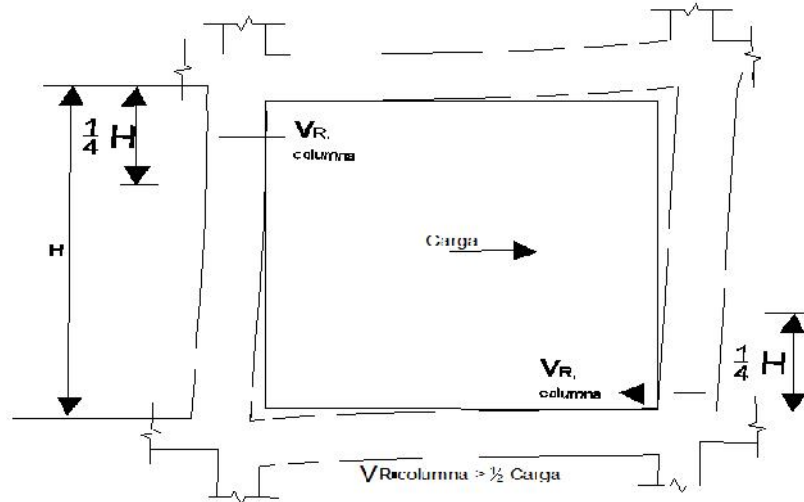


Figura 4. 2. Interacción marco-muro diafragma

Si el muro diafragma está reforzado horizontalmente, para valorar los efectos en la columna, la fuerza cortante resistida por dicho refuerzo será la calculada con la ecuación 4.2, pero utilizando un factor de eficiencia $=1$.

5. MAMPOSTERÍA CONFINADA

5.1 Alcance

Es la que está reforzada con castillos y dadas. Para ser considerados como confinados, los muros deben cumplir con los requisitos 5.1.1 a 5.1.4 (Figura 5. 1 a Figura 5. 3). En esta modalidad los castillos o porciones de ellos se cuelan una vez construido el muro o la parte de él que corresponda.

Para diseño por sismo, se usará $Q = 2$ cuando las piezas sean macizas; se usará también o bien cuando se usen piezas multiperforadas con refuerzo horizontal con al

menos la cuantía mínima y los muros estén confinados con castillos exteriores. Se usará $Q = 1.5$ para cualquier otro caso.

Los muros se construirán e inspeccionarán como se indica en los Capítulos 9 y 10, respectivamente.

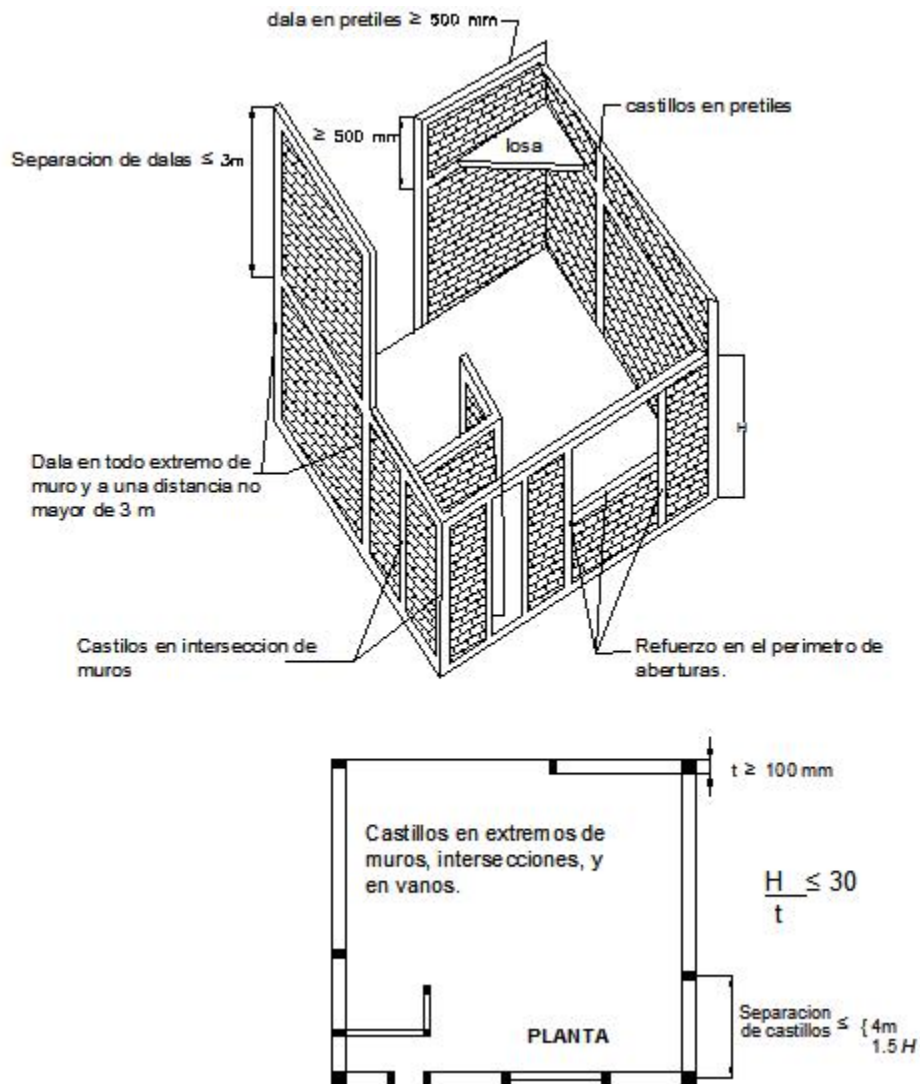


Figura 5. 1. Requisitos para mampostería confinada

5.1.1. Castillos y dalas exteriores

Los castillos que se utilicen para confinamiento de muros deberán cumplir con lo siguiente (Figura 5.1 y 5.2)

- a) Existirán castillos por lo menos en los extremos de los muros e intersecciones con otros muros, y en puntos intermedios del muro a una separación no mayor que $1.5 H$ ni 4 m. , donde H es altura libre del muro. Los pretilos o parapetos deberán tener castillos con una separación no mayor que 4 m.
- b) Existirá una dala en todo extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100 mm (Figura 5. 2). Aun en este caso, se deberá colocar refuerzo longitudinal y transversal como lo establecen los incisos 5.1.1.e y 5.1.1.g. Además, existirán dalas en el interior del muro a una separación no mayor de 3 m y en la parte superior de pretilos o parapetos cuya altura sea superior a 500 mm .
- c) Los castillos y dalas tendrán como dimensión mínima el espesor de la mampostería del muro, t .
- d) El concreto de castillos y dalas tendrá un resistencia a compresión, f_c' , no menor de 150 kg/cm^2 .
- e) El refuerzo longitudinal del castillo y la dala deberá dimensionarse para resistir las componentes vertical y horizontal correspondientes del puntal de compresión que se desarrolla en la mampostería para resistir las cargas laterales y verticales. En cualquier caso, estará formado por lo menos de tres barras, cuya área total sea al menos igual a la obtenida con la siguiente ecuación.

$$A_s = 0.2 \frac{f_c'}{f_y} t^2 \quad (5.1)$$

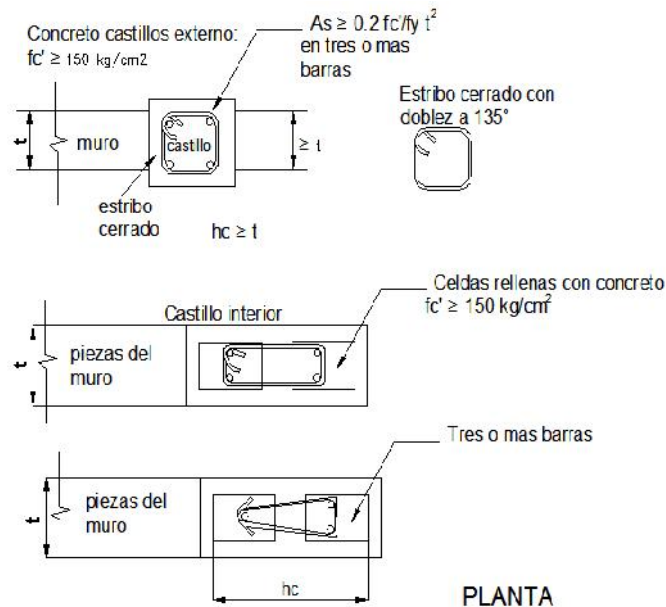
Donde A_s es el área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en el castillo o en la dala.

- f) El refuerzo longitudinal del castillo y la dala estará anclado en los elementos que limitan al muro de manera que pueda alcanzar su esfuerzo de fluencia.
- g) Los castillos y dalas estarán reforzados transversalmente por estribos cerrados y con un área, A_{sc} , al menos igual a la calculada con la siguiente ecuación:

$$A_{sc} = \frac{1000 \cdot s}{f_y \cdot h_c} \quad (5.2)$$

Donde h_c es la dimensión del castillo o dala en el plano del muro. La separación de los estribos, s , no excederá de 1.5 t ni de 200 mm.

- h) Cuando la resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería, v_m^* , sea superior 6 kg/cm², se suministrará refuerzo transversal, con área igual a la calculada con la ecuación anterior ecuación 5.2 y con una separación no mayor que una hilada dentro de una longitud H_o en cada extremo de los castillos. H_o se tomará como el mayor de $H/6$, $2h_c$ y 400 mm.



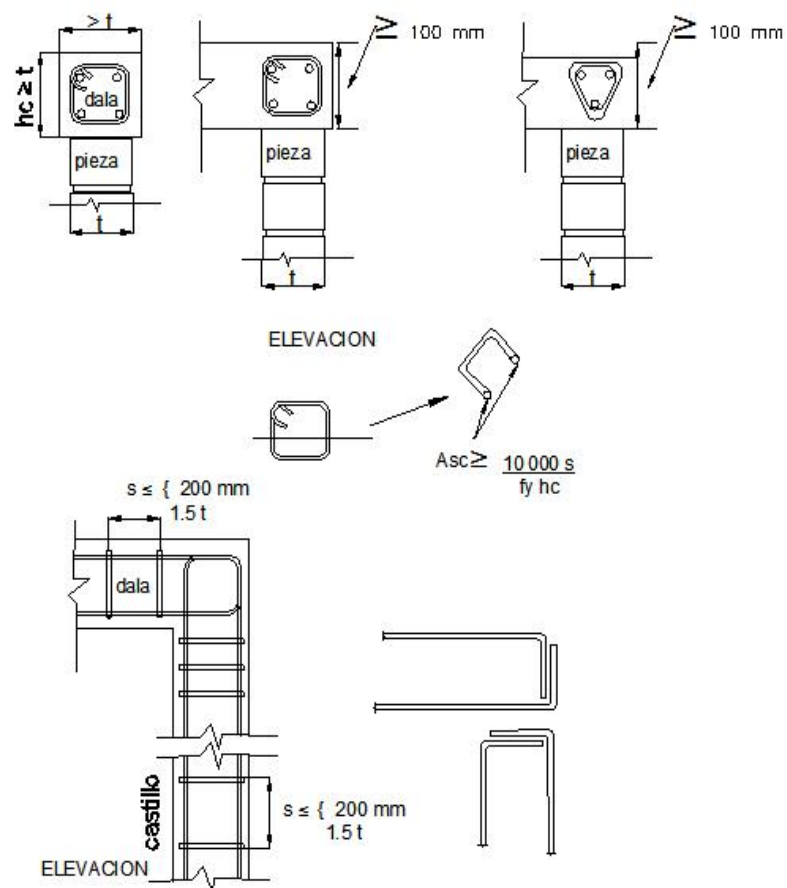


Figura 5. 2. Castillos y dalas

5.1.2 Muros con castillos interiores

Se acepta considerar a los muros como confinados si los castillos interiores y las dalas cumplen con todos los incisos de 5.1.1, con excepción de 5.1.1.c. Se aceptará usar concreto de relleno como los especificados en la sección 2.6.3 con resistencia a compresión no menor de 150 kg/cm². Se deberán colocar estribos o grapas en los extremos de los castillos como se indica en el inciso 5.1.1.h, independientemente del valor de v_m^* . Para diseño por sismo, el factor de comportamiento sísmico Q, será igual a 1.5, indistintamente de la cuantía de refuerzo horizontal (sección 5.4.3) o de malla de alambre soldado (sección 5.4.4).

5.1.3 Muros con aberturas

Existirán elementos de refuerzo con las mismas características que las dalas y castillos en el perímetro de toda abertura cuyas dimensiones horizontal o vertical excedan de la cuarta parte de la longitud del muro o separación entre castillos, o de 600 mm (Figura 5.3). También se colocarán elementos verticales y horizontales de refuerzo en aberturas con altura igual a la del muro (Figura 5.1). En muros con castillos interiores, se aceptará sustituir a la dala de la parte inferior de una abertura por acero de refuerzo horizontal anclado en los castillos que confinan a la abertura. El refuerzo consistirá de barras capaces de alcanzar en conjunto una tensión a la fluencia de 3000 kg.

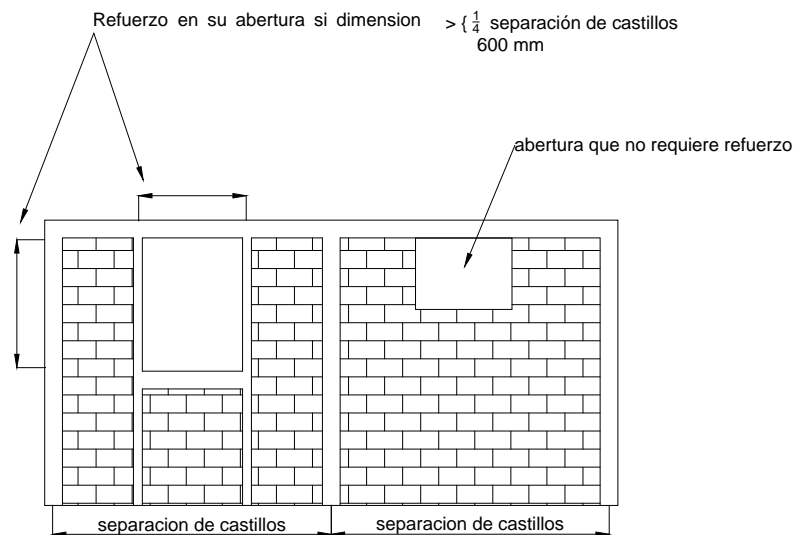


Figura 5. 3. Refuerzo en el perímetro de aberturas

5.1.4 Espesor y relación altura a espesor de los muros

El espesor de la mampostería de los muros, t , no será menor de:

- 5.1.4.a. $t = 15$ cm en zona sísmica D, que comprende el municipio de Mexicali. Se podrá utilizar espesor de 12 cm en construcciones de un nivel. El espesor deberá ser mayor si el cálculo así lo requiere.

5.1.4.b. $t = 12$ cm para zonas sísmicas B y C, que comprenden el resto de los municipios del Estado.

5.1.5.c. la relación altura a espesor de la mampostería del muro, h/t , no excederá de 25.

Cuando se utilice un programa de computadora estos muros no podrán modelarse como elementos placa. En todo caso se modelaran en un programa de mampostería con propiedades mecánicas reales.

5.2 Fuerzas y momentos de diseño

Las fuerzas y momentos de diseño se obtendrán a partir de los análisis indicados en las secciones 3.2.2 y 3.2.3, empleando las cargas de diseño que incluyan el factor de carga correspondiente. La resistencia ante cargas verticales y laterales de un muro de mampostería confinada deberá revisarse para el efecto de carga axial, la fuerza cortante, de momentos flexionantes en su plano y, cuando proceda, también para momentos flexionantes normales a su plano principal de flexión. En la revisión ante cargas laterales sólo se considerará la participación de muros cuya longitud sea sensiblemente paralela a la dirección de análisis.

La revisión ante cargas verticales se realizará conforme a lo establecido en la sección 3.2.2.

Cuando sean aplicables los requisitos del método simplificado de diseño sísmico (sección 3.2.3.3), la revisión ante cargas laterales podrá limitarse a los efectos de la fuerza cortante. Cuando la estructura tenga más de tres niveles, adicionalmente a la fuerza cortante, se deberán revisar por flexión en el plano los muros que posean una relación altura total a longitud mayor que dos.

5.3 Resistencia a compresión y flexocompresión en el plano del muro

5.3.1 Resistencia a compresión de muros confinados

La carga vertical resistente, PR , se calculará como:

$$P_R = F_R \cdot F_E (f_m^* \cdot A_T + \Sigma A_s \cdot f_y) \quad (5.3)$$

Donde

F_E se obtendrá de acuerdo con la sección 3.2.2; y

F_R se tomará igual a 0.60

A_T área total del muro donde deberá descontarse los vacíos de celdas no coladas.

Alternativamente, P_R se podrá calcular con

$$P_R = F_R \cdot F_E (f_m^* + 4) A_T \quad (5.4)$$

5.3.2 Resistencia a flexocompresión en el plano del muro

5.3.2.1 Método general de diseño

La resistencia a flexión pura o flexocompresión en el plano de un muro confinado exterior o interiormente se calculará con base en las hipótesis estipuladas en la sección 3.1.6. La resistencia de diseño se obtendrá afectando la resistencia por el factor de resistencia indicado en la sección 3.1.4.2.

5.3.2.2 Método optativo

Para muros con barras longitudinales colocadas simétricamente en sus castillos extremos, sean éstos exteriores o interiores, las fórmulas simplificadas siguientes (ecuaciones 5.5 y 5.6) dan valores suficientemente aproximados y conservadores del momento flexionante resistente de diseño.

El momento flexionante resistente de diseño de la sección, M_R , se calculará de acuerdo con las ecuaciones (figura 5.4)

$$M_R = F_R M_o + 0.3 P_u d; \quad \text{si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (5.5)$$

$$M_R = (1.5F_R M_o + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R} \right); \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (5.6)$$

Donde la resistencia a flexión pura del muro, está dada por:

$$M_o = A_s \cdot f_y \cdot d' \quad (5.7)$$

A_s área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en cada uno de los castillos extremos del muro;

d' distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro;

d distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima;

P_u carga axial de diseño a compresión, cuyo valor se tomará con signo positivo en las ecuaciones 5.5 y 5.6; y

F_R se tomará igual a 0.8 si $P_u \leq \frac{P_R}{3}$, e igual a 0.6 en caso contrario.

Para cargas axiales de tensión será válido interpolar entre la carga axial resistente a tensión pura y el momento flexionante resistente M_o , afectando el resultado por $F_R=0.8$.

5.4 Resistencia a cargas laterales

5.4.1 Consideraciones generales

No se considerará incremento alguno de la fuerza cortante resistente por efecto de las dalas y castillos de muros confinados de acuerdo con la sección 5.1.

La resistencia a cargas laterales será proporcionada por la mampostería (sección 5.4.2).

Se acepta que parte de la fuerza cortante sea resistida por acero de refuerzo horizontal (sección 5.4.3) o por mallas de alambre soldado (sección 5.4.4). Cuando la carga vertical que obre sobre el muro sea de tensión se aceptará que el acero de refuerzo horizontal o mallas de alambre soldado resistan la totalidad de la carga lateral.

Cuando se use el método simplificado de análisis (sección 3.2.3.3), la resistencia a fuerza cortante de los muros (calculada en las secciones 5.4.2, 5.4.3 y 5.4.4) se afectará por el factor F_{AE} definido por la ecuación 5.7.a. El factor de resistencia, F_R , se tomará igual a 0.7 (sección 3.1.4.3).

$$\begin{aligned}
 F_{AE} &= 1 && \text{si } \frac{h}{L} \leq 1.33 \\
 F_{AE} &= 1 - 1.33 \left(\frac{h}{L} - 1.33 \right)^2 && \text{si } \frac{h}{L} > 1.33
 \end{aligned}
 \tag{5.7.a}$$

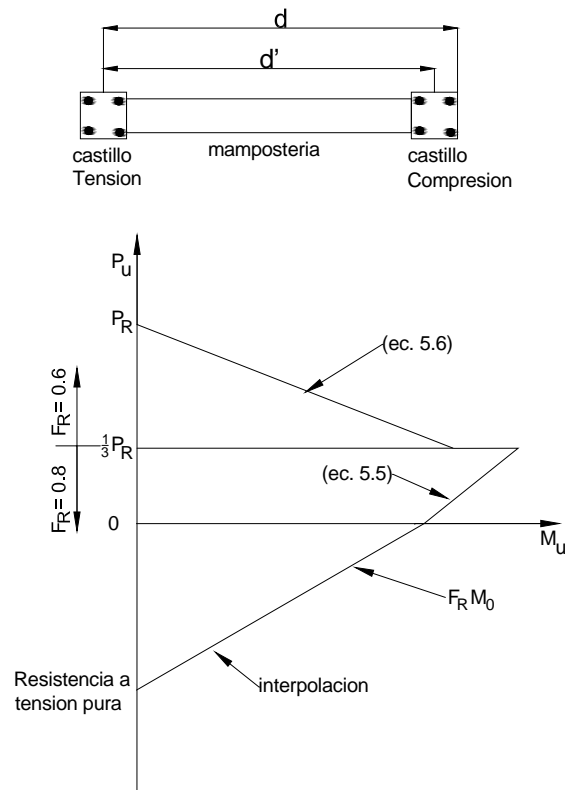


Figura 5. 4. Diagrama de interacción carga axial-momento flexionante resistente de diseño con el método optativo

5.4.2 Fuerza cortante resistida por la mampostería

La fuerza cortante resistente de diseño, V_{mR} , se determinará como sigue:

$$V_{mR} = F_R \cdot 0.5 \cdot v_m^* \cdot A_T + 0.3P \leq 1.5F_R \cdot V_m^* \cdot A_T \quad (5.8)$$

Donde P se deberá tomar positiva en compresión. En el área A_T se debe incluir a los castillos pero sin transformar el área transversal.

La carga vertical P que actúa sobre el muro deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería, V_{mR} ,

La resistencia a compresión diagonal de la mampostería para diseño, V_m^* , no deberá exceder de 6 kg/cm², a menos que se demuestre con ensayos que satisfagan la sección 2.9.2.1, que se pueden alcanzar mayores valores. En adición, se deberá demostrar que se cumplen con todos los requisitos de materiales, análisis, diseño y construcción aplicables.

5.4.3 Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo horizontal en mampostería confinada

5.4.3.1 Tipos de acero de refuerzo

Se permitirá el uso de acero de refuerzo horizontal colocado en las juntas de mortero para resistir fuerza cortante. El refuerzo consistirá de barras corrugadas o alambres corrugados laminados en frío que sean continuos a lo largo del muro.

No se permite el uso de armaduras planas de alambres de acero soldados por resistencia eléctrica (“escaleras”) para resistir fuerza cortante inducida por sismo.

El esfuerzo especificado de fluencia para diseño, f_{yh} , no deberá ser mayor que 6000 kg/cm².

El refuerzo horizontal se detallará como se indica en las secciones 3.3.2.2, 3.3.4.3, y 3.3.5.1 y 3.3.6.4.

5.4.3.2 Separación del acero de refuerzo horizontal

La separación máxima del refuerzo horizontal, s_h , no excederá de tres hiladas ni de 600 mm.

5.4.3.3 Cuantías mínima y máxima del acero de refuerzo horizontal

Si se coloca acero de refuerzo horizontal para resistir fuerza cortante, la cuantía de acero de refuerzo horizontal, p_h , no será inferior a $3/f_{yh}$, ni al valor que resulte de la expresión siguiente:

$$p_h = \frac{V_{mR}}{F_R \cdot f_{yh} \cdot A_T} \quad (5.9)$$

En ningún caso p_h será mayor que $0.3 \frac{f_m^*}{f_{yh}}$; ni que $1.2/f_{yh}$ para piezas macizas, ni que $12/f_{yh}$ y $9/f_{yh}$ para piezas huecas.

5.4.3.4 Diseño del refuerzo horizontal

La fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal, V_{SR} , se calculará con:

$$V_{SR} = F_R \cdot \eta \cdot p_h \cdot f_{yh} \cdot A_T \quad (5.10)$$

El factor de eficiencia del refuerzo horizontal, η , se determinará con el criterio siguiente:

$$\eta = 0.6; \text{ si } p_h \cdot f_{yh} \leq 6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\eta = 0.2; \text{ si } p_h \cdot f_{yh} \geq 9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Para valores de $p_h \cdot f_{yh}$ comprendidos entre 6 y 9 kg/cm², η se hará variar linealmente (Figura 5.5).

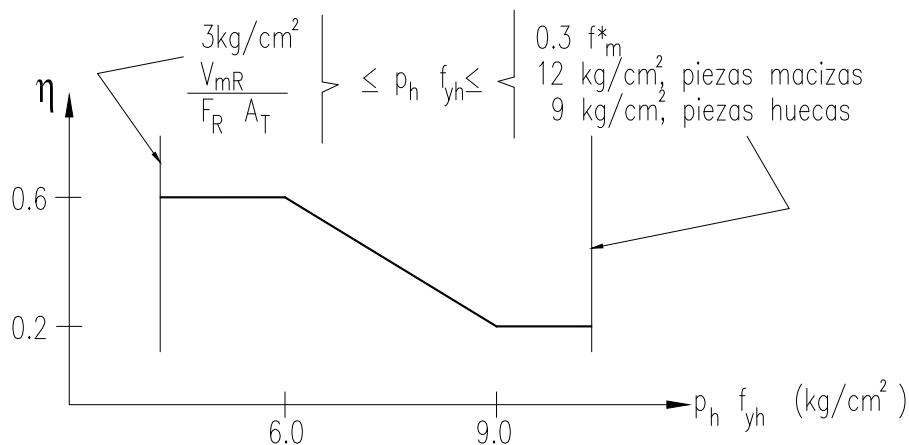


Figura 5.5. Factor de eficiencia

5.4.4 Fuerza cortante resistida por malla de alambre soldado recubierta de mortero

5.4.4.1 Tipo de refuerzo y de mortero

Se permitirá el uso de mallas de alambre soldado para resistir la fuerza cortante. Las mallas deberán tener en ambas direcciones la misma área de refuerzo por unidad de longitud.

El esfuerzo de fluencia para diseño, f_y , no deberá ser mayor que 5 000 kg/cm².

Las mallas se anclarán y se detallarán como se señala en las secciones 3.3.4.3, 3.3.6.4 y 3.3.6.5.

Las mallas deberán ser recubiertas por una capa de mortero tipo I (Tabla 2.2) con espesor mínimo de 15 mm.

5.4.4.2 Cuantías mínima y máxima de refuerzo

Para fines de cálculo, sólo se considerará la cuantía de los alambres horizontales. Si la malla se coloca con los alambres inclinados, en el cálculo de la cuantía se considerarán las componentes horizontales.

En el cálculo de la cuantía sólo se incluirá el espesor de la mampostería del muro, t . Las cuantías mínima y máxima serán las prescritas en la sección 5.4.3.3.

5.4.4.3 Diseño de la malla

La fuerza cortante que tomará la malla se obtendrá como se indica en sección 5.4.3.4. No se considerará contribución a la resistencia por el mortero.

6. MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE

6.1 Alcance

Es aquélla con muros reforzados con barras o alambres corrugados de acero, horizontales y verticales, colocados en las celdas de las piezas, en duetos o en

las juntas. El acero de refuerzo, tanto horizontal como vertical, se distribuirá a lo alto y largo del muro. Para que un muro pueda considerarse como reforzado deberán cumplirse los requisitos 6.1.1 a 6.1.9 (Figura 6. 1 a Figura 6. 3).

Para diseño por sismo se usará $Q=1.5$.

Los muros se construirán e inspeccionarán como se indica en los Capítulos 9 y 10, respectivamente.

6.1.1 Cuantías de acero de refuerzo horizontal y vertical

- a) La suma de la cuantía de acero de refuerzo horizontal, p_h , y el vertical, p_v , no será menor que 0.002 y ninguna de las dos cuantías será menor que 0.0007, es decir:

$$p_h + p_v \geq 0.002 \quad (6.1)$$

$$p_h \geq 0.0007; p_v \geq 0.0007 \quad (6.2)$$

Donde

$$p_h = \frac{A_{sh}}{s_h \cdot t}; p_v = \frac{A_{sv}}{s_v \cdot t}; \quad (6.3)$$

A_{sh} área de acero de refuerzo horizontal que se colocará a una separación vertical s_h (Figura 6.1.); y A_{sv} área de acero de refuerzo vertical que se colocará a una separación s_v .

En las ecuaciones 6.1, 6.2 y 6.3 no se deberán incluir el refuerzo de la sección 6.1.2.2.

- b) Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor a 4200 kg/cm², las cuantías de refuerzo calculadas en el inciso 6.1.1.a se podrán reducir multiplicándolas por 4200/f_y, kg/cm²

6.1.2 Tamaño, colocación y separación del refuerzo

Se deberá cumplir con las disposiciones aplicables de la sección 3.3.

6.1.2.1 Refuerzo vertical

El refuerzo vertical en el interior del muro tendrá una separación no mayor de seis veces el espesor del mismo ni mayor de 800 mm (Figura 6. 1).

6.1.2.2 Refuerzo en los extremos de muros

- a) Existirá una dala en todo extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100 mm. Aún en este caso, se deberá colocar refuerzo longitudinal y transversal (ver Figura 5. 2).

El refuerzo longitudinal de la dala deberá dimensionarse para resistir la componente horizontal del puntal de compresión que se desarrolle en la mampostería para resistir las cargas laterales y verticales. En cualquier caso, estará formado por lo menos de tres barras, cuya área total sea al menos igual a la obtenida con la ecuación 6.4.

$$A_s = 0.2 \frac{f'_c}{f_y} t^2 \quad (6.4)$$

El refuerzo transversal de la dala estará formado por estribos cerrados y con un área, A_{sc}, al menos igual a la calculada con la ecuacion 6.5.

$$A_{sc} = \frac{1000 s}{f_y h_c} \quad (6.5)$$

Donde h_c es la dimensión de la dala en el plano del muro. La separación de los estribos, S_v , no excederá de $1.5 t$ ni de 200 mm.

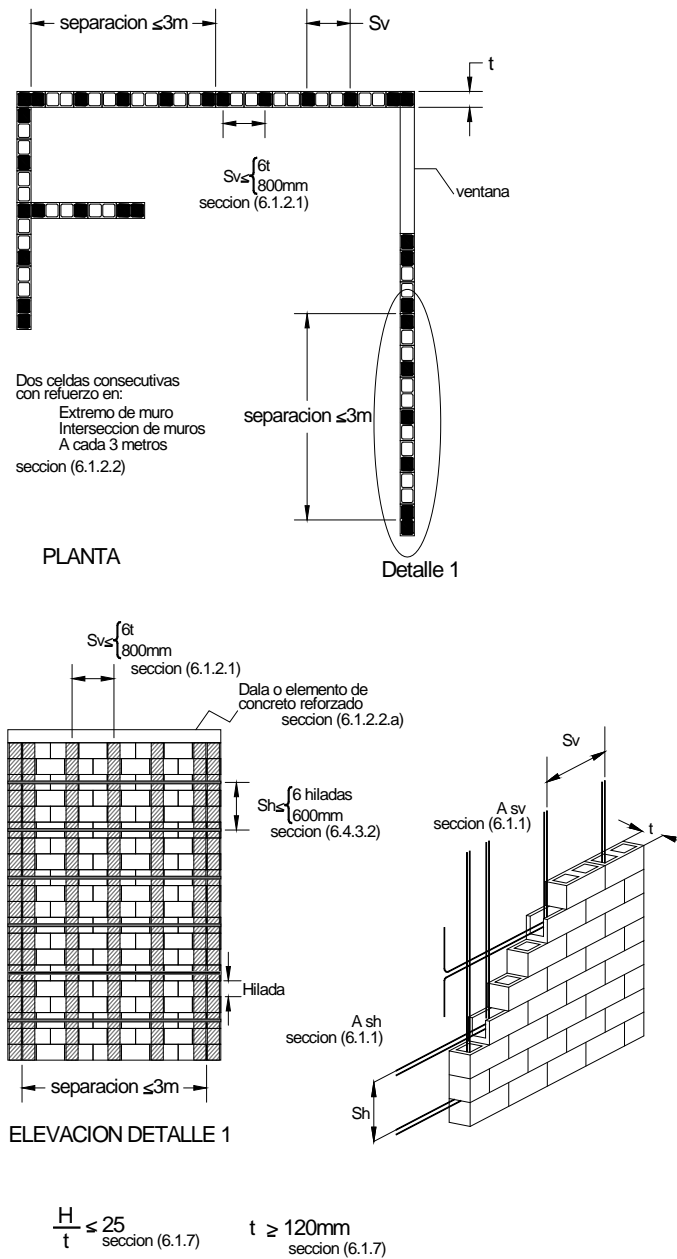


Figura 6. 1. Requisitos para mampostería con refuerzo interior

- b) Deberá colocarse por lo menos una barra No. 3 (9.5 mm de diámetro) con esfuerzo especificado de fluencia de 4200 kg/cm², o refuerzo de otras características con resistencia a tensión equivalente, en cada una de dos

celdas consecutivas, en todo extremo de muros, en la intersecciones entre muros o a cada 3 m.

6.1.3 Mortero y concreto de relleno

Para el colado de las celdas donde se aloje el refuerzo vertical podrán emplearse los morteros y concretos de relleno especificados en la sección 2.6.3 o el mismo mortero que se usa para pegar las piezas, si es del tipo I (sección 2.6.2). El hueco de las piezas (celda) tendrá una dimensión mínima mayor de 50 mm y un área no menor de 3000 mm².

6.1.4 Anclaje del refuerzo horizontal y vertical

Las barras de refuerzo horizontal y vertical deberán cumplir con la sección 3.3.6.

6.1.5 Muros transversales

Cuando los muros transversales sean de carga y lleguen a tope, sin traslape de piezas, será necesario unirlos mediante dispositivos que aseguren la continuidad de la estructura (Figura 6.2). Los dispositivos deberán ser capaces de resistir 1.33 veces la resistencia de diseño a fuerza cortante del muro transversal dividida por el factor de resistencia correspondiente. En la resistencia de diseño se incluirá la fuerza cortante resistida por la mampostería y, si aplica, la resistida por el refuerzo horizontal.

Alternativamente, el área de acero de los dispositivos o conectores, A_{st} , colocada a una separación s en la altura del muro, se podrá calcular mediante la expresión siguiente:

$$A_{st} = \frac{(V_{mR} + V_{sR})}{4F_R} \frac{t}{L} \frac{s}{f_y} \quad (6.6)$$

Donde A_{st} está en cm², V_{mR} y V_{sR} , en kg, son las fuerzas cortantes resistidas por la mampostería y el refuerzo horizontal, si aplica, F_R se tomará igual a 0.7, t y L son el espesor y longitud del muro transversal en cm, y f_y es el refuerzo

especificado de fluencia de los dispositivos o conectores, en Kg/cm². La separación s no deberá exceder de 300 mm.

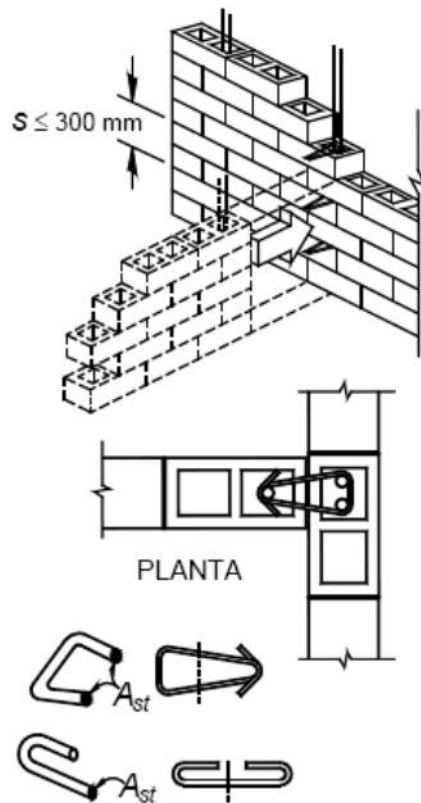


Figura 6. 2. Conectores entre muros sin traslape de piezas

6.1.6 Muros con aberturas

Existirán elementos de refuerzo vertical y horizontal en el perímetro de toda abertura cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la longitud del muro, de la cuarta parte de la distancia entre intersecciones de muros o de 600 mm, o bien en aberturas con altura igual a la del muro (Figura 6.3). Los elementos de refuerzo vertical y horizontal serán como los señalados en la sección 6.1.2.

6.1.7 Espesor y relación altura a espesor de los muros

El espesor de la mampostería de los muros, t , no será menor de:

- 6.1.7.a. $t = 15$ cm en zona sísmica D, que comprende el municipio de Mexicali. Se podrá utilizar espesor de 12 cm en construcciones de un nivel. El espesor deberá ser mayor si el cálculo así lo requiere.
- 6.1.7.b. $t = 12$ cm para zonas sísmicas B y C, que comprenden el resto de los municipios del Estado. Este espesor se considera para una altura no mayor a una construcción de dos niveles con altura de entrepiso no mayor a 3 m. En alturas mayores, el espesor no será menor a 15 cm. El espesor deberá ser mayor si el cálculo así lo requiere.
- 6.1.7.c. la relación altura a espesor de la mampostería del muro, h/t , no excederá de 25.

Cuando se utilice un programa de computadora se deberá considerar el módulo de elasticidad de la mampostería empleada.

6.1.8 Pretilos

Los pretilos o parapetos deberán reforzarse interiormente con barras de refuerzo vertical como las especificadas en el inciso 6.1.2.2.b. Se deberá proporcionar refuerzo horizontal en la parte superior de pretilos o parapetos cuya altura sea superior a 500 mm de acuerdo con la sección 6.1.6 (Figura 6.3). Asimismo, si el pretil es mayor de 500mm se deba revisar la estabilidad y flexión fuera del plano del muro, y en caso de ser necesario se deberá arriostrar para evitar la falla por flexión.

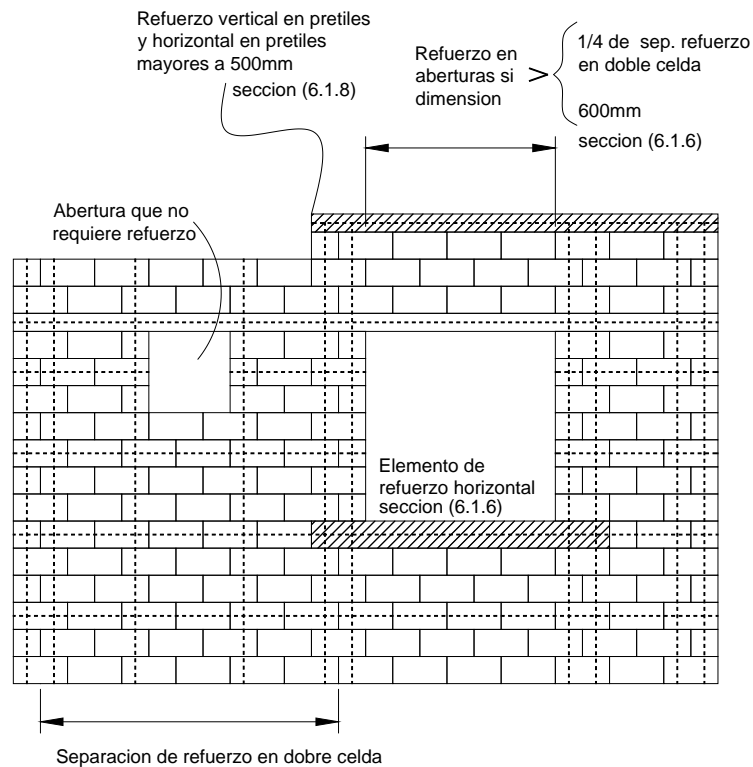


Figura 6. 3. Refuerzo en aberturas y pretiles

6.1.9 Supervisión

Deberá haber una supervisión continua en la obra que asegure que el refuerzo esté colocado de acuerdo con lo indicado en planos y que las celdas en que se aloja el refuerzo sean coladas completamente.

6.2 Fuerzas y momentos de diseño

Las fuerzas y momentos de diseño se obtendrán a partir de los análisis indicados en las secciones 3.2.2 y 3.2.3, empleando las cargas de diseño que incluyan el factor de carga correspondiente.

La resistencia ante cargas verticales y laterales de un muro de mampostería reforzada interiormente deberá revisarse para el efecto de carga axial, la fuerza cortante, de momentos flexionantes en su plano y, cuando proceda, también para momentos flexionantes normales a su plano principal de flexión. En la

revisión ante cargas laterales sólo se considerará la participación de muros cuya longitud sea sensiblemente paralela a la dirección de análisis.

La revisión ante cargas verticales se realizará conforme a lo establecido en la sección 3.2.2.

Cuando sean aplicables los requisitos del método simplificado de diseño sísmico (sección 3.2.3.3), la revisión ante cargas laterales podrá limitarse a los efectos de la fuerza cortante. Cuando la estructura tenga más de tres niveles, adicionalmente a la fuerza cortante, se deberán revisar por flexión en el plano los muros que posean una relación altura total a longitud mayor que dos.

6.3 Resistencia a compresión y flexocompresión en el plano del muro

6.3.1 Resistencia a compresión de mampostería con refuerzo interior

La carga vertical resistente, P_R , se calculará como:

$$P_R = F_R F_E f_m^* A_T + \sum A_S F_y \leq 1.25 F_R F_E f_m^* A_T \quad (6.7)$$

Donde

F_E se obtendrá de acuerdo con la sección 3.2.2; y

F_R se tomará igual a 0.6.

Alternativamente, P_R se podrá calcular con

$$P_R = F_R F_E (f_m^* + 7) A_T \leq 1.25 F_R F_E f_m^* A_T \quad (6.8)$$

A_T es el área total de la sección transversal, en la cual se deberá restar los vacíos de celdas no coladas.

Para que el acero de refuerzo pueda ser considerado como refuerzo deberá estar en una celda colada de forma ininterrumpida.

6.3.2 Resistencia a flexocompresión en el plano del muro de mampostería con refuerzo interior.

6.3.2.1 Método general de diseño

La resistencia a flexión pura o flexocompresión en el plano de un muro reforzado interiormente se calculará con base en las hipótesis estipuladas en la sección 3.1.6. La resistencia de diseño se obtendrá afectando la resistencia por el factor de resistencia indicado en la sección 3.1.4.

6.3.2.2 Método optativo

Para muros con barras longitudinales colocadas simétricamente en sus extremos, las fórmulas simplificadas siguientes (ecuaciones 6.10 y 6.11) dan valores suficientemente aproximados y conservadores del momento flexionante resistente de diseño.

El momento flexionante resistente de diseño de la sección, M_R , se calculará de acuerdo con las ecuaciones:

$$M_R = F_R M_o + 0.3 P_u d; \quad \text{si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (6.10)$$

$$M_R = (1.5 F_R M_o + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R} \right); \quad \text{si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (6.11)$$

donde

$M_o = A_s f_y d'$ resistencia a la flexión pura del muro.

A_s es el área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en los extremos del muro;

d' es la distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del

muro.

d es la distancia entre el centroide del acero a tensión y la fibra a compresión máxima.

P_u carga axial de diseño a compresión, cuyo valor se tomará con signo positivo en las ecuaciones. 6.10 y 6.11; y

F_R se tomará igual a 0.8, si $P_u \leq P_R / 3$ e igual a 0.6 en caso contrario (ecuación 6.12).

$$F_R = \begin{cases} 0.80 & \text{si } P_u \leq \frac{P_R}{3} \\ 0.60 & \text{si } P_u > \frac{P_R}{3} \end{cases} \quad (6.12)$$

Para cargas axiales de tensión será válido interpolar entre la carga axial resistente a tensión pura y el momento flexionante resistente M_o , afectando el resultado por $F_R=0.8$ (ver Figura 5.4).

6.3.3 Resistencia a flexocompresión fuera del plano del muro reforzado interiormente.

El momento flexionante fuera del plano del muro (perpendicular al muro) será resistido por la pared a compresión del bloque de concreto y el acero de refuerzo solamente, no se considera la contribución que pueda tener el concreto de la celda rellena de concreto ya que la profundidad del eje neutro generalmente se mantiene en bloque.

$$M_R = \begin{cases} \text{si } a_b \leq t_b A_{sc} f_y & d - \frac{a_b}{2} \\ \text{si } a_b > t_b A_{sc} f_y & d - \frac{t_b}{2} \end{cases} \quad (6.13)$$

Donde t_b es el espesor de la pared del bloque de concreto, d es la distancia de la cara del bloque al centroide de la varilla de refuerzo, que generalmente es al centro del bloque.

$$a_b = \frac{f_y A_{sc}}{f_m^* s_r} \quad (6.14)$$

Donde s_r es la separación a la que se tiene colocado el acero de refuerzo vertical.

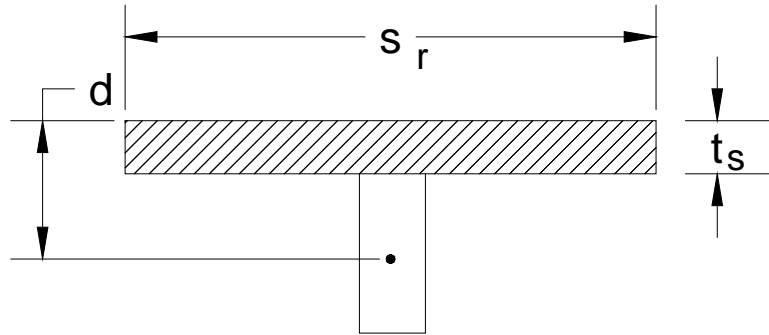


Figura 6.4. Bloque como sección T, para diseño a flexión

6.4 Resistencia a cargas laterales

6.4.1 Consideraciones generales

La resistencia a cargas laterales será proporcionada por la mampostería (sección 6.4.2). Se acepta que parte de la fuerza cortante sea resistida por acero de refuerzo horizontal (sección 6.4.3). Cuando la carga vertical que obre sobre el muro sea de tensión se aceptará que el acero de refuerzo horizontal resista la totalidad de la carga lateral.

Cuando se use el método simplificado de análisis (sección 3.2.3.3), la resistencia a fuerza cortante de los muros (calculada en las secciones 6.4.2 y 6.4.3) se afectará por el factor FAE definido por la ecuación 2.1 de las Normas Técnicas Complementarias de la ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico”.

El factor de resistencia, F_R , se tomará igual a 0.7 (sección 3.1.4.3).

6.4.2 Fuerza cortante resistida por la mampostería

La fuerza cortante resistente de diseño, V_{mR} , se determinará como sigue:

$$V_{mR} = F_R (0.5v_m^* A_T + 0.3P) \leq 1.5F_R v_m^* A_T \quad (6.15)$$

Donde P se deberá tomar positiva en compresión.

La carga vertical P que actúa sobre el muro deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería V_{mR} ; por lo que la totalidad de la fuerza cortante deberá ser resistida por el refuerzo horizontal.

La resistencia a compresión diagonal de la mampostería para diseño, v_m^* no deberá exceder de 6 kg/cm², a menos que se demuestre con ensayos que satisfagan la sección 2.9.2.1, que se pueden alcanzar mayores valores. En adición se deberá demostrar que se cumplen con todos los requisitos de materiales, análisis, diseño y construcción aplicables.

6.4.3 Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo horizontal

6.4.3.1 Tipos de acero de refuerzo

Se permitirá el uso de refuerzo horizontal colocado en las juntas de mortero para resistir fuerza cortante. El refuerzo consistirá de barras corrugadas o alambres corrugados laminados en frío, que sean continuos a lo largo del muro.

No se permite el uso de escalerillas para resistir fuerza cortante inducida por sismo.

El esfuerzo de fluencia para diseño, f_{yh} , no deberá ser mayor que 6,000 kg/cm².

El refuerzo horizontal se detallará como se indica en las secciones 3.3.2.2, 3.3.4.3 y 3.3.5.1. y 3.3.6.4.

6.4.3.2 Separación del acero de refuerzo horizontal

La separación máxima del refuerzo horizontal, s_h , no excederá de tres hiladas o 600 mm, o en su caso, sustituir el refuerzo horizontal por bloque dala armado a cada 5 hiladas ó 1,050 mm de separación máxima.

6.4.3.3 Cuantías mínima y máxima del acero de refuerzo horizontal

Si se coloca acero de refuerzo horizontal para resistir fuerza cortante, la cuantía de acero de refuerzo horizontal, p_h , no será inferior a $3/f_{yh}$ (,ni al valor que resulte de la expresión siguiente:

$$p_h = \frac{V_{mR}}{F_R \cdot f_{yh} \cdot A_T} \quad (6.16)$$

En ningún caso p_h será mayor que $3 \frac{f_m^*}{f_{yh}}$; ni que $12/f_{yh}$ para piezas macizas, ni que $09/f_{yh}$ para piezas huecas.

6.4.3.4 Diseño del refuerzo horizontal

La fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal, V_{SR} , se calculará con:

$$V_{SR} = F_R \cdot \eta \cdot p_h \cdot f_{yh} \cdot A_T \quad (6.17)$$

El factor de eficiencia del refuerzo horizontal, η , se determinará con el criterio siguiente:

$$\eta = 0.6; \text{ si } p_h \cdot f_{yh} \leq 6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (6.18)$$

$$\eta = 0.2; \text{ si } p_h \cdot f_{yh} \geq 9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (6.19)$$

Para valores de $p_h \cdot f_{yh}$ comprendidos entre 6 y 9 kg/cm², η se hará variar linealmente (ver Figura 5.5).

7 MAMPOSTERÍA NO CONFINADA NI REFORZADA

7.1 Alcance

Se considerarán como muros no confinados ni reforzados aquéllos que, aun contando con algún tipo de refuerzo interior o confinamiento (exterior o interior), no tengan el refuerzo necesario para ser incluidos en alguna de las categorías descritas en los Capítulos 5 y 6. No se permitirá el uso de muros de mampostería sin ningún tipo de refuerzo o confinamiento.

El espesor de la mampostería de los muros, t , no será menor de:

7.1.1.a. $t = 15$ cm en zona sísmica D, que comprende el municipio de Mexicali.

Se podrá utilizar espesor de 12 cm en construcciones de un nivel. El espesor deberá ser mayor si el cálculo así lo requiere.

7.1.1.b. $t = 12$ cm para zonas sísmicas B y C, que comprenden el resto de los municipios del Estado. Este espesor se considera para una altura no mayor a una construcción de dos niveles con altura de entrepiso no mayor a 3 m. En alturas mayores, el espesor no será menor a 15 cm. El espesor deberá ser mayor si el cálculo así lo requiere.

7.1.1.c. la relación altura a espesor de la mampostería del muro, h/t , no excederá de 25.

Para diseño por sismo se usará un factor de comportamiento sísmico $Q=1$. Los muros se construirán e inspeccionarán como se indica en los Capítulos 9 y 10, respectivamente.

7.2 Fuerzas y momentos de diseño

Las fuerzas y momentos de diseño se obtendrán a partir de los análisis indicados en las secciones 3.2.2 y 3.2.3, empleando las cargas de diseño que incluyan el factor de carga correspondiente.

La resistencia ante cargas verticales y laterales de un muro de mampostería no reforzada deberá revisarse para el efecto de carga axial, fuerza cortante, momentos flexionantes en su plano y, cuando proceda, también para momentos flexionantes normales a su plano principal de flexión. En la revisión ante cargas laterales sólo se considerará la participación de muros cuya longitud sea sensiblemente paralela a la dirección de análisis.

La revisión ante cargas verticales se realizará conforme a lo establecido en la sección 3.2.2.

Cuando sean aplicables los requisitos del método simplificado de diseño sísmico (sección 3.2.3.3), la revisión ante cargas laterales podrá limitarse a los efectos de la fuerza cortante, siempre y cuando la estructura no exceda de tres niveles y la relación altura total a longitud del muro no exceda de dos. En caso contrario, se deberán evaluar los efectos de la flexión en el plano del muro y de la fuerza cortante.

7.3 Refuerzo por integridad estructural

Con objeto de mejorar la redundancia y capacidad de deformación de la estructura, en todo muro de carga se dispondrá de refuerzo por integridad con las cuantías y características indicadas en las secciones 7.3.1 a 7.3.3. El refuerzo por integridad estará alojado en secciones rectangulares de concreto reforzado de cuando menos 50 mm de lado. No se aceptarán detalles de uniones entre muros y entre muros y sistemas de piso / techo que dependan exclusivamente de cargas gravitacionales.

El refuerzo por integridad deberá calcularse de modo que resista las componentes horizontal y vertical de un puntal diagonal de compresión en la mampostería que tenga una magnitud asociada a la falla de la misma. Optativamente, se puede cumplir con lo indicado en las secciones 7.3.1 a 7.3.3.

7.3.1 Refuerzo vertical

Los muros serán reforzados en sus extremos, en intersección de muros y a cada 4 m con al menos dos barras o alambres de acero de refuerzo continuos en la altura de la estructura. El área total del refuerzo vertical en el muro se calculará con la expresión siguiente (ver Figura 7. 1).

$$A_s = \frac{2V_{mR}}{3F_R \cdot f_y} \quad (7.1)$$

Donde V_{mR} y F_R se tomarán de la sección 7.5.

Las barras deberán estar adecuadamente ancladas para alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia, f_y .

7.3.2 Refuerzo horizontal

Se deberán suministrar al menos dos barras o alambres de acero de refuerzo continuos en la longitud de los muros colocados en la unión de éstos con los sistemas de piso y techo. El área total se calculará con la ecuación 7.1, multiplicando el resultado por la altura libre del muro, H, y dividiéndolo por la separación entre el refuerzo vertical, S_v .

$$A_s = \frac{2V_{mR} H}{3F_R \cdot f_y S_v} \quad (7.2)$$

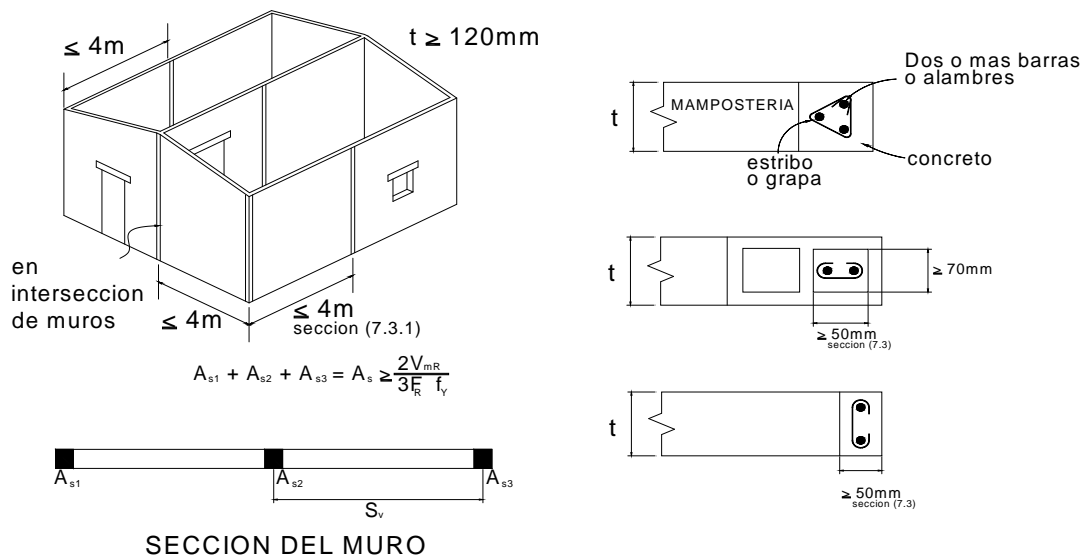


Figura 7. 1. Refuerzo por integridad

7.3.3 Refuerzo transversal

Se deberá colocar refuerzo transversal en forma de estribos o grapas (Figura 7. 1) con una separación máxima de 200 mm y con un diámetro de al menos 3.4 mm.

7.4 Resistencia a compresión y flexocompresión en el plano del muro

7.4.1 Resistencia a compresión

La carga vertical resistente P_R se calculará como:

$$P_R = F_R \cdot F_E \cdot f_m^* \cdot A_T \quad (7.3)$$

Donde

F_E Se obtendrá de acuerdo con la sección 3.2.2;

F_R y se tomará igual a 0.3.

7.4.2 Resistencia a flexocompresión

La resistencia a flexocompresión en el plano del muro se calculará, para muros sin refuerzo, según la teoría de resistencia de materiales, suponiendo una distribución lineal de esfuerzos en la mampostería. Se considerará que la mampostería no resiste tensiones y que la falla ocurre cuando aparece en la sección crítica un esfuerzo de compresión igual a f_m^* . F_R se tomará según la sección 3.1.4.2.

7.5 Resistencia a cargas laterales

Cuando se use el método simplificado de análisis (sección 3.2.3.3), la resistencia a fuerza cortante de los muros se afectará por el factor F_{AE} definido por la ecuación 3.3'. La fuerza cortante resistente de diseño, V_{mR} , se determinará como sigue:

$$V_{mR} = F_R \cdot 0.5v_m^* \cdot A_T + 0.3P \leq 1.5F_R \cdot v_m^* \cdot A_T \quad (7.4)$$

Donde

F_R se tomará igual a 0.4 (sección 3.1.4.3); y P se deberá tomar positiva en compresión. La carga vertical P que actúa sobre el muro deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical es de tensión, se tomará $V_{mR} = 0$.

8 MAMPOSTERÍA DE PIEDRAS NATURALES

8.1 Alcance

Esta sección se refiere al diseño y construcción de cimientos, muros de retención y otros elementos estructurales de mampostería del tipo conocido como de tercera, o sea, formado por piedras naturales sin labrar unidas por mortero.

8.2 Materiales

8.2.1 Piedras

Las piedras que se empleen en elementos estructurales deberán satisfacer los requisitos siguientes:

- a) Su resistencia mínima a compresión en dirección normal a los planos de formación sea de 150 kg/cm²;
- b) Su resistencia mínima a compresión en dirección paralela a los planos de formación sea de 100 kg/cm²;
- c) La absorción máxima sea de 4 por ciento; y
- d) Su resistencia al intemperismo, medida como la máxima pérdida de peso después de cinco ciclos en solución saturada de sulfato de sodio, sea del 10 por ciento.

Las piedras no necesitarán ser labradas, pero se evitará, en lo posible, el empleo de piedras de formas redondeadas y de cantos rodados. Por lo menos, el 70 por ciento del volumen del elemento estará constituido por piedras con un peso mínimo de 30 kg, cada una.

8.2.2 Morteros

Los morteros que se empleen para mampostería de piedras naturales deberán ser al menos del tipo II (Tabla 2.2), tal que la resistencia mínima en compresión sea de 75 kg/cm².

La resistencia se determinará según lo especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE.

8.3 Diseño de Muros de Mampostería de Piedras Naturales

8.3.1 Esfuerzos resistentes de diseño

Los esfuerzos resistentes de diseño en compresión, f_m^* y en cortante, v_m^* , se tomarán como sigue:

a) Mampostería unida con mortero de resistencia a compresión no menor de 75 kg/cm².

$$F_R \cdot f_m^* = 20 \frac{kg}{cm^2} \quad (8.1)$$

$$F_R \cdot v_m^* = 0.6 \frac{kg}{cm^2} \quad (8.2)$$

b) Mampostería unida con mortero de resistencia a compresión menor que 70 kg/cm².

$$F_R \cdot f_m^* = 1.5 \frac{kg}{cm^2} \quad (8.3)$$

$$F_R \cdot v_m^* = 0.4 \frac{kg}{cm^2} \quad (8.4)$$

Los esfuerzos de diseño anteriores incluyen ya un factor de resistencia, F_R , que por lo tanto, no deberá ser considerado nuevamente en las fórmulas de predicción de resistencia.

8.3.2 Determinación de la resistencia

Se verificará que, en cada sección, la fuerza normal actuante de diseño no exceda la fuerza resistente de diseño dada por la expresión:

$$P_R = F_R \cdot f_m^* \cdot A_T \left(1 - \frac{2e}{t} \right) \quad (8.5)$$

Donde t es el espesor de la sección y e es la excentricidad con que actúa la carga y que incluye los efectos de empujes laterales si existen. La expresión anterior es válida cuando la relación entre la altura y el espesor medio del elemento de mampostería no excede de cinco; cuando dicha relación se encuentre entre cinco y diez, la resistencia se tomará igual al 80 por ciento de la calculada con la expresión anterior; cuando la relación exceda de diez deberán tomarse en cuenta explícitamente los efectos de esbeltez en la forma especificada para mampostería de piedras artificiales (sección 3.2.2).

La fuerza cortante actuante no excederá de la resistente obtenida de multiplicar el área transversal de la sección más desfavorable por el esfuerzo cortante resistente según la sección 8.3.1.

8.4 Cimientos

En cimientos de piedra braza la pendiente de las caras inclinadas (escarpio), medida desde la arista de la dala o muro, no será menor que 1.5 (vertical): 1 (horizontal) (Figura 8.1).

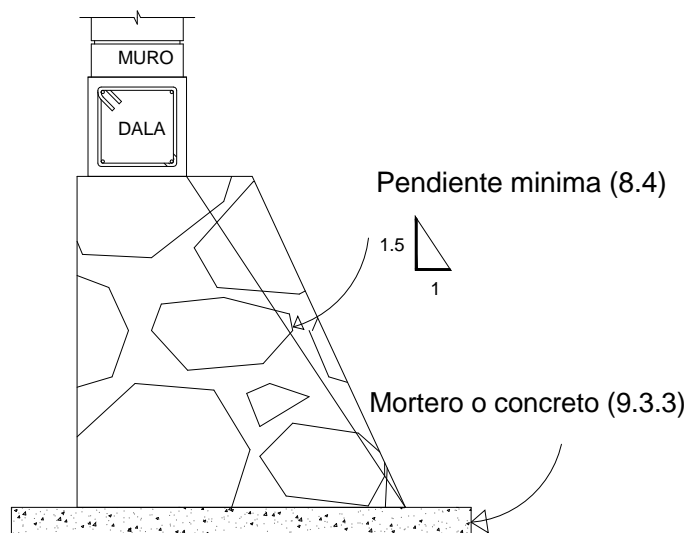


Figura 8. 1 Cimiento de piedra

En cimientos de mampostería de forma trapecial con un talud vertical y el otro inclinado, tales como cimientos de lindero, deberá verificarse la estabilidad del cimiento a torsión. De no efectuarse esta verificación, deberán existir cimientos perpendiculares a separaciones no mayores de las que señala la Tabla 8.1.

Tabla 8.1 Separación máxima de cimientos perpendiculares a cimientos donde no se revise la estabilidad a torsión.

| Presión de contacto con el terreno, kg/m ² | Claro Máximo, en metros |
|---|-------------------------|
| Menos de 2000 | 10.0 |
| Más de 2000 hasta 2500 | 9.0 |
| Más de 2500 hasta 3000 | 7.5 |
| Más de 3000 hasta 4000 | 6.0 |
| Más de 4000 hasta 5000 | 4.5 |

En la tabla 8.1 el claro máximo permisible se refiere a la distancia entre los ejes de los cimientos perpendiculares, menos el promedio de los anchos medios de éstos.

En todo cimiento deberán colocarse dalas de concreto reforzado, tanto sobre los cimientos sujetos a momento de volteo como sobre los perpendiculares a ellos. Los castillos deben empotrarse en los cimientos no menos de 400 mm.

En el diseño se deberá considerar la pérdida de área debido al cruce de los cimientos.

8.5 Muros de contención

En el diseño de muros de contención se tomará en cuenta la combinación más desfavorable de cargas laterales y verticales debidas a empuje de tierras, al peso propio del muro, a las demás cargas muertas que puedan obrar y a la carga viva que tienda a disminuir el factor de seguridad contra volteo o deslizamiento.

Los muros de contención se diseñarán con un sistema de drenaje adecuado. Se deberán cumplir las disposiciones del Capítulo 6 de las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Cimentaciones”.

9 CONSTRUCCIÓN

La construcción de las estructuras de mampostería cumplirá con lo especificado en el capítulo 7 de esta norma.

9.1 Planos de construcción

Adicionalmente a lo establecido en los reglamentos de edificación correspondientes municipales, los planos de construcción deberán señalar, al menos:

- a) El tipo, dimensiones exteriores e interiores (si aplica) y tolerancias, resistencia a compresión de diseño, absorción, así como el peso volumétrico máximo y mínimo de la pieza. Si es aplicable, el nombre y marca de la pieza.
- b) El tipo de cementantes a utilizar.
- c) Características y tamaño de los agregados.
- d) Proporcionamiento y resistencia a compresión de diseño del mortero para pegar piezas. El proporcionamiento deberá expresarse en volumen y así se deberá indicar en los planos. Si aplica, se incluirá la retención, fluidez, y el consumo de mortero.
- e) Procedimiento de mezclado y remezclado del mortero.
- f) Si aplica, proporcionamiento, resistencia a compresión y revenimiento de morteros y concretos de relleno. El proporcionamiento deberá expresarse en volumen. Si se usan aditivos, como superfluidificantes, se deberá señalar el tipo y su proporcionamiento.
- g) Tipo, diámetro y grado de las barras de acero de refuerzo.
- h) Resistencias a compresión y a compresión diagonal de diseño de la mampostería.

- i) Si aplica, o si se analizó la estructura ante cargas laterales mediante métodos estáticos o dinámicos (sección 3.2.3.2), el módulo de elasticidad y de cortante de diseño de la mampostería.
- j) Los detalles del refuerzo mediante Figuras y/o notas, que incluyan colocación, anclaje, traslape, dobleces.
- k) Detalles de intersecciones entre muros y anclajes de elementos de fachada.
- l) Tolerancias de construcción.
- m) Si aplica, el tipo y frecuencia de muestreo de mortero y mampostería, como se indica en la sección 10.2.2.

9.2 Construcción de mampostería de piedras artificiales

9.2.1 Materiales

9.2.1.1 Piezas

Las fórmulas y procedimientos de cálculo especificados en estas Normas son aplicables en muros construidos con un mismo tipo de pieza. Si se combinan tipos de pieza, de arcilla, concreto o piedras naturales, se deberá deducir el comportamiento de los muros a partir de ensayos a escala natural.

Se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Condición de las piezas. Las piezas empleadas deberán estar limpias y sin rajaduras.
- b) Humedecimiento de las piezas. Todas las piezas de barro deberán saturarse al menos 2 horas antes de su colocación. Las piezas a base de cemento deberán estar secas al colocarse. Se aceptará un rociado leve de las superficies sobre las que se colocará el mortero.
- c) Orientación de piezas huecas. Las piezas huecas se deberán colocar de modo que sus celdas y perforaciones sean ortogonales a la cara de apoyo (sección 2.1.1.2).

9.2.1.2 Morteros

Deberán cumplir con lo siguiente:

- a) Mezclado del mortero. Se acepta el mezclado en seco de los sólidos hasta alcanzar un color homogéneo de la mezcla, la cual sólo se podrá usar en un lapso de 24 h. Los materiales se mezclarán en un recipiente no absorbente, prefiriéndose un mezclado mecánico. El tiempo de mezclado, una vez que el agua se agrega, no debe ser menor de 4 min., ni del necesario para alcanzar 120 revoluciones. La consistencia del mortero se ajustará tratando de que alcance la mínima fluidez compatible con una fácil colocación.
- b) Remezclado. Si el mortero empieza a endurecerse, podrá remezclarse hasta que vuelva a tomar la consistencia deseada agregándole un poco de agua si es necesario. Sólo se aceptará un remezclado.
- c) Los morteros a base de cemento portland ordinario deberán usarse dentro del lapso de 2.5 h a partir del mezclado inicial.
- d) Revenimiento de morteros y concretos de relleno. Se deberán proporcionar de modo que alcancen el revenimiento señalado en los planos de construcción.

Se deberán satisfacer los revenimientos y las tolerancias de la sección 2.6.3.

9.2.1.3 Concretos

Los concretos para el colado de elementos de refuerzo, interiores o exteriores al muro, tendrán la cantidad de agua que asegure una consistencia líquida sin segregación de los materiales constituyentes. Se aceptará el uso de aditivos que mejoren la trabajabilidad. El tamaño máximo del agregado será de 10 mm.

9.2.2 Procedimientos de construcción

9.2.2.1 Juntas de mortero

El mortero en las juntas cubrirá totalmente las caras horizontales y verticales de la pieza. Su espesor será el mínimo que permita una capa uniforme de mortero y la alineación de las piezas. Si se usan piezas de fabricación mecanizada, el

espesor de las juntas horizontales no excederá de 12 mm si se coloca refuerzo horizontal en las juntas, ni de 10 mm sin refuerzo horizontal. Si se usan piezas de fabricación artesanal, el espesor de las juntas no excederá de 15 mm. El espesor mínimo será de 6 mm.

9.2.2.2 Aparejo

La unión vertical de la mampostería con los castillos exteriores deberá detallarse para transmitir las fuerzas de corte. Se aceptará que la mampostería se deje dentada o bien, que se coloquen conectores metálicos o refuerzo horizontal. El colado del castillo se hará una vez construido el muro o la parte de él que corresponda.

Las fórmulas y procedimientos de cálculo especificados en estas Normas son aplicables sólo si las piezas se colocan en forma cuatrapeada (figura 9.1); para otros tipos de aparejo, el comportamiento de los muros deberá deducirse de ensayos a escala natural.

9.2.2.3 Concreto y mortero de relleno

Los huecos deberán estar libres de materiales extraños y de mortero de la junta. En castillos y huecos interiores se colocará el concreto o mortero de relleno de manera que se obtenga un llenado completo de los huecos. Se admite la compactación del concreto y mortero, sin hacer vibrar excesivamente el refuerzo. El colado de elementos interiores verticales se efectuará en tramos no mayores de:

- a) 600 mm, si el área de la celda es de hasta 13 000 mm²; o
- b) 800 mm, si el área de la celda es mayor que 13 000 mm².

Si por razones constructivas se interrumpiera la construcción del muro en ese día, el concreto o mortero de relleno deberá alcanzar hasta la mitad de la altura de la pieza de la última hilada.

No es necesario llenar totalmente las perforaciones de las piezas multiperforadas.

En muros con piezas huecas y multiperforadas sólo se rellenarán las celdas de las primeras.

No se permite doblar el refuerzo una vez iniciada la colocación del mortero o concreto.

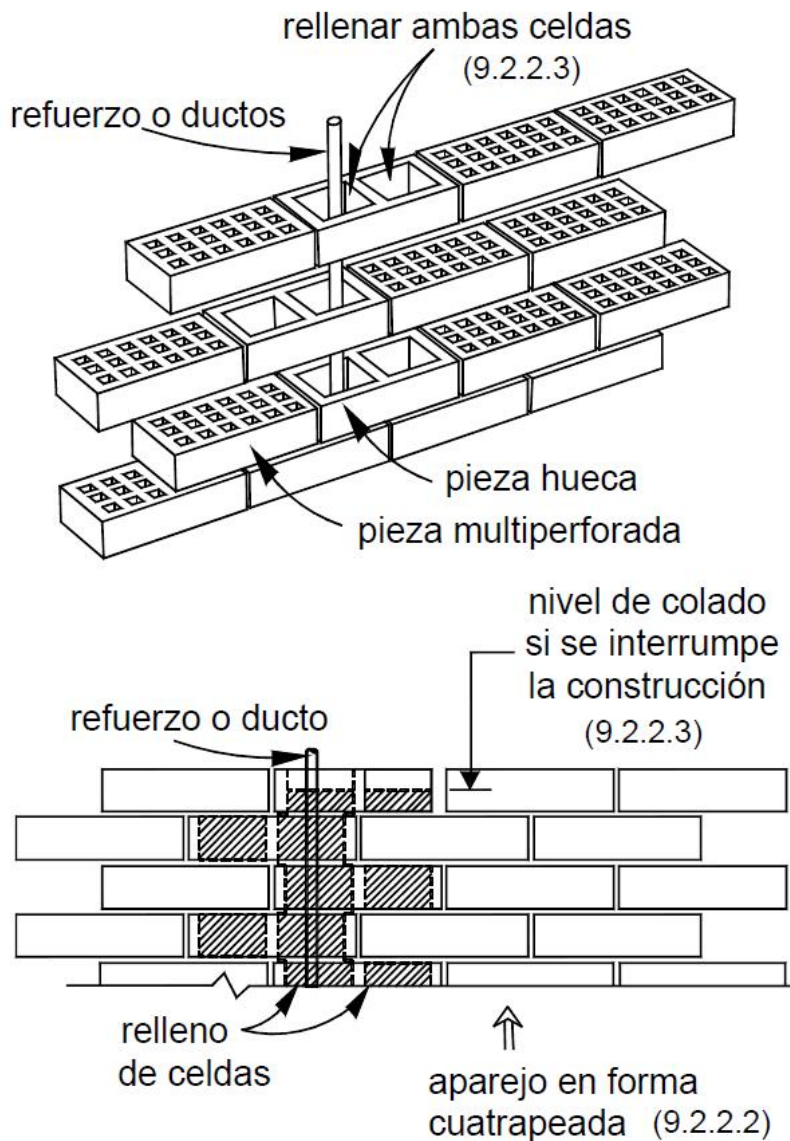


Figura 9. 1 Relleno de piezas

9.2.2.4 Refuerzo

El refuerzo se colocará de manera que se asegure que se mantenga fijo durante el colado. El recubrimiento, separación y traslapes mínimos así como el refuerzo horizontal colocado en las juntas serán los que se especifican en la sección 3.3. No se admitirá traslape de barras de refuerzo colocadas en juntas horizontales, ni traslape de mallas de alambre soldado en una sección vertical

del muro, ni de refuerzo vertical en muros de mampostería reforzada interiormente en la altura calculada de la articulación plástica por flexión.

9.2.2.5 Tuberías y ductos

Se deberán instalar sin dañar la mampostería. En mampostería de piezas macizas o huecas con relleno total se admite ranurar el muro para alojar las tuberías y ductos, siempre que:

- a) La profundidad de la ranura no exceda de la cuarta parte del espesor de la mampostería del muro ($t / 4$);
- b) El recorrido sea vertical; y
- c) El recorrido no sea mayor que la mitad de la altura libre del muro ($H/ 2$).

En muros con piezas huecas no se podrán alojar tubos o ductos en celdas con refuerzo. Las celdas con tubos y ductos deberán ser rellenadas con concreto o mortero de relleno.

No se permite colocar tuberías y ductos en castillos que tengan función estructural, sean exteriores o interiores o en celdas reforzadas verticalmente como las dispuestas en los Capítulos 5 y 6, respectivamente.

9.2.2.6 Construcción de muros

En la construcción de muros, además de los requisitos de las secciones anteriores, se cumplirán los siguientes:

- a) La dimensión de la sección transversal de un muro de mampostería que cumpla alguna función estructural o que sea de fachada no será menor de 120 mm., en zonas sísmicas B y C, en alturas menores a dos niveles, en otras alturas no será menor a 150 mm.; y de 150 mm en zona sísmica D.

- b) Todos los muros que se toquen o crucen deberán anclarse o ligarse entre sí (secciones 5.1.1, 6.1.2.2, 6.1.5 y 7.3.1), salvo que se tomen precauciones que garanticen su estabilidad y buen funcionamiento.
- c) Las superficies de las juntas de construcción deberán estar limpias y rugosas. Se deberán humedecer en caso de usar piezas de arcilla.
- d) Los muros de fachada que reciban recubrimiento de materiales pétreos naturales o artificiales deberán llevar elementos suficientes de liga y anclaje para soportar dichos recubrimientos.
- e) Durante la construcción de todo muro se tomarán las precauciones necesarias para garantizar su estabilidad en el proceso de la obra, tomando en cuenta posibles empujes horizontales, incluso viento y sismo.
- f) En muros reforzados con mallas de alambre soldado y recubrimiento de mortero, la superficie deberá estar saturada y libre de materiales que afecten la adherencia del mortero.

9.2.2.7 Tolerancias

- a) En ningún punto el eje de un muro que tenga función estructural distará más de 20 mm del indicado en los planos.
- b) El desplome de un muro no será mayor que 0.004 veces su altura ni 15 mm.

9.3 Construcción de mampostería de piedras naturales

9.3.1 Piedras

Las piedras que se emplean deberán estar limpias y sin rajaduras. No se emplearán piedras que presentan forma de laja. Las piedras se mojarán antes de usarlas.

9.3.2 Mortero

El mortero se elaborará con la cantidad de agua mínima necesaria para obtener una pasta manejable. Para el mezclado y remezclado se respetarán los requisitos de la sección 9.2.1.2.

9.3.3 Procedimiento constructivo

La mampostería se desplantará sobre una plantilla de mortero o concreto que permita obtener una superficie plana. En las primeras hiladas se colocarán las piedras de mayores dimensiones y las mejores caras de las piedras se aprovecharán para los paramentos. Cuando las piedras sean de origen sedimentario se colocarán de manera que los lechos de estratificación queden normales a la dirección de las compresiones. Las piedras deberán humedecerse antes de colocarlas y se acomodarán de manera de llenar lo mejor posible el hueco formado por las otras piedras. Los vacíos se rellenarán completamente con piedra chica y mortero. Deberán usarse piedras a tizón, que ocuparán por lo menos una quinta parte del área del paramento y estarán distribuidas en forma regular. No deberán existir planos definidos de falla transversales al elemento. Se respetarán, además los requisitos de la sección 9.2.2.6 que sean aplicables.

9.4 Construcción de cimentaciones

Las cimentaciones se ejecutarán según lo especificado en el Capítulo 7 de las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Cimentaciones”. Si la cimentación es de concreto, se cumplirá con lo indicado en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”. Si la cimentación es de mampostería de piedras naturales se seguirá lo señalado en la sección 9.3.3 de estas Normas.

10. INSPECCIÓN Y CONTROL DE OBRA

10.1 Inspección

El Responsable Director de Obra deberá supervisar el cumplimiento de las disposiciones constructivas señaladas en los Capítulos 9 y 10.

10.1.1 Antes de la construcción de muros de mampostería

Se deberá verificar que la cimentación se haya construido con las tolerancias señaladas en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de Seguridad Estructural en materia de “Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto”, si la cimentación es de concreto, o en la sección 8.4 de estas Normas, si la cimentación es de mampostería.

Se revisará que el refuerzo longitudinal de castillos, o el vertical de muros, estén anclados y en la posición señalada en los planos estructurales. Se hará énfasis que se cumpla con lo señalado en el inciso 3.3.6.5.a.

10.1.2 Durante la construcción

En especial, se revisará que:

- a) Las piezas sean del tipo y tengan la calidad especificados en los planos de construcción.
- b) Las piezas de barro estén sumergidas en agua al menos 2 h antes de su colocación.
- c) Las piezas de concreto estén secas y que se rocíen con agua justo antes de su colocación.
- d) Las piezas estén libres de polvo, grasa, aceite o cualquier otra sustancia o elemento que reduzca la adherencia o dificulte su colocación.
- e) Las barras de refuerzo sean del tipo, diámetro y grado indicado en los planos de construcción.
- f) El aparejo sea cuatrapeado.
- g) Los bordes verticales de muros confinados exteriormente estén dentados o que cuenten con conectores o refuerzo horizontal.
- h) El refuerzo longitudinal de castillos o el interior del muro esté libre de polvo, grasa o cualquier otra sustancia que afecte la adherencia, y que su posición de diseño esté asegurada durante el colado.

- i) No se traslape más del 50 por ciento del acero longitudinal de castillos, dadas o refuerzo vertical en una misma sección.
- j) El refuerzo horizontal sea continuo en el muro, sin traslapes, y anclado en los extremos con ganchos a 90 grados colocados en el plano del muro.
- k) El mortero no se fabrique en contacto con el suelo o sin control de la dosificación.
- l) El relleno de los huecos verticales en piezas huecas de hasta cuatro celdas se realice a la altura máxima especificada en los planos.
- m) Las juntas verticales y horizontales estén totalmente rellenas de mortero.
- n) Si se usan tabiques multiperforados, que el mortero penetre en las perforaciones la distancia indicada en los planos, pero no menos de 12 mm.
- o) El espesor de las juntas no exceda el valor indicado en los planos de construcción.
- p) El desplome del muro no exceda $0.004H$ ni 15 mm.
- q) En castillos interiores, el concreto o mortero de relleno haya penetrado completamente, sin dejar huecos.
- r) En muros hechos con tabique multiperforado y piezas huecas (estas últimas para alojar instalaciones o castillos interiores), la pieza hueca esté llena con concreto o mortero de relleno.
- s) En muros reforzados con malla soldada de alambre, los conectores de anclaje estén firmemente instalados en la mampostería y concreto, con la separación señalada en los planos de construcción.
- t) Los muros transversales de carga que lleguen a tope estén conectados con el muro ortogonal.
- u) Las aberturas en muros, si así lo señalan los planos, estén reforzadas o confinadas en sus bordes.
- v) Los pretilos cuenten con castillos y dadas o refuerzo interior.

10.2 Control de obra

10.2.1 Alcance

Las disposiciones de control de obra son aplicables a cada edificación y a cada empresa constructora que participe en la obra. Quedan exentos los casos que específicamente se indiquen en la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California.

a) Edificaciones que cumplan simultáneamente con tener una magnitud (superficie construida) no mayor de 250m², no más de dos niveles incluyendo estacionamiento, y que sean de cualquiera de los siguientes géneros: habitación unifamiliar (construida por una sola vez; si aplican las disposiciones cuando se multiplique la construcción de la misma vivienda), servicios, industrial, infraestructura o agrícola, pecuario y forestal.

b) Edificaciones de género habitación plurifamiliar con no más de diez viviendas en el predio y por una sola vez, incluyendo a las existentes y no más de dos niveles, incluyendo estacionamiento. Adicionalmente cada vivienda no deberá tener una magnitud (superficie construida) superior a 250 m².

10.2.2 Muestreo y ensayos

10.2.2.1 Mortero para pegar piezas

Se tomarán como mínimo seis muestras por cada lote de 3 000 m² o fracción de muro construido. En casos de edificios que no formen parte de conjuntos, al menos dos muestras serán de la planta baja en edificaciones de hasta tres niveles, y de la planta baja y primer entresuelo en edificios de más niveles.

Las muestras se tomarán durante la construcción del lote indicado. Cada muestra estará compuesta de tres probetas cúbicas. La elaboración, curado, ensayo y determinación de la resistencia de las probetas se hará según lo especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE. Las muestras se ensayarán a los 28 días. Los ensayos se realizarán en laboratorios acreditados por la

entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

10.2.2.2 Mortero y concreto de relleno

Se tomarán como mínimo tres muestras por cada lote de 3 000 m² o fracción de muro construido. En casos de edificios que no formen parte de conjuntos, al menos una muestra será de la planta baja en edificaciones de hasta tres niveles, y de la planta baja y primer entrepiso en edificios de más niveles.

Las muestras se tomarán durante la construcción del lote indicado. Cada muestra estará compuesta de tres probetas cúbicas en el caso de morteros, y de tres cilindros en el caso de concretos de relleno. La elaboración, curado, ensaye y determinación de la resistencia de las probetas de mortero se hará según lo especificado en la norma NMXC-061-ONNCCE. La elaboración, curado y ensaye de cilindros de concreto de relleno se hará de acuerdo con las normas NMX-C-160 y NMX-C-083-ONNCCE. Las muestras se ensayarán a los 28 días. Los ensayes se realizarán en laboratorios acreditados por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

10.2.2.3 Mampostería

Se tomarán como mínimo tres muestras por cada lote de 3 000 m² o fracción de muro construido con cada tipo de pieza. En casos de edificios que no formen parte de conjuntos, al menos una muestra será de la planta baja en edificios de hasta tres niveles, y de la planta baja y primer entrepiso si el edificio tiene más niveles. Las muestras se tomarán durante la construcción del lote indicado. Las probetas se elaborarán con los materiales, mortero y piezas, usados en la construcción del lote. Cada muestra estará compuesta por una pila y un murete. Se aceptará elaborar las probetas en laboratorio usando las piezas, la mezcla en seco del mortero y la cantidad de agua empleada en la construcción del lote.

La elaboración, curado, transporte, ensaye y determinación de las resistencias de las probetas se hará según lo indicado en las Normas Mexicanas correspondientes. Las muestras se ensayarán a los 28 días. Los ensayos se realizarán en laboratorios acreditados por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

10.2.2.4 Penetración del mortero en piezas multiperforadas

Se aceptará la aplicación de cualquiera de los procedimientos siguientes:

a) Penetración del mortero. Se determinará la penetración del mortero retirando una pieza multiperforada en un muro de planta baja si el edificio tiene hasta tres niveles, o de planta baja y primer entreseno si el edificio tiene más niveles.

b) Consumo de mortero. Se controlará el consumo de mortero que penetra en las perforaciones de las piezas, adicional al colocado en las juntas horizontal y vertical, en todos los muros de planta baja, si el edificio tiene hasta tres niveles, o de planta baja y primer entreseno si el edificio tiene más niveles.

10.2.3 Criterio de aceptación

10.2.3.1 De morteros y mampostería

El criterio de aceptación se basa en que la resistencia de diseño, especificada en los planos de construcción, sea alcanzada por lo menos por el 98 por ciento de las probetas. Es decir, se deberá cumplir que:

$$z^* \geq \frac{\bar{z}}{1+2.5c_z} \quad (10.1)$$

Donde

z^* resistencia de diseño de interés (f_j^* del mortero o del mortero o concreto de relleno,

f_m^* y v_m^* de la mampostería);

\bar{z} media de las resistencias de las muestras obtenidas según la sección 10.2.2; y

C_z coeficiente de variación de la resistencia de interés de las muestras, que en ningún caso será menor que 0.20 para la resistencia a compresión de los mortero o de los concretos de relleno y que lo indicado en las secciones 2.9.1.1 y 2.9.2.1 para pilas y muretes, respectivamente.

10.2.3.2 De la penetración del mortero en piezas multiperforadas

Si se opta por el inciso 10.2.2.4.a, la penetración media del mortero, tanto en la junta superior como en la inferior de la pieza, será de 10 mm, a menos que los planos de construcción especifiquen otros valores mínimos.

Se aceptará si, aplicando el inciso 10.2.2.4.b, el consumo de mortero varía entre 0.8 y 1.2 veces el consumo indicado en los planos de construcción.

10.2.4 Inspección y control de obra de edificaciones en rehabilitación

Se debe cumplir con lo señalado en las secciones 10.1 y 10.2. Adicionalmente, será necesario respaldar con muestreo y pruebas de laboratorio las características de los materiales utilizados en la rehabilitación, incluyendo las de aquellos productos comerciales que las especifiquen al momento de su compra.

Se deberá verificar la correcta aplicación de las soluciones de proyecto, así como la capacidad, sea resistente o de deformación, de elementos o componentes, tales como los conectores.

La medición de las características dinámicas de una estructura proporciona información útil para juzgar la efectividad de la rehabilitación, cuando ésta incluye refuerzo, adición o retiro de elementos estructurales.

11. EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN

11.1 Estructuras dañadas

Se entiende por estructuras dañadas, aquellas estructuras que han sufrido alguna reducción en su resistencia o rigidez, ocasionada por cargas de cualquier tipo o asentamientos.

11.2 Evaluación

Se deberá evaluar la seguridad estructural de una edificación cuando se tengan indicios de que ha sufrido algún daño, presente problemas de servicio o de durabilidad, vaya a sufrir alguna modificación, cambie su uso, o bien, cuando se requiera verificar el cumplimiento del nivel de seguridad establecido en la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en los reglamentos de edificaciones municipales correspondientes, y en estas Normas Técnicas Complementarias.

11.2.1 Necesidad de evaluación.

Se deberá evaluar la seguridad estructural de una edificación cuando se tengan indicios de que ha sufrido algún daño, presente problemas de servicio o de durabilidad, vaya a sufrir alguna modificación, cambie su uso, o bien, cuando se requiera verificar el cumplimiento del nivel de seguridad establecido en la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en los reglamentos de edificaciones municipales correspondientes, y en estas Normas Técnicas Complementarias.

11.2.2 Proceso de evaluación

El proceso de evaluación deberá incluir:

- a) Investigación y documentación de la estructura, incluyendo daños causados por sismos u otras acciones.
- b) Si es aplicable, clasificación del daño en cada elemento de la edificación (estructural y no estructural) según su severidad y modo de comportamiento.

- c) Si aplica, estudio de los efectos del daño en los elementos estructurales en el desempeño futuro de la edificación.
- d) Determinación de la necesidad de rehabilitar.

11.2.3 Investigación y documentación de la edificación y de las acciones que la dañaron.

11.2.3.1. Información básica

Se deberá recolectar información básica de la edificación y de las acciones que la dañaron; en particular se deberá:

- a) Recopilar memorias, especificaciones, planos arquitectónicos y estructurales, así como informes y dictámenes disponibles.
- b) Inspeccionar la edificación, así como reconocer su edad y calidad de la construcción.
- c) Estudiar el reglamento y normas de construcción en vigor a la fecha de diseño y construcción de la estructura.
- d) Determinar las propiedades de los materiales y del suelo.
- e) Definir el alcance y magnitud de los daños.
- f) Tener entrevistas con los propietarios, ocupantes, así como con los constructores y diseñadores originales.
- g) Obtener información sobre las acciones que originaron el daño, tal como su magnitud, duración, dirección, espectros de respuesta u otros aspectos relevantes.

Al menos, se debe realizar una inspección en sitio con el fin de identificar el sistema estructural, su configuración y condición. Si es necesario, se deben retirar los recubrimientos y demás elementos que obstruyan la revisión visual.

11.2.3.2. Determinación de las propiedades de los materiales

La determinación de las propiedades de los materiales podrá efectuarse mediante procedimientos no destructivos o destructivos, siempre que por estos últimos no se deteriore la capacidad de los elementos estructurales. En caso de que se tengan daños en la cimentación o modificaciones en la estructura que incidan en ella, será necesario verificar las características del subsuelo mediante un estudio geotécnico.

11.2.4 Clasificación del daño en los elementos de la edificación

11.2.4.1 Modo de comportamiento

Atendiendo al modo de comportamiento de los elementos estructurales y no estructurales, se deberá clasificar el tipo y magnitud del daño. El modo de comportamiento se define por el tipo de daño predominante en el elemento. El modo de comportamiento dependerá de la resistencia relativa del elemento a los distintos elementos mecánicos que actúen en él.

11.2.4.2 Magnitud de daño

La magnitud o severidad del daño en elementos estructurales se podrá clasificar en cinco niveles.

- a) Insignificante, que no afecta de manera relevante la capacidad estructural (resistente y de deformación). La reparación será de tipo superficial.
- b) Ligero, cuando afecta ligeramente la capacidad estructural. Se requieren medidas de reparación sencillas para la mayor parte de elementos y de modos de comportamiento.
- c) Moderado, cuando afecta medianamente la capacidad estructural. La rehabilitación de los elementos dañados depende del tipo de elemento y modo de comportamiento.

- d) Severo, cuando el daño afecta significativamente la capacidad estructural. La rehabilitación implica una intervención amplia, con reemplazo o refuerzo de algunos elementos.
- c) Muy grave, cuando el daño ha deteriorado a la estructura al punto que su desempeño no es confiable. Abarca el colapso total o parcial. La rehabilitación involucra el reemplazo o refuerzo de la mayoría de los elementos, o incluso la demolición total o parcial.

11.2.5 Evaluación del impacto de elementos dañados en el comportamiento de la edificación

11.2.5.1. Impacto del daño.

Se deberá evaluar el efecto de grietas u otros signos de daño en el desempeño futuro de una edificación, en función de los posibles modos de comportamiento de los elementos dañados, sean estructurales o no estructurales.

11.2.5.2. Edificación sin daño estructural

Si la edificación no presenta daño estructural alguno, se deberán estudiar los diferentes modos posibles de comportamiento de los elementos, y su efecto en el desempeño futuro de la edificación.

11.2.5.3. Capacidad remanente

Para evaluar la seguridad estructural de una edificación será necesario determinar la capacidad remanente en cada elemento para cada modo de comportamiento posible o predominante. Dicha capacidad estará definida por el nivel de acciones con el cual el elemento, de la estructura o cimentación, alcanza un primer estado límite de falla o de servicio, dependiendo del tipo de revisión que se lleve a cabo.

11.2.5.4. Cálculo de la capacidad estructural

Para obtener la capacidad estructural se podrán usar los métodos de análisis elásticos convencionales, así como los requisitos y ecuaciones aplicables de estas Normas o de otras Normas Técnicas Complementarias. Cuando en la inspección en sitio no se observe daño estructural alguno, se puede suponer que la capacidad original del elemento estructural está intacta. En edificaciones con daños estructurales, deberá considerarse la participación de los elementos dañados, afectando su capacidad individual según el tipo y nivel de daño. En edificaciones inclinadas deberá incluirse el efecto del desplomo en el análisis.

11.2.5.5. Consideraciones para evaluar la seguridad estructural

Para evaluar la seguridad estructural de una edificación se deberán considerar, entre otros, su deformabilidad, los defectos e irregularidades en la estructuración y cimentación, el riesgo inherente a su ubicación, la interacción con las estructuras vecinas, la calidad del mantenimiento y el uso al que se destine.

11.2.6. Determinación de la necesidad de rehabilitación

11.2.6.1. Daño ligero

Si como resultado del proceso de evaluación de la seguridad estructural se concluye que cumple con la normativa vigente y sólo presenta daños estructurales insignificantes o ligeros, deberá hacerse un proyecto de rehabilitación que considere la restauración o reparación de dichos elementos.

11.2.6.2. Daño mayor

Si se concluye que no cumple con los requisitos mínimos de servicio y resistencia, se presentan daños estructurales moderados o de mayor nivel, o se detectan situaciones que pongan en peligro la estabilidad de la estructura, deberá elaborarse un proyecto de rehabilitación que considere, no sólo la reparación de los elementos dañados, sino la modificación de la capacidad de

toda la estructura. La evaluación podrá igualmente recomendar la demolición total o parcial de la estructura.

11.3. Rehabilitación

11.3.1. Apuntalamiento, rehabilitación temporal y demolición

11.3.1.1. Control del acceso

Si se detectan daños en la estructura que puedan poner en peligro su estabilidad, deberá controlarse el acceso a la misma y proceder a su rehabilitación temporal en tanto se termina la evaluación. En aquellos casos en que los daños hagan inminente el derrumbe total o parcial, con riesgo para las construcciones o vías de comunicación vecinas, será necesario proceder a la demolición urgente de la estructura o de la zona que representa riesgo.

11.3.1.2. Rehabilitación temporal

Cuando el nivel de daños observados en una edificación así lo requiera, será necesario rehabilitar temporalmente, o apuntalar, de modo que se proporcione la rigidez y resistencia provisionales necesarias para la seguridad de los trabajadores que laboren en el inmueble, así como de los vecinos y peatones en las zonas adyacentes. La rehabilitación temporal será igualmente necesaria cuando se efectúen modificaciones a una estructura que impliquen la disminución transitoria de la rigidez o capacidad resistente de algún elemento estructural.

11.3.1.3. Seguridad durante la rehabilitación

Las obras de rehabilitación temporal, o apuntalamiento, deberán ser suficientes para garantizar la estabilidad de la estructura. Antes de iniciar las obras de rehabilitación, deberá demostrarse que el edificio cuenta con la capacidad de soportar simultáneamente las acciones verticales estimadas (cargas muerta y viva) y 30 por ciento de las accidentales obtenidas de las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, de

Seguridad Estructural en materia de “Diseño Sísmico” con las acciones permanentes previstas durante la ejecución de las obras.

Para alcanzar dicha capacidad será necesario, en los casos que se requiera, recurrir a la rigidización temporal de algunas partes de la estructura.

11.3.2. Conexión entre elementos existentes y materiales o elementos nuevos

Las conexiones entre elementos existentes y los materiales o elementos nuevos se deben diseñar y ejecutar de manera de alcanzar un comportamiento monolítico y de asegurar la transmisión de fuerzas entre ellos. Se admitirá usar anclas, fijadores o pernos adhesivos o de percusión (estos últimos son instalados mediante cargas explosivas de potencia controlada).

11.3.3. Reparación de elementos

11.3.3.1. Alcance

Cuando se requiera recuperar la capacidad original de un elemento será necesaria su reparación o restauración.

Aquellos elementos dañados que adicionalmente serán reforzados deberán ser reparados antes.

Conviene hacer notar que el éxito de una reparación, por ejemplo de inyección de grietas depende, entre otros factores, de la magnitud del daño y de la calidad de la ejecución. Por tanto, se debe considerar en el análisis y en la evaluación, el nivel de restitución de la capacidad estructural que sea factible alcanzar para el modo de comportamiento, magnitud de daño y calidad de ejecución de la edificación.

11.3.3.2. Reemplazo de piezas, mortero, barras y concreto dañados

En elementos con daño severo y muy grave, puede ser necesario sustituir a los materiales dañados por materiales nuevos, previo apuntalamiento del elemento por reparar.

Se deberá promover una buena adherencia entre los materiales existentes y los nuevos, así como pequeños cambios volumétricos debidos a la contracción por fraguado. Se usarán materiales del mismo tipo y con una resistencia al menos igual que la del material original.

11.3.3.3. Reparación de grietas

a) Inyección de fluidos

Se podrá recurrir a la inyección de resinas o fluidos a base de polímeros o cementos hidráulicos. No se admitirán inyecciones por el método de vacío.

Los fluidos a base de cementos hidráulicos (lechadas) deberán dosificarse de modo de asegurar que fluyan a través de grietas y vacíos, pero sin aumentar la segregación, sangrado y contracción plástica.

La viscosidad y tipo de la resina epóxica se determinarán en función del ancho de las grietas por obturar y de la absorción de las piezas.

Cuando las grietas tengan un ancho significativo (del orden de 5 mm), se podrán rellenar mediante pedazos de piezas, denominadas rajuelas. Las rajuelas deben acuñarse debidamente y deben pegarse con mortero tipo I.

En todos los casos, se debe retirar el acabado del muro cuando menos en los 300 mm adyacentes a la grieta.

b) Inserción de piezas metálicas

Se aceptará insertar placas, grapas, pernos u otros elementos metálicos que crucen las grietas. Los elementos metálicos deberán anclarse en la mampostería o en el concreto de modo que puedan desarrollar la fuerza de diseño. Los refuerzos deben dejarse cubiertos de mortero impermeable para protegerlos del intemperismo. Si esta técnica se aplica para reparar daño debido a sismo, se deberán tomar precauciones para evitar el pandeo de las grapas durante los ciclos de desplazamiento.

Se podrá insertar barras metálicas en perforaciones previamente realizadas en la mampostería y que se adhieren a ella mediante lechada que ha sido inyectada en los huecos. La perforación deberá realizarse con equipo que no dañe la mampostería. Las barras podrán ser presforzadas.

c) Aplanado sobre malla

Las grietas se podrán reparar por medio de bandas hechas de malla de alambre soldado, conectadas a la mampostería y recubiertas con un aplanado de mortero de algunos centímetros de espesor. Las bandas de malla se deberán anclar a la mampostería de modo que puedan alcanzar la fuerza de diseño.

11.3.3.4. Reparación de daños debidos a corrosión

Se deberá retirar el concreto o la mampostería agrietada y exponer totalmente las barras de refuerzo corroídas y sanas que estén dentro de la zona afectada. Para asegurar la adherencia entre los materiales nuevos, las barras de refuerzo y el concreto o mampostería viejos, se deberán limpiar las barras y las superficies del material existente. Si las barras corroídas han perdido más de un 25 por ciento de su sección transversal, se debe reemplazarlas o bien colocar barras suplementarias ancladas adecuadamente. El concreto o mampostería nueva que se coloque deberá tener una menor permeabilidad que la de los materiales existentes. Se deberá considerar la conveniencia de

proteger de la corrosión al refuerzo expuesto a través de medidas activas o pasivas.

11.3.4. Refuerzo

11.3.4.1. Generalidades

Cuando se requiera modificar las capacidades resistente o de deformación de un elemento estructural, será necesario recurrir a su refuerzo. El refuerzo de un elemento suele producir cambios en su rigidez que deberán tomarse en cuenta en el análisis estructural. Se debe revisar que la modificación de los elementos sujetos a refuerzo no produzca que los elementos no intervenidos alcancen prematuramente, estados límite de servicio o de falla, que puedan conducir a comportamientos desfavorables y no estables. El análisis estructural podrá efectuarse suponiendo el comportamiento monolítico del elemento original y su refuerzo, si el diseño y ejecución de las conexiones entre los materiales así lo aseguran.

11.3.4.2. Encamisado de elementos de concreto y de mampostería

Los elementos de concreto y de mampostería se pueden rehabilitar colocando mallas metálicas o plásticas recubiertas con mortero o bien, encamisando a los elementos con ferrocemento o con materiales plásticos adheridos con resinas.

En el diseño, detallado y construcción de encamisados con mortero o ferrocemento se aplicará lo indicado en las secciones 3.3.6.5, 5.4.4, y en el Capítulo 9.

Cuando el refuerzo de un elemento estructural se realice mediante encamisado con elementos hechos con fibras de materiales plásticos, deberá prepararse la superficie del elemento para que sea lisa y se deben retirar los recubrimientos que afecten la adherencia de los materiales plásticos y las resinas. Las aristas de los elementos deben redondearse para evitar la rotura de las fibras. Se debe

garantizar la compatibilidad entre las resinas y fibras usadas. Se deberán recubrir con un material protector aquellos elementos que estén expuestos directamente a la radiación solar y que en su encamisado se hayan usado resinas degradables con los rayos ultravioleta.

11.3.4.3. Adición de elementos confinantes de concreto reforzado

Se pueden construir en aquellas edificaciones que no tengan castillos o dalas, o bien cuando los castillos o dalas no cumplan con los requisitos señalados en las secciones 3.3 y 5.1. En el diseño, detallado y construcción de los nuevos castillos y dalas se deberá seguir lo indicado en las secciones 3.3, 5.1 y el Capítulo 9. Se deberá anclar el refuerzo longitudinal de manera que alcance su esfuerzo de fluencia especificado.

11.3.4.4. Adición o retiro de muros

Será necesario adicionar o retirar muros cuando se requiera corregir irregularidades o defectos en la estructuración, reforzar la edificación en su conjunto o efectuar una modificación del proyecto original. En el diseño deberá cuidarse que la rigidez de los nuevos elementos sea compatible con la de la estructura original si se desea un trabajo conjunto. Requiere especial atención, el diseño de las conexiones entre los nuevos elementos y la estructura original. Asimismo, deberá revisarse la transmisión de las cargas a la cimentación, lo que frecuentemente puede llevar también a la necesidad de modificarla. Si se colocan muros diafragma de mampostería se deberá cumplir con lo señalado en el Capítulo 4.

11.3.5. Construcción, supervisión y control de calidad

Los trabajos de rehabilitación deberán satisfacer las disposiciones del Capítulo 9. La inspección y control de calidad deben cumplir con lo señalado en el Capítulo 10.

APÉNDICE A. ESPACIAMIENTO DE JUNTAS DE EXPANSIÓN

En los muros de mampostería se deben tener juntas para expansión de agrietamiento y contracción para dividir los muros en tableros cuadrados o rectangulares. También deberán existir juntas de expansión en zonas de concentración de esfuerzos donde es altamente probable que se de el agrietamiento. El espaciamiento recomendado para juntas de expansión en muros de mampostería se describe en la siguiente tabla. Esto aplica tanto para muros en estructuras, como para bardas.

Tabla A. 1. Espaciamiento de juntas de expansión

| Relación S/H | Separación (S) máxima entre juntas de expansión (m) | Separación de pasajuntas var #5 en las juntas (cm) ¹ | Ancho mínimo de junta (mm) | | Ancho libre mínimo sin restringir (mm) | |
|--------------|---|---|----------------------------|----------|--|----------|
| | | | Bloque | Ladrillo | Bloque | Ladrillo |
| 2 | 4 | 50 | 7 | 7 | 4 | 4 |
| 3 | 6 | 40 | 10 | 7 | 5 | 4 |
| 4 | 8 | 20 | 15 | 10 | 7 | 5 |
| Mayor a 4 | 10 | 20 | 20 | 15 | 10 | 7 |

H es la altura libre sin soporte lateral estructural.

¹ En zonas de mayor concentración de esfuerzo esta deberá revisarse la separación.

A.1 Ubicación recomendada para las juntas de expansión

- A intervalos de distancia regular de acuerdo a lo indicado en la tabla 9.1
- En cambios de altura o espesor de muro, sin considerar las pilastras
- Cerca de la intersección de muros en edificios con geometría en forma de “L”, “T”, y “U”, donde la separación requerida es la mitad de la indicada en la tabla.
- En otras ubicaciones de concentración de esfuerzos
- En línea con juntas de expansión de firmes, cimentación u otros muros.

Condiciones que deben cumplir las juntas de expansión

- Debe existir un mecanismo de transferencia de cortante perpendicular al plano del muro en las juntas de expansión. Se debe asumir que no existirá transferencia de momentos ni tensión diagonal a través de las juntas.

- Las juntas de expansión en muros de mampostería de concreto deberán ser continuas de forma tal que provean un plano débil interrumpido en la altura total del muro, incluyendo vigas intermedias y muro de cimentación de mampostería. No es necesario que las juntas se extiendan a muros de cimentación de concreto. El acero estructural de las vigas intermedias no deberá cortarse.
- Las juntas de expansión dividen los muros en paneles, por lo que se consideran elementos estructurales separados. Consecuentemente, las juntas de expansión afectan la rigidez de los muros, así como la distribución de fuerzas laterales ocasionadas por viento y sismo.

APENDICE NORMATIVO A-CRITERIO DE ACEPTACION DE SISTEMAS DE CONSTRUCTIVOS A BASE DE MAMPOSTERIA DISEÑADOS POR SISMO.

A.2 DEFINICIONES

Distorsión

Rotación del eje vertical del muro bajo carga lateral, con respecto a la vertical. Se puede obtener dividiendo el desplazamiento lateral aplicado a nivel de losa, y medido a la mitad de la longitud del muro, entre la altura del entrepiso.

Espécimen

Estructura probada en el laboratorio que representa el arreglo común del refuerzo y condiciones de borde.

Resistencia

Máxima capacidad de carga en un ciclo o para una distorsión determinada. Puede ser medida o calculada.

Energía disipada equivalente

Cociente de la energía disipada del espécimen sometido a deformaciones laterales cíclicas reversibles y de la energía disipada ideal. Se calcula como el área contenida por la curva histerética para ese ciclo dividida entre el área circunscrita por los paralelogramos definidos por la rigidez del primer ciclo y la carga máxima del ciclo para el cual se calcula la energía disipada equivalente.

Rigidez de ciclo

Pendiente de la secante que une los puntos de máxima distorsión, en sentidos positivo y negativo, para un mismo ciclo.

A.3 NOTACION

H altura no restringida del muro, mm (cm).

R resistencia lateral calculada del espécimen, N (kg).

R resistencia lateral aproximada del espécimen, N (kg).

R_{máx} resistencia (carga lateral máxima) del espécimen medida en laboratorio, N (kg).

desplazamiento lateral aplicado en la parte superior del espécimen y medido a la mitad de la longitud del muro, mm (cm).

factor de sobrerresistencia de las conexiones.

distorsión.

A.4 ALCANCE

En este apéndice se establece el criterio de aceptación de sistemas constructivos a base de muros de mampostería que sean diseñados para resistir las fuerzas inducidas por los sismos. La aceptación se apoya en evidencia experimental de su desempeño, así como en análisis matemáticos.

El comportamiento del sistema constructivo evaluado deberá ser, al menos, igual al exhibido por la mampostería diseñada y construida según las modalidades de estas Normas, y hecha con piezas macizas o huecas.

Se deberá establecer, mediante las pruebas de laboratorio de los especímenes, la resistencia a carga lateral, la capacidad de desplazamiento lateral, la capacidad de disipación de energía y la rigidez lateral.

El espécimen de prueba deberá mantener su integridad estructural y su capacidad de carga vertical a distorsiones al menos iguales a 0.006 para piezas macizas y 0.004 para piezas huecas.

A.5 CRITERIO DE DISEÑO DE LOS ESPECIMENES

Antes de realizar las pruebas, se deberá contar con un proceso de diseño, en cuyo desarrollo se hayan incluido el comportamiento no lineal de los materiales, el efecto de conexiones y refuerzo, así como la influencia de las cargas cíclicas reversibles. Si el desarrollo del proceso requiere de pruebas preliminares, éstas no serán parte de las pruebas para aceptación objeto del Apéndice.

Los especímenes se diseñarán con este proceso de diseño. Se determinará la resistencia lateral calculada, R , a partir de las propiedades geométricas especificadas, de los esfuerzos especificados de fluencia del acero, de las resistencias especificadas de la mampostería y concreto (si aplica), de un análisis de compatibilidad de deformación y usando un factor de reducción unitario.

Se diseñarán los especímenes de manera tal que la resistencia lateral asociada a la falla de la conexión más débil sea γ veces la resistencia lateral aproximada del espécimen, R_0 . El término conexión se refiere, por ejemplo, a la unión entre muros transversales u oblicuos, a la unión del espécimen con la cimentación y con sistemas de piso o techo, y a la unión entre elementos que proporcionan resistencia, rigidez o confinamiento, como es el caso de castillos en la mampostería confinada. El valor mínimo del factor de sobrerresistencia de las conexiones, γ , será 1.3.

La resistencia lateral aproximada del espécimen, R_0 , se calculará usando el proceso de diseño del sistema, a partir de las propiedades geométricas y mecánicas reales (medidas), con un factor de reducción unitario, incluyendo, si aplica, los efectos de endurecimiento por deformación del acero.

A.6 ESPECIMENES DE PRUEBA

Se probará, al menos, un espécimen para cada configuración característica del refuerzo, o condiciones de borde.

Los especímenes se diseñarán y construirán a una escala que permita reproducir fielmente los fenómenos de transmisión de carga, en particular en las conexiones y bordes. La menor escala permitida será un medio.

Se deberán reproducir las condiciones de borde (restricciones a giros o desplazamientos) de la configuración estudiada.

A.7 LABORATORIO

Las pruebas se llevarán a cabo en un laboratorio de reconocido prestigio y que cuente con equipos calibrados. El programa experimental y los análisis de datos deberán ser revisados por el Comité Asesor en Seguridad Estructural del Municipio.

A.8 PROTOCOLO DE ENSAYO

Los especímenes serán probados bajo la serie de ciclos a deformación controlada de la figura A.1. Las pruebas se harán bajo una carga vertical constante que represente las acciones permanentes consistentes con el uso que se pretende dar al sistema constructivo, así como con la magnitud (número de niveles). Para cada distorsión se aplicarán dos ciclos. Los dos primeros pares de ciclos se aplicarán controlando por carga, y corresponderán a la cuarta parte y a la mitad de la menor de la carga calculada de agrietamiento inclinado del muro o de fluencia del refuerzo vertical. El tercer par de ciclos corresponderá al primer agrietamiento inclinado o a la primera fluencia del muro, lo que ocurra primero. A partir de ahí se aplicarán las distorsiones

de la figura A.1 hasta alcanzar, al menos, una distorsión de 0.006 si se usan piezas macizas o de 0.004 si se usan piezas huecas.

La fuerza lateral cíclica alternada se aplicará de modo que su distribución sea sensiblemente uniforme a lo largo del muro. Se aceptará que la fuerza lateral se aplique en los extremos superiores opuestos del muro, según el semiciclo que se trate.

Durante los ensayos se llevará, al menos, un registro gráfico que defina la curva carga lateral–distorsión, uno fotográfico del espécimen al término de cada pareja de ciclos a misma distorsión y uno escrito con la fecha de prueba, operador y la información de los sucesos relevantes ocurridos durante el ensaye, tales como agrietamientos, desconchamientos, fracturas, ruidos, fugas de aceite, y otros.

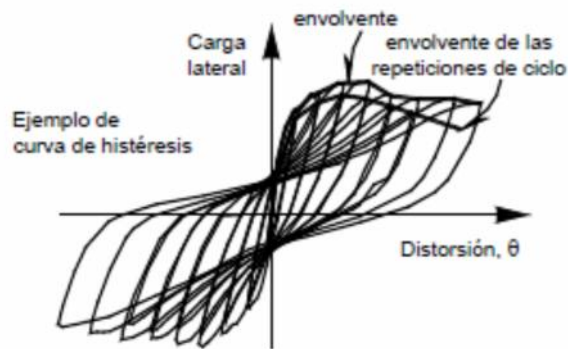
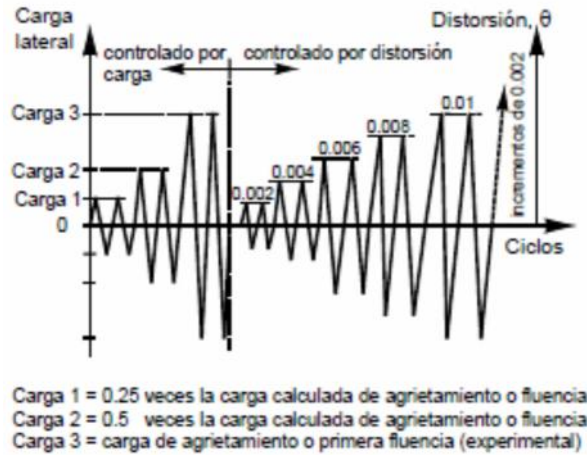


Figura A.1 Historia de carga y curva lateral-distorsión

A.9 INFORME DE PRUEBAS

El informe de las pruebas deberá contener, como mínimo lo siguiente:

A.9.1 Teoría usada para calcular la resistencia (con factor de reducción unitario) y el valor predicho. Si se espera más de un modo de falla, se deberán incluir las teorías y resistencias asociadas.

A.9.2 Detalles de los especímenes ensayados (dimensiones, cuantía y detallado de refuerzo), así como de la construcción. Se deberán incluir figuras claras e ilustrativas.

A.9.3 Propiedades de los materiales, tanto aquéllas especificadas en el diseño, como las medidas mediante probetas en el laboratorio.

A.9.4 Descripción del arreglo para aplicación de la carga, con fotos o figuras.

A.9.5 Tipo, localización y propósito de los sensores usados en la instrumentación. Se deberán incluir, si aplica, las características del sistema de captura de datos. Se presentarán fotos y figuras.

A.9.6 Gráfica de la historia de distorsiones aplicada al espécimen.

A.9.7 Descripción del desempeño observado durante los experimentos, con fotos del espécimen inmediatamente después de algún suceso relevante. Al menos se incluirán fotos correspondientes al primer agrietamiento inclinado, a la formación de un patrón estable de agrietamiento, a la distorsión asociada a la resistencia medida, a la distorsión asociada a una caída del 20 por ciento de la resistencia medida y al final de la prueba.

A.9.8 Gráfica de la curva carga lateral–distorsión.

A.9.9 Gráfica de la curva energía disipada equivalente–distorsión

A.9.10 Gráfica de la curva rigidez de ciclo–distorsión.

A.9.11 Fecha de la prueba, nombre del laboratorio, operadores y autores, supervisor (Corresponsable en Seguridad Estructural) y patrocinador.

A.10 CRITERIO DE ACEPTACION

Se considerará que el desempeño del espécimen es satisfactorio si se cumplen todos los criterios siguientes en ambos sentidos de comportamiento cíclico:

A.10.1 El espécimen alcanza una resistencia, $R_{\text{máx}}$, igual o superior a la calculada, R , para una distorsión menor o igual que 0.006 para piezas macizas y 0.004 para piezas huecas (fig. A.2).

A.10.2 La resistencia medida, $R_{\text{máx}}$, es menor que r (fig. A.2), donde r es el factor de sobrerresistencia para las conexiones descrito en la sección A.4.

A.10.3 Las características de la repetición del ciclo a una distorsión de 0.006 para piezas macizas y 0.004 para piezas huecas satisfacen que:

a) La carga de la repetición sea al menos igual a $0.8 R_{\text{máx}}$ en el mismo sentido de carga (fig. A.2).

b) La energía disipada equivalente no sea menor que 0.15 (fig. A.3).

c) La rigidez de ciclo para la distorsión de 0.006 para piezas macizas y 0.004 para piezas huecas no sea menor de 0.1 y 0.05 veces la rigidez de ciclo, respectivamente, calculada a partir del primer ciclo aplicado en el experimento (fig. A.4).

Si cualquiera de los especímenes no satisface lo indicado o la falla es en las conexiones, se considerará que el sistema constructivo no cumple con el criterio de aceptación.

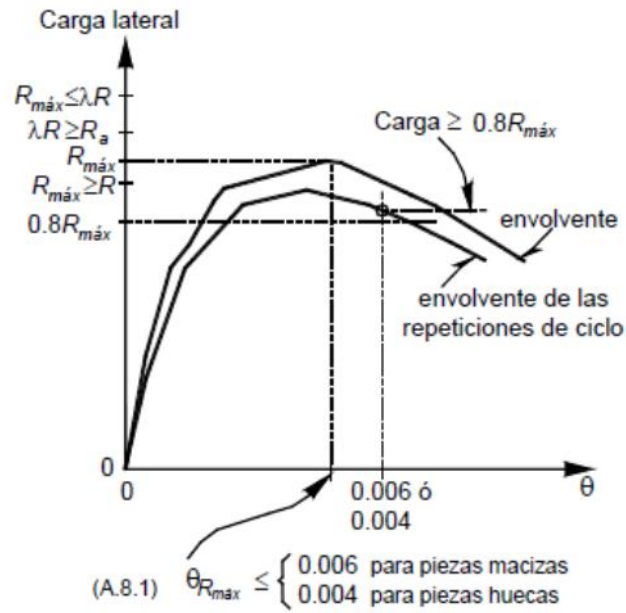


Figura A.2 Envolvente de la curva lateral-distorsión.

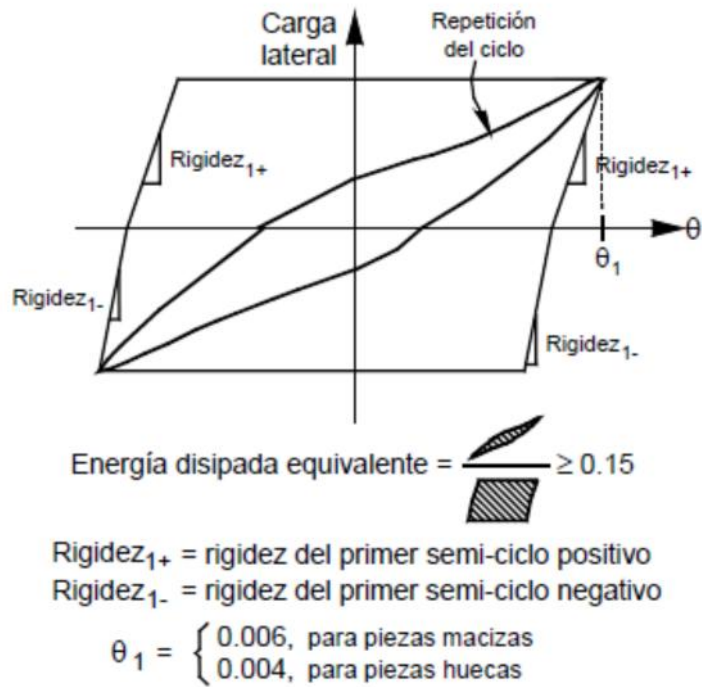


Figura A.3 Definición de energía disipada equivalente.

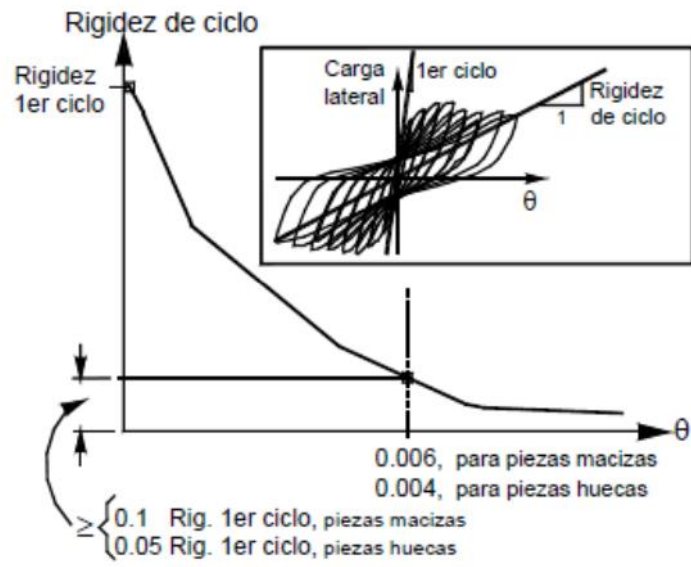


Figura A.4 Degradación de rigidez de ciclo.

APENDICE B. ANCLAJES

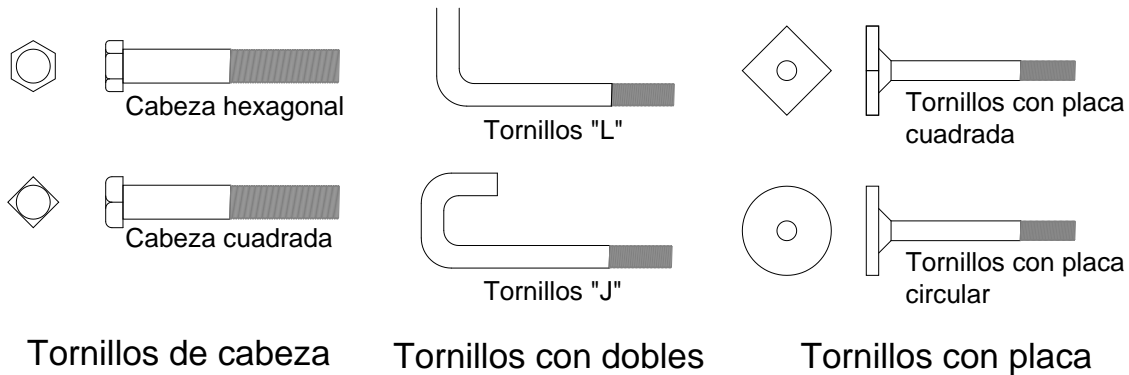


Figura B. 1. Pernos de anclaje

B.1 Factores de resistencia

Los valores de FR se determinaran como sigue:

FR=0.50 Para casos donde la resistencia nominal de un perno de anclaje es controlado por el rompimiento de la mampostería

FR=0.90 Para casos donde la resistencia nominal de un perno de anclaje es controlado por la falla del acero del perno

FR=0.65 Para casos donde la resistencia nominal de un perno de anclaje es controlado por desprendimiento del anclaje.

B.2 Pernos de anclaje con cabeza o doblez

Todos los pernos fijados con mortero estructural (grout) deberán tener cuando menos 12.7mm de mortero estructural (grout) entre el perno y la mampostería, excepto para pernos de 6.3mm de diámetro.

B.2.1 Resistencia a tensión axial nominal de los pernos con cabeza

La resistencia a tensión axial, B_{an} , de los pernos de anclaje con cabeza embebidos en la mampostería, deberá calcularse por las ecuaciones:

Resistencia gobernada por el rompimiento de la mampostería;

$$B_{an} = 3.3 \cdot FR \cdot A_{pt} \cdot \overline{f'm} \quad (B.1)$$

Resistencia gobernada por el acero;

$$B_{an} = FR \cdot A_b \cdot f_y \quad (B.2)$$

Al calcular la capacidad, la menor de las resistencias de diseño deberá utilizarse.

B.2.2 Área proyectada de la mampostería para pernos de anclaje con cabeza

El área proyectada, A_{pt} , de la ecuación (B.1) deberá determinarse con la siguiente ecuación

$$A_{pt} = \pi \cdot l_b^2 \quad (B.3)$$

Donde las áreas proyectadas, A_{pt} , de pernos de anclaje adyacentes que se traslapan, el área proyectada A_{pt} , de cada perno deberá reducirse a la mitad del área traslapada. La porción de área proyectada en una celda hueca (sin colar), juntas abiertas, o que quede afuera del muro, deberá deducirse del valor de A_{pt} , calculado usando la ecuación Ecuación (B.3).

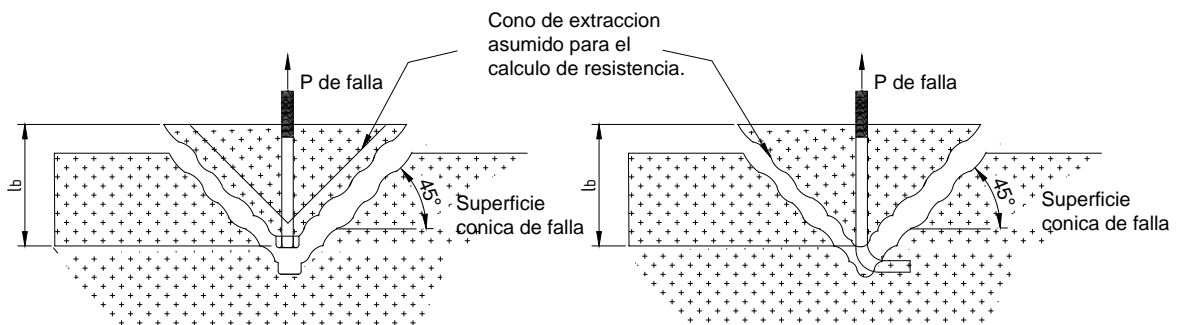


Figura B. 2. Falla cónica, desprendimiento de la mampostería

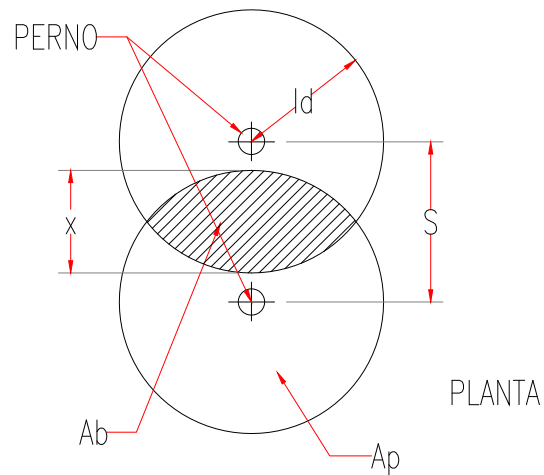


Figura B. 3. Traslape de áreas cónicas en los pernos de anclaje

B.2.3 Longitud efectiva de anclaje para pernos de anclaje con cabeza

La longitud efectiva de anclaje de un perno, l_b , deberá ser la longitud embebida medida perpendicularmente desde la pared exterior de la mampostería hasta la zona de anclaje de la cabeza del perno. La longitud efectiva mínima para anclas con cabeza resistiendo fuerzas axiales deberá ser la mayor de 4 diámetros del perno o 50mm.

B.3 Resistencia a tensión axial nominal de barras de anclaje con doblez

La resistencia a tensión axial nominal, B_{an} , para barras con doblez (J- o L-barras) embebidas en la mampostería, deberá calcularse con la ecuación

Resistencia gobernada por rompimiento de la mampostería

$$B_{an} = 3.3 \cdot A_{pt} \cdot \overline{f'_m} \quad (B.4)$$

Resistencia gobernada por el acero

$$B_{an} = A_b \cdot f_y \quad (B.5)$$

Resistencia gobernada por desprendimiento de la barra

$$B_{an} = 15 f m \cdot e_b \cdot d_b \quad (B.6)$$

La resistencia de la conexión será la menor de las resistencias obtenidas con las ecuaciones B.5, B.6 y B.7.

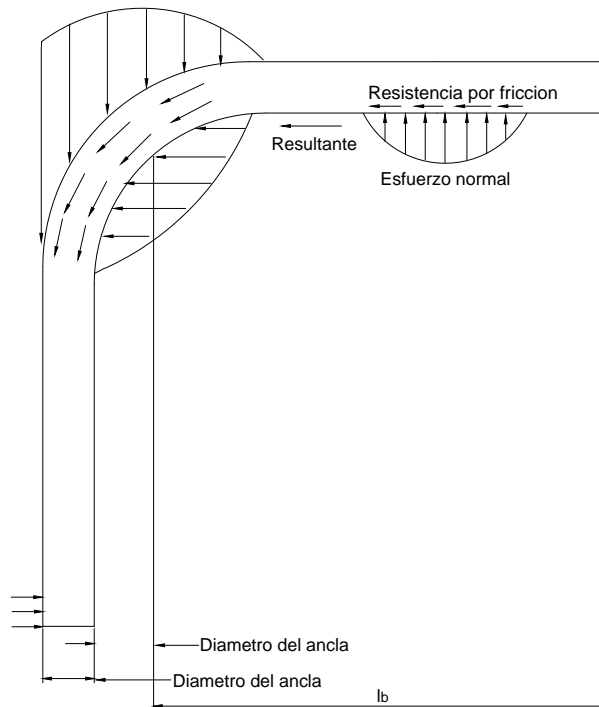


Figura B. 4. Distribución de esfuerzos en anclas dobladas

B.3.1 Área proyectada de la mampostería para barras de anclaje con dobléz

El área proyectada, A_{pt} , en ecuación (B.4) deberá determinarse con la siguiente ecuación.

$$A_{pt} = \pi \cdot l_b^2 \quad (B.7)$$

Donde las áreas proyectadas, A_{pt} , de barras dobladas adyacentes que se traslapan, el área proyectada A_{pt} , de cada barra deberá reducirse por la mitad del área traslapada. La porción del área proyectada traslapada en celdas si colar, aberturas o que quede fuera del muro, deberá deducirse dicha área del valor de A_{pt} calculado con la ecuación B.7.

B.3.2 Longitud embebida efectiva de las barras de anclaje con doblez

La longitud efectiva de una barra doblada, l_b , deberá ser la longitud embebida medida perpendicular desde la cara exterior de la mampostería hasta el doblez de la barra menos un diámetro de barra de anclaje. La longitud embebida mínima para barras con doblez resistiendo fuerzas axiales, deberá ser la mayor de 4 veces el diámetro del ancla o 50mm.

B.4 Resistencia nominal a cortante de pernos de anclaje y barras con doblez

La resistencia nominal a cortante, B_{vn} , deberá calcularse usando las ecuaciones:

Ecuación (B-8) Resistencia gobernada por rompimiento de la mampostería

$$B_{vn} = 3.3 \cdot A_{pv} \overline{f'm} \quad (B.8)$$

Ecuación (B-9) Resistencia gobernada por el acero

$$B_{vn} = 6A_b \cdot f_y \quad (B.9)$$

Al calcular la capacidad, la menor de las resistencias deberá ser usada.

B.4.1 Área proyectada de la mampostería

El área A_{pv} de la ecuación (B-8) deberá determinarse de ecuación B.8.

$$A_{pv} = \frac{\pi \cdot l_{be}^2}{2} \quad (\text{B.10})$$

B.4.2 Longitud embebida efectiva

La longitud efectiva para pernos o barras dobladas resistiendo fuerzas cortantes deberá ser de 4 diámetros o 2 in. (50.8 mm), la mayor de las dos.

B.5. Combinación de resistencia cortante y axial de pernos de anclaje

Pernos o barras de anclaje sujetas a combinación de cortante y tensión deberán diseñarse para satisfacer ecuación B.11.

$$\frac{b_{af}}{\varphi B_{an}} + \frac{b_{vf}}{\varphi B_{vn}} \leq 1 \quad (\text{B.11})$$

φB_{an} y φB_{vn} Usados en ecuación (B-11) deberá gobernar resistencia a tensión y cortante, respectivamente.

C. BIBLIOGRAFÍA.

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2004), Gaceta Oficial del Distrito Federal, 29 de enero de 2004.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004), Gaceta Oficial del Distrito Federal, 6 de octubre de 2004, México D. F.
- Reglamento de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, Requisitos Estructurales (1992).
- ACI 530 (2002). Building Code for Masonry Structures. American Concrete Institute.
- ARMY TM 5-809-3 (1992). Masonry Structural Design for Buildings. Technical Manual, U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS.
- IBC (2009). International Building Code. International Code Council.