AGIES

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica

NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL PARA GUATEMALA

NSE 4

DISEÑO DE PEQUEÑA VIVIENDA

Edición 2024

Normas de Seguridad Estructural para Guatemala
Diseño de Pequeña Vivienda
NSE 4 Edición 2024
Derechos reservados --
© Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES
Proyecto desarrollado por AGIES por medio de la Dirección de Comités Técnicos

La redacción, actualización y discusión de la Edición 2024 de estas normas ha sido posible por los aportes ad-honorem de tiempo de los miembros de los comités técnicos de AGIES y grupos revisores.

Nota de AGIES

Los aportes directos de nuestros patrocinadores se utilizan para diseminación de tecnología por medio de seminarios, mesas técnicas de trabajo, conferencias, cursos cortos, publicaciones colaterales y otros medios de difusión. Los aportes para impresión y publicación se reciben frecuentemente en especie.

La redacción de los documentos, la investigación bibliográfica o de campo y actividades relacionadas con la actualización y/o generación de textos, son aportadas por los miembros de los comités técnicos en su propio tiempo disponible. Ningún directivo de AGIES y ningún miembro de comités técnicos reciben emolumentos por parte de AGIES.

AGIES
Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica
Km 7.5 Carretera Antigua a El Salvador, 215-0 Colonia el Prado
Primer Nivel
Zona 4, Santa Catarina Pinula 01051
Guatemala
Tel. (502) 5493-0807
www.agies.org

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) es una entidad privada no lucrativa, académica, gremial formativa, científica y cultural, que promueve la investigación y divulgación de conocimientos científicos y tecnológicos en el campo de las estructuras, la sismología y áreas afines, así como el mejoramiento de los niveles docentes y profesionales en dichos campos, para el mejor y mayor uso de los recursos materiales y humanos conexos con el mismo. Es una gremial adscrita al Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Las Normas de Seguridad Estructural (NSE) están dirigidas a personas calificadas para comprender el significado y limitaciones de su contenido y sus recomendaciones, quedando bajo la responsabilidad de estas personas el uso de los criterios aquí establecidos. La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica no asume ninguna responsabilidad, ni total, ni parcial, por el uso que se haga del contenido del presente documento y no será responsable de ningún daño, falla o pérdida derivada de la aplicación del mismo.

Los comentarios y sugerencias al presente documento deberán ser dirigidos al Comité Técnico de AGIES. Todas las personas, miembros o no de AGIES, están invitadas a colaborar con el mejoramiento del contenido de este y el resto de los documentos que conforma las Normas de Seguridad Estructural.

NSE 4

DISEÑO DE PEQUEÑA VIVIENDA

Edición 2024

RECONOCIMIENTO

Este documento ha sido elaborado por un comité de ingenieros bajo la supervisión de la Dirección de Comités Técnicos de AGIES.

Director de Comités Técnicos

- Ing. Byron Paiz Aragón

Subdirector de Comités Técnicos

- Ing. Daniel Cruz

Comité Redactor

- Ing. José Antonio Rodas

Instituciones Participantes:

SECRETARÍA EJECUTIVA DE LA COORDINADORA NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES -SE-CONRED-

- Ing. Carlos Beteta

Coordinación

- Ing. Jossué Cuxum Choc
- Ing. Leslie Reynoso Ambrocio

Créditos

- Organización y Diseño: AGIES
- Diagramación: AGIES
- Foto de portada: Ing. Fernando Szasdi Bardales

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1
CRITERIOS, OBJETIVOS Y ALCANCES
1.1 — Introducción
- 1.1.1 — Materiales de construcción
- 1.1.2 — Sistemas y métodos constructivos
- 1.1.3 — Tipología de vivienda
- 1.1.4 — Desarrollo Urbano y regional

1.2 — Objetivos
1.3 — Alcances

CAPÍTULO 2
LINEAMIENTOS PARA LA ESCOGENCIA DEL SITIO DE LA OBRA
2.1 — Introducción
- 2.1.1— Localización de vivienda frente a sismo
- 2.1.2 — Localización de vivienda tomando en cuenta inundación
- 2.1.3 — Localización de vivienda tomando en cuenta licuefacción de suelos
- 2.1.4 — Localización de vivienda tomando en cuenta deslizamientos en laderas
- 2.1.5 — Localización de vivienda tomando en cuenta viento

CAPÍTULO 3
CRITERIOS BASICOS DE CONFIGURACION Y ORIENTACION
3.1 — Introducción
3.2 — Lineamientos básicos
- 3.2.1 — Simplicidad
- 3.2.2 — Simetría
- 3.2.3 — Resistencia
- 3.2.4 — Rigidez
- 3.2.5 — Continuidad

3.3 Aspectos climáticos
3.4 Aberturas en muros

CAPÍTULO 4
ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES
4.1 — Generalidades
4.2 — Cemento
4.3 — Acero
- 4.3.1 — Barras de refuerzo

4.4 — Agregados
4.5 — Concreto hidráulico
- 4.5.1 — Proporcionamiento del concreto

4.5.2 — Dosificación y Mezclado
4.5.3 — Vibrado
4.5.4 — Curado
4.5.5 — Remoción de las formaletas y de la obra falsa
4.6 — Unidades para mampostería
4.6.1 — Bloques de concreto
4.6.2 — Ladrillos de barro cocido
4.7 — Morteros
4.8 — Grout, concreto fluido

CAPÍTULO 5
ESPECIFICACIONES PARA CIMENTACION
5.1 — Generalidades
5.2 — Trabajos preliminares
5.3 — Diseño de cimentación

CAPÍTULO 6
PUNTALES Y ZAPATAS

CAPÍTULO 7
ESPECIFICACIONES PARA MUROS

CAPÍTULO 8
REFUERZO EN MOCHETAS

CAPÍTULO 9
DISEÑO DE VIGAS Y DINTELES

CAPÍTULO 10
LOSAS

CAPÍTULO 11
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

CAPÍTULO 1 — CRITERIOS, OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 — Introducción

1.1.1 El tema de vivienda puede abordarse desde varios puntos de vista. Por ejemplo, se pueden tomar en cuenta los aspectos siguientes:

(a) Materiales de construcción
(b) Sistemas y métodos constructivos
(c) Tipología estructural
(d) Desarrollo urbano y regional

1.1.2 — Materiales de construcción

(a) Son aquellos componentes producidos por la naturaleza o fabricados por el hombre empleados para edificar una vivienda como cemento, acero (en varias formas: barras de refuerzo, pernos, clavos, etc.), arena de río, piedrín, concreto, bloques, ladrillos elaborados de barro cocido; bambú, madera rolliza o aserrada, piedra, láminas de diferentes materiales, y mortero (mezcla de arena, cemento y/o cal) para unir componentes como bloques, ladrillos, piedra, etc.

1.1.3 — Sistemas y métodos constructivos

(a) Se refiere a la forma de combinar los materiales de construcción para producir los diferentes componentes que configuran una edificación: cimentación, que sirve de enlace entre el suelo y estructura, paredes con sus puertas y ventanas, piso, y cubierta.

1.1.4 — Tipología de vivienda

(a) Se refiere a la distribución ordenada de los espacios ambientales como dormitorios, cocina, comedor, sala, y servicios sanitarios. Toma en cuenta aspectos como clima, medio ambiente, condiciones socioeconómicas, culturales, y religiosas, saneamiento y dotación de servicios. Dichos aspectos influyen también en la selección de los materiales de construcción y en el sistema constructivo a emplear.

1.1.5 — Desarrollo urbano y regional

(a) Contempla la planificación y ordenamiento de Infraestructura, de servicios de energía eléctrica, instalaciones sanitarias, para poder hacer frente a las amenazas naturales (terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, etc.), impacto ambiental, planes de emergencia y reconstrucción, evaluación de vulnerabilidad y reducción de la misma a través de reforzamientos.

(b) Algunos de los anteriores aspectos se cubren en esta norma, los demás son tema de otras normas específicas.

1.2 — Objetivos

1.2.2 El diseño y construcción de viviendas debe hacerse con el objetivo general de solucionar las necesidades psico-fisiológicas de los núcleos familiares o personas individuales, quienes requieren una vivienda funcional que les brinde seguridad, tranquilidad, descanso y comodidad.

1.2.3 El objetivo específico del diseño estructural es conservar la vida y seguridad humana, asegurar la continuidad de los servicios vitales y minimizar el daño material que las edificaciones pudieran sufrir ante los efectos del entorno o fenómenos de la naturaleza, como viento, sismo, lluvia, etc.

1.3 — Alcances

1.3.1 Esta norma establece los requisitos para la construcción sismorresistente de viviendas y edificaciones menores de uno y dos pisos, de mampostería reforzada. Estos requisitos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería y la arquitectura que trabajan en la construcción de vivienda.

1.3.2 Estas normas constituyen lineamientos mínimos para obras dedicadas al uso de vivienda de tamaño pequeño, las cuales poseen áreas de construcción entre 50 y 200 m2, pueden ser de 1 o 2 niveles. Para viviendas de mayor de 200 m2 de construcción se deberán cumplir los lineamientos de la norma NSE 7.4.

1.3.3 Estructuras de mayor tamaño, tanto en área como en número de niveles, dedicada a edificaciones de apartamentos, hoteles, albergues, etc. se consideran estructuras que deben sujetarse a lo que indican otras normas de AGIES.

FIN DEL CAPÍTULO 1

CAPITULO 2 — LINEAMIENTOS PARA LA ESCOGENCIA DEL SITIO DE LA OBRA

2.1. — Introducción

2.1.1 El sitio para la vivienda se escogerá tomando en cuenta los fenómenos de sismo, inundación, licuación de suelos, deslizamiento y viento.

2.2. — Localización de vivienda frente a sismo

2.2.1 Se deberá indagar en la localidad respecto de la cercanía de fallas geológicas activas. Se tomará en cuenta la historia, informándose que regiones o sectores han sido zonas epicentrales, o lugares donde se han sentido más fuertes los efectos de los sismos. También puede guiarse con la evidencia superficial y alejarse de los sectores con desplazamientos laterales o verticales; por ejemplo, corrimientos de cercos o surcos de sembradíos, aunque en algunos casos fisuras superficiales del terreno no necesariamente son fallas, más bien podrían ser efectos de deslizamientos de laderas o cabezas de taludes.

2.3 — Localización de vivienda tomando en cuenta inundación

2.3.1 La historia mundial ha mostrado que las planicies de inundación de los ríos y las zonas costeras son un atractivo para el hombre para desarrollar exitosamente actividades agrícolas. Sin embargo, debe evitarse construir viviendas en los lugares cerca de los cauces de los ríos o planicies inundables, para no verse expuesto a una inundación provocada directamente por un fenómeno meteorológico, o bien porque un sismo podría causar un deslizamiento que puede represar el río aguas arriba y dar origen a avalanchas, ubicarse en zonas altas fuera del alcance de la inundación o avalancha. Para ampliar más sobre el tema ver capítulo 12 de la NSE 2.1.

2.3.2 Debe evitarse localizar vivienda cercana a canales de riego o drenaje que puedan azolvarse o rebalsarse.

2.3.3 En zonas costeras deben escogerse aquellas donde existan malecones y/o dunas de arena y darles preferencia a las que no requieran de la implementación de presas, diques, bordas o muros.

2.4 — Localización de vivienda tomando en cuenta licuefacción de suelos

2.4.1 Evitar suelos arenosos cercanos a cuerpos de agua (ríos o costas), porque durante la ocurrencia de un sismo los suelos saturados pierden su capacidad de resistir esfuerzos cortantes volviendo los suelos un “líquido”, provocando que la vivienda sufra asentamientos y hasta se pueda sumergir dentro del suelo licuado mientras dura el sismo. Posteriormente la vivienda ya deformada queda atrapada, haciendo imposible su reparación. Para ampliar más sobre el tema ver capítulo 8 de la NSE 2.1.

2.5 — Localización de vivienda tomando en cuenta deslizamientos en laderas

2.5.1 En terrenos ubicados cerca de montaña y a un nivel inferior, localizar la vivienda lo más retirada posible del talud para evitar los daños causados por un deslizamiento de suelo en sus varias formas: desplome, deslizamiento de roca, flujos de lodo y flujos de escombrera. Para ampliar más sobre el tema ver capítulo 7 de NSE 2.1.

2.5.2 No construir sobre terrenos en ladera porque durante un sismo, esta tierra puede deslizarse y arrastrar la vivienda cuesta abajo. En estas zonas de ladera, construir terrazas y explanadas. No construir en la zona de relleno que se haga, la distancia mínima que debe dejarse entre la vivienda y el relleno será de 6 a 8 m. En su defecto, se utilizará el área de relleno para siembras ya que la tierra esta suave y fácil de arar y plantar. También en la ladera, arriba de la terraza principal se harán terrazas menores para suavizar la caída del agua, debiendo canalizarse dicha agua para no debilitar el área de corte.

2.5.3 Se deberá proteger la ladera con vegetación para evitar la erosión, pues ésta trae como consecuencia la pérdida de la capa vegetal y humus lo cual permite la infiltración. La infiltración de agua pluvial puede llegar a sobresaturar los suelos reduciendo su capacidad soporte y el coeficiente de fricción, hasta llegar a desencadenar un deslizamiento.

2.5.4 En vista que la pendiente juega un papel primordial en los deslizamientos, se recomienda que en laderas con pendientes mayores de 30% no se construya, a menos que se consulte a un ingeniero geotecnista para una solución particular dependiendo de las condiciones propias del lugar.

2.5.5 Lo mejor es construir en terrenos planos o con pendientes no mayores del 20%.

2.5.6 Evitar construir una vivienda en las desembocaduras de cañones o canales provenientes de las montañas, porque comúnmente se producen flujos de lodos en áreas donde las correntías de agua son canalizadas.

2.5.7 En zonas próximas a barrancos o taludes deberá construirse dejando una franja mínima alejada de la cabeza del talud igual a la altura del talud.

2.5.8 En terrenos de cultivo, localizar la vivienda en un lote ubicado a nivel superior, porque así evitará construir en las partes donde se ha acumulado terreno vegetal, el cual tiene poca capacidad de soporte, evitando futuros daños por asentamientos diferenciales.

2.6 — Localización de vivienda tomando en cuenta viento

2.6.1 Evitar construir viviendas en áreas costeras bajas, ya que el viento fuerte puede provocar la elevación de un volumen de agua capaz de provocar inundación. Para ampliar más sobre el tema ver capítulo 5 de NSE 2.

2.6.2 Escoger localizaciones alejadas de árboles de gran tamaño que puedan llegar a ser arrancados por un viento fuerte y golpear la vivienda. La edad de árbol también es un factor que tomar en cuenta en la posibilidad de que el mismo sea arrancado.

FIN DEL CAPÍTULO 2

CAPITULO 3 — CRITERIOS BASICOS DE CONFIGURACION Y ORIENTACION

3.1 — Introducción

3.1.1 En pasados terremotos se ha visto que edificaciones con geometrías irregulares o asimétricas han manifestado un mal comportamiento. La falta de uniformidad ha facilitado que en algunos puntos se presenten intensas concentraciones de fuerzas que han sido difíciles de resistir.

3.1.2 En otros casos, la orientación no es la adecuada, causando insatisfacción de las necesidades de confort ambiental.

3.1.3 Reconociendo que es muy difícil controlar la configuración estructural con un conjunto sencillo de reglas, a continuación, se dan ciertos lineamientos básicos, los cuales no deben considerarse exhaustivos, para que la vulnerabilidad de la vivienda sea lo menor posible. Entendiéndose por vulnerabilidad la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de eventos extremos como sismo o viento.

3.2 — Lineamientos básicos

3.2.1 Las edificaciones deben cumplir con los siguientes lineamientos básicos para poder lograr un comportamiento estructural adecuado: simplicidad, simetría, resistencia, rigidez y continuidad.

3.2.2 — Simplicidad

(a) Se refiere a la distribución equilibrada de los elementos resistentes, tanto en planta como en elevación, sin detrimento de la creatividad artística del arquitecto, diseñador o propietario.

(b) La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación. Las formas complejas, e irregulares causan un mal comportamiento cuando la edificación es sometida a la acción de cargas externas como un sismo o un viento. Debe procurarse que la geometría sea lo más rectangular posible, debiendo el lado largo no ser más de tres veces el lado corto.

(c) Si en caso existiera escalonamiento en elevación, estos pueden ser graduales o abruptos. En el caso de escalonamientos graduales, éstos no podrán ser mayores que el 10% de la dimensión mayor de la edificación en la dirección del escalonamiento. La acumulación total de los escalonamientos no debe

exceder del 25% de la dimensión mayor de la edificación. En el caso de escalonamientos abruptos, la dimensión del mismo no debe exceder el 25% de la dimensión mayor.

(d) Para el caso de desarrollos habitacionales colectivos donde las viviendas son construidas en una primera etapa de un sólo nivel, pero previstas para un segundo nivel en el futuro, deben hacerse en unidades independientes; es decir, no deben hacerse en módulos con paredes medianeras compartidas, porque es posible que se den estos escalonamientos que violen las anteriores especificaciones, debido a que no todos los propietarios harán las ampliaciones en segundo nivel; y si las hicieran, no todas se harán al mismo tiempo.

3.2.3 — Simetría

(a) Se refiere a que todos los elementos resistentes deben estar distribuidos aproximadamente en forma simétrica respecto a por lo menos dos direcciones ortogonales a lo largo de los cuales los elementos resistentes están orientados.

(b) Los entrantes y salientes no deben exceder del 20% de las dimensiones externas de la edificación; y el área del rectángulo que circunscribe los ejes extremos no sea 20% mayor que el área real del piso. En el caso de entrantes o salientes graduales, la acumulación de estos no debe exceder los límites indicados en el párrafo anterior.

3.2.4 — Resistencia

(a) Resistencia significa disponer de elementos con dimensiones y materiales de construcción adecuados para soportar las acciones de las fuerzas a las cuales puede verse expuesta la edificación.

(b) Aunque en algunos casos, no se podrá obtener estructuras totalmente resistentes, tal es el caso de los lugares donde la amenaza sísmica es alta. En este caso en particular, aun cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indiquen las normas, siempre existe la posibilidad de que ocurran sismos aún más fuertes que los que han sido previstos y que deben ser resistidos sin que ocurran colapsos totales o parciales en la edificación, y que no haya pérdidas de vidas ni pérdida total de la propiedad. Es decir, la sismo resistencia será una capacidad que se le proveerá a la edificación con el fin de proteger la vida y los bienes de las personas que la ocupan.

3.2.5 — Rigidez

(a) La rigidez está relacionada con la deformación de la edificación ante la acción de las cargas.

(b) La estructura debe tener suficiente cantidad de elementos para que la deformación lateral no sea excesiva y que pueda causar daño en paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones. Debe buscarse tener en ambas direcciones elementos más largos, aunque pocos.

(c) Se buscará alta rigidez torsional relativa a sus rigideces traslacionales, lo cual requiere ubicar los elementos más rígidos lo más cerca posible del perímetro de la edificación.

3.2.6 — Continuidad

(a) Continuidad significa que los elementos resistentes verticales y horizontales deben poder transmitir en forma directa y siguiendo el camino más corto, las cargas que recolectan desde donde se originan hasta la cimentación y por último al suelo.

(b) Debe haber continuidad vertical de columnas y muros, lo cual significa que no deben existir columnas o muros que no llegan a la base. Cuando la vivienda tenga dos niveles es necesario que los muros que cargan el techo continúen en el primer nivel hasta la cimentación. Si los muros del segundo piso no coinciden exactamente con los muros del primer piso, deben volverse tabiques (no cargar el techo), ser de un material lo más liviano posible y deben estar bien adheridos o conectados y no deben interactuar con la estructura principal. Si no están bien conectados se pueden desprender en caso de un sismo.

(c) Las aberturas en los muros de la vivienda deben estar distribuidas en todos los muros en forma equilibrada.

(d) También las juntas y uniones de los elementos deben asegurarse para que la edificación responda como una unidad.

(e) No debe haber cambios bruscos de sección de elementos, ni tampoco desalineamientos verticales en el plano de columnas y muros.

3.2.7 — Aspectos climáticos

(a) Muchas edificaciones en varias regiones del país han sido estudiadas estableciéndose que satisfacen en forma mínima las necesidades de confort ambiental requeridas por el ser humano. Por ejemplo, en poblaciones de

Quetzaltenango y Totonicapán, la condicionante que menos se satisface en las viviendas es lo que respecta a soleamiento porque las edificaciones se encuentran mal orientadas, carecen de ventanas o si las tienen son pequeñas e insuficientes. Mientras que el aspecto que menos problemas da es la precipitación pluvial.

(b) Las viviendas se deben orientar tal que el sol de las mañanas sea aprovechado en las fachadas del este, y el de las tardes en las fachadas oeste.

(c) Hacer una planificación compacta de las edificaciones, porque las viviendas cercanas entre sí, con la ayuda de árboles frondosos, forman zonas de calma, evitando los vientos fríos del noreste.

(d) En áreas rurales debido a que no se puede lograr la mayor unión entre las viviendas, se recomienda contrarrestar los vientos fríos por medio de la plantación de árboles frondosos alejados de las viviendas para evitar que vientos fuertes arranquen los árboles y golpeen las edificaciones. Esto también podría lograrse ubicando las viviendas en laderas bajas.

(e) El ingreso de polvo a las habitaciones se evita con arbustos y setos cercanos a la vivienda.

(f) Las formas en planta de las edificaciones deberán ser rectangulares, ni muy alargadas ni angostas. El largo no mayor de 3 veces el ancho. Y deberán orientarse este-oeste para permitir el calentamiento limitado de las habitaciones por la acción del sol. Se tratará de exponer el lado más largo a los rayos solares por ciertos períodos del día.

3.2.8 — Aberturas en muros

(a) Se ha encontrado en muchos casos en el país que el área de las ventanas en relación con el área de sus muros es insuficiente. El rango óptimo para aberturas medianas es del 20% al 40% del área de los muros norte-sur. Sin embargo, el sistema constructivo que se emplea en el desarrollo de un proyecto será un condicionante del área de las aberturas, además de la seguridad estructural. El sistema constructivo de ladrillo y bloque permite más área por abertura y más de una abertura en el área total del muro, permitiendo así mejoras en el diseño.

FIN DEL CAPÍTULO 3

CAPITULO — 4 ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES

4.1 Generalidades

4.1.1 Los materiales deben ser de la calidad requerida para garantizar la adecuada resistencia y capacidad de la edificación para absorber los efectos de las cargas externas e internas, y proveer la durabilidad deseada.

4.1.2 Los materiales frágiles, poco resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto, por lo que deben evitarse. Muros de adobe, ladrillo o bloques sin reforzar, o sin vigas ni columnas adecuados, son muy peligrosos, por lo que su empleo no se recomienda.

4.2 Cemento

4.2.1 Debe usarse, un cemento hidráulico especificado por desempeño de acuerdo con la norma NTG 41095 (ASTM C1157) del tipo UGC (Uso general de la construcción) y clase de resistencia de 280 kg/cm^2 (28 MPa) a los 28 días. Para casos especiales, pueden seleccionarse otros tipos de cementos, por ejemplo: Moderada resistencia a sulfatos (MRS) para construcciones cercanas al mar o de moderado calor de hidratación (MCH) para lugares muy calurosos.

4.2.2 El cemento debe estar en su empaque original, fresco y al utilizarse se debe asegurar que conserve sus características de polvo fino sin grumos.

4.2.3 El cemento se debe almacenar en un lugar techado, que proteja al mismo de la lluvia y de la humedad evitando su contacto con paredes o muros que puedan humedecerlo.

4.2.4 En los trabajos pequeños, y en forma temporal, se puede permitir el almacenamiento al aire libre, en cuyo caso debe proporcionarse una plataforma separada del suelo, con amplia cubierta impermeable.

4.2.5 El cemento en sacos, no debe ser apilado durante su transporte o almacenamiento, en pilas de más de 10 sacos de alto.

4.2.6 El cemento no debe almacenarse por un tiempo mayor de dos meses.

4.2.7 No puede usarse, el cemento que se haya dañado por exposición a la humedad, que haya fraguado parcialmente, o que tenga terrones o esté endurecido, y debe ser rechazado el uso del contenido total del saco de cemento

o del recipiente o bulto de este y ser retirado inmediata y definitivamente de la obra. No puede usarse el cemento recogido de los sacos rechazados o usados, o proveniente de la limpieza de estos.

4.3 Acero

Este material se usa en varias formas: barras de refuerzo, pernos, clavos, perfiles estructurales, etc.

4.3.1 Barras de refuerzo

(a) Las barras de refuerzo deben cumplir con la norma NTG 36016. Se prefieren corrugadas porque mejora la adherencia entre el concreto y el acero.

(b) La resistencia del refuerzo deber ser como mínimo 420 MPa (4,200 kg/cm^2 ó grado 60).

(c) El refuerzo denominado localmente como de grado 33 o comercial no debe usarse en vista que no posee ductilidad ni uniformidad y el por alto grado de variabilidad en resistencia, y dimensiones.

(d) Las de barras de 500 MPa (5,000 kg/cm^2 ó grado 70) normalmente se usan en diámetros milimétricos. La disponibilidad de los diámetros dependerá de los fabricantes o importadores, pero usualmente se manejan diámetros desde 3.80 mm hasta 6.41 mm en la versión corrugada.

(e) En algunas situaciones particulares será necesario cambiar de tipo de refuerzo. Para ello deberá tomarse en cuenta el tipo de elemento estructural donde se empleará para obtener los diámetros equivalentes. Por ejemplo, para soleras, mochetas y cimientos, el cambio de refuerzo longitudinal se basará en una equivalencia de fuerzas (multiplicación de áreas por esfuerzos), mientras que para estribos se modificará el espaciamiento acordemente.

(f) No emplear barras usadas anteriormente o rescatadas de escombros, porque pueden tener fallas que debilitan su resistencia.

(g) Se permite cierta cantidad de oxidación en los refuerzos si no está floja o suelta y no hay pérdida apreciable de área transversal.

(h) Antes de vaciar el concreto se debe revisar que el refuerzo esté limpio de óxido ó herrumbe suelta, incrustaciones y escamas, grasa, aceite, rebabas, mortero seco u otro recubrimiento que pueda afectar la adherencia.

(i) El refuerzo debe ser firmemente sostenido durante la colocación y fraguado del concreto. Las barras deben amarrarse en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 300 mm, en el cual se amarrarán las intersecciones alternas.

(j) El alambre usado para amarre debe tener un diámetro de 0.0625 ó 0.0800 pulgadas (1.59 á 2.03 mm), o calibre equivalente. No se permite el soldado de las intersecciones de barras de refuerzo.

(k) Además, la posición del refuerzo dentro de las formaletas debe mantenerse por medio de tirantes, bloques, ataduras, suspensiones y otros soportes aprobados. Los bloques deben ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto deben ser galvanizadas. Las camas de las barras deben separarse por bloques de mortero de cemento u otros medios igualmente adecuados. No es permitido el uso de guijarros, pedazos de piedra o ladrillos quebrados, tubería de metal o bloques de madera. Los estribos verticales deben estar siempre alrededor del refuerzo principal de tensión y adheridos adecuadamente a él.

(l) El empalme de las barras será permitido donde lo indiquen los planos. Hasta donde sea factible, los empalmes en tensión deben localizarse alejados de los puntos de momento máximo o de las zonas de altos esfuerzos de tensión.

(m) En los empalmes de traslape, las barras deben colocarse en contacto entre sí y amarrarse con alambre, de tal manera, que mantengan la alineación de las mismas y su espaciamiento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, con relación a las demás barras y a las superficies del concreto.

(n) Las barras no deben quedar torcidas ni tener curvaturas no especificadas al fundir el concreto.

(o) El acero de refuerzo debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros, bloques u otros soportes de madera u otro material adecuado y debe ser protegido hasta donde sea posible contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

4.4 Agregados

Los agregados constituyen del 60 al 75% del volumen de una mezcla típica de concreto, por lo que sus características influyen mucho en la calidad del concreto.

El término agregados comprende tanto las arenas, gravas naturales como las arenas y piedrines obtenidos por trituración.

4.4.1 La limpieza, estabilidad volumétrica, resistencia, forma y textura de las partículas son importantes. Los agregados se consideran limpios si están libres de arcillas dañinas, limo, mica, esquistos, materia orgánica vegetal, humus, tierra, sales químicas agresivas o reactivas (sulfuros, sílice reactivos con álcalis) y partículas recubiertas.

4.4.2 Las partículas planas y alargadas (longitud mayor que 5 veces el espesor promedio) deben evitarse porque perjudican la trabajabilidad del concreto, resultando mezclas con más arena, cemento y agua. El porcentaje no debe sobrepasar el 15% en peso.

4.4.3 La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.

4.4.4 La grava o piedrín no debe ser friable o desmenuzable ni tener tamaños mayores a 50 mm.

4.4.5 Se deben de evitar agregados que contengan esquistos, materiales suaves o deleznables (friables) ó porosos. La mayoría de los agregados desde la vertiente sur de la cadena montañosa que atraviesa el país hasta el océano pacífico, son de origen volcánico. Muchas de las arenas de ríos y de las llamadas minas, contienen porcentajes elevados de partículas de materiales piroclásticos (pómez) livianos. Además, pueden tener minerales silíceos reactivos con los álcalis del cemento que pueden provocar daño en el concreto (fisuración y rotura). Se recomienda que antes de utilizar los agregados se le realicen ensayos de reactividad potencial álcali-sílice.

4.5 Concreto hidráulico

4.5.1 El concreto hidráulico debe de cumplir con la norma NTG 410068 (ASTM C 94) si es concreto premezclado.

4.5.2 El concreto es una mezcla heterogénea de arena, grava, cemento y agua. En muchas ocasiones con aditivos que modifican sus características para lograr un mejor desempeño.

4.5.3 La economía de usar concreto reside en que tanto la grava o piedrín como la arena y otros agregados están disponibles en forma abundante en casi todas las localidades.

4.5.4 El concreto puede ser de varios tipos, siendo actualmente los más conocidos el concreto de peso normal y el concreto liviano.

4.5.5 La resistencia del concreto depende de muchos factores tales como los materiales, el diseño de la mezcla, el proceso de fundición, y curado. La resistencia que usar es la indicada en los planos autorizados de la obra.

4.5.6 Proporcionamiento del concreto

(a) Las proporciones de los ingredientes del concreto deben establecerse con el objeto de garantizar lo siguiente
   - i El cumplimiento con los requisitos para la evaluación y aceptación del concreto con base en las pruebas de resistencia;
   - ii La trabajabilidad y consistencia adecuada para permitir que el concreto se coloque adecuadamente, dentro de las formaletas y alrededor del refuerzo de acero bajo las condiciones de colocación que van a emplearse, sin segregación o exudación excesivas; y
   - iii La resistencia a aguas o suelos nocivos y otras condiciones hostiles, cuando se requiera.

(b) Las proporciones del concreto pueden establecerse con base en la experiencia de campo con materiales semejantes a los que se emplearán en la obra propuesta, o sobre la base de pruebas de tanteo en el laboratorio.

(c) Las proporciones deben realizarse preferentemente por masa, en un laboratorio reconocido o acreditado o en la planta de concreto premezclado que proveerá el concreto requerido.

(d) Para casos en que no sea posible cumplir con las condiciones del inciso anterior, deberá evaluarse la proporción volumétrica a realizarse en obra con base en el tipo de elemento estructural que se va a construir, las partes se deben medir en el mismo recipiente como balde, cubeta o cajón.

(e) El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales, como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

(f) El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de

abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

4.6.2 Dosificación y Mezclado

El concreto puede ser dosificado en una planta dosificadora con o sin mezclado central y transportado a la obra en camiones mezcladores y/o agitadores. También puede ser mezclado por mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, y para cantidades pequeñas (1/2 m^3 o menos) puede usarse el mezclado manual. Preferentemente y siempre que sea posible debe usarse concreto premezclado.

(a) Dosificadora con o sin planta central de mezclado y transportado en camiones revolvedores (Concreto premezclado) - El concreto debe ser suministrado preferentemente por una planta de concreto premezclado, que cuenta con dosificación por peso con o sin mezcladora central y transportado por camiones mezcladores y/o agitadores.

i. Los camiones mezcladores o agitadores deben ser preferentemente del tipo tambor giratorio, y construidos de tal forma que el mezclado produzca un concreto homogéneo.

ii. El concreto debe ser transportado, descargado, entregado y colocado dentro de hora y media después de que el cemento haya sido puesto en contacto con los agregados en la mezcladora y una hora o menos si se emplea otros medios de transporte desprovisto de agitadores. Es necesario llevar el control de la hora de carga del camión, de la hora de llegada a la obra y de la hora de inicio de la descarga para poder establecer el cumplimiento de lo estipulado.

iii. Cuando existan condiciones de clima cálido, 30°C (85°F) o mayor, de mucho viento u otras que favorezcan el rápido endurecimiento de la mezcla, el límite de tiempo mencionado puede ser reducido a 1 hora si para el transporte se usan camiones agitadores, y a 45 minutos o menos si se emplean otros medios de transporte desprovistos de agitadores.

(b) Mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra

i. El contenido de la mezcladora debe ser totalmente vaciado del tambor, previamente a la colocación de la carga siguiente. El interior del tambor y la canaleta de descarga, deben mantenerse libres de acumulaciones de mezclas y lavarse con mucho

cuidado inmediatamente después y antes de cada fundición o cuando se interrumpa por más de 45 minutos la fundición.

ii. Cada carga se debe introducir en tal forma dentro del tambor que parte del agua entre en el mismo antes del cemento y del agregado y continúe fluyendo dentro del tambor cuando menos durante 5 segundos después de que todo el cemento y los agregados estén en él. El agua debe quedar vertida totalmente dentro del tambor dentro de la primera cuarta parte del tiempo especificado de mezcla.

iii. Para mezcladoras estacionarias no mayores de una capacidad de 3 m3, el tiempo total de mezclado debe ser no menor de 1 ½ minutos. Por cada 0.76 m3 adicional de capacidad, el tiempo puede incrementarse en ¼ de minuto, y se debe continuar hasta lograr un concreto de consistencia uniforme y apariencia satisfactoria. En todo caso, el tiempo máximo de mezclado no debe sobrepasar de cinco minutos, a fin de evitar la fragmentación y la segregación del agregado.

iv. El tiempo de mezclado será medido desde el momento en que los agregados y el cemento estén dentro del tambor y éste empiece a girar. El mezclado del concreto debe iniciarse dentro de los 30 minutos a partir del momento en el que el cemento entre en contacto con los agregados.

v. Si los agregados están muy húmedos o la temperatura ambiente es mayor de 30°C (85°F) o existen otras condiciones que favorezcan el rápido endurecimiento de la mezcla, este tiempo debe reducirse en 15 minutos.

(c) Mezclado Manual

i. El mezclado manual debe hacerse en amasadas (bacheadas) no mayores de ½ m3. La cantidad de agregado debe ser medida en cajones apropiados. La mezcla debe hacerse sobre una plataforma lisa e impermeable. La arena y el cemento deben de mezclar cuidadosamente por medio de palas mientras estén secos, hasta que la mezcla tenga un color uniforme, después de lo cual se forma un cráter agregando el agua en la cantidad necesaria para obtener un mortero de adecuada consistencia. El material de la parte exterior del anillo del cráter se palea entonces hacía el centro y se da vueltas a toda la masa

cortándola en secciones hasta que se logre una consistencia uniforme.

ii. Se humedece completamente el agregado grueso y se añade al mortero dando vueltas y revolviendo toda la masa por lo menos 6 veces hasta que todas las partículas de piedra estén cubiertas de mortero y la mezcla sea de un color y una apariencia uniformes. Las cargas mezcladas a mano no deben usarse para concreto colocado debajo del agua.

iii. Cuando se realice una mezcla de concreto, realizar la prueba de la bola. Esta consiste en formar una bola con la mezcla. Si no la puede formar pues se le desmorona es porque le falta agua o arena. Si se le escurre en las manos, se pasó de agua. Si logra formarla, es que la mezcla es adecuada.

(d) Manejo y colocación del concreto

i. Todo el concreto debe ser colocado en horas del día y su colocación en cualquier parte de la obra no debe iniciarse si no puede completarse en dichas condiciones, a menos que se disponga de un adecuado sistema de iluminación.

ii. Previamente a la colocación del concreto, debe limpiarse el interior de las formaletas, de aserrín, viruta, basuras y otras materias extrañas.

iii. Cuando sea necesario, las formaletas de madera, las superficies de cimentación, y otras superficies que absorban la humedad, se deben mojar antes de colocar el concreto.

iv. No se debe exponer el concreto a la acción del agua antes del fraguado final. El concreto no debe exponerse durante su colocación o después de la misma a la acción de aguas o suelos que contengan sales alcalinas, hasta pasado un período de por lo menos 3 días, o de agua salada por un período de por lo menos 7 días.

v. Para el manejo del concreto desde la mezcladora hasta la colocación del mismo en su sitio final, deben usarse solamente aquellos métodos y equipo que reduzcan a un mínimo la segregación, separación o pérdida de materiales, y aseguren el suministro de un concreto homogéneo y digno de confianza bajo todas las condiciones y procedimientos de colocación.

vi. Donde las operaciones de colocación del concreto impliquen verterlo directamente desde una altura de más de 2.0 m., se debe depositar a través de tubos de lámina metálica u otro dispositivo aprobado.

vii. El concreto debe colocarse tan cerca de su posición final como sea posible. No debe depositarse una gran cantidad de él en un determinado punto, para luego extenderlo o manipularlo a lo largo de las formaletas.

viii. El concreto debe, durante y después de ser depositado, consolidarse completamente manipulándolo continuamente con una herramienta adecuada, o vibrándolo como se establece más adelante. Donde no se usen vibradores, todas las partes angostas deben ser bien paleteadas y el mortero emparejado en la superficie, por el manejo continuo de un implemento para trabajar el concreto.

ix. En todos los casos en que sea difícil colocar el concreto junto a las formaletas debido a las obstrucciones producidas por el acero de refuerzo, o por cualquier otra condición, debe procurarse el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de las formaletas, utilizando vibradores internos o vibradores de formaleta.

x. El concreto se debe colocar en capas horizontales continuas cuyo espesor no exceda generalmente de 300 mm. Cuando por razones de emergencia sea necesario colocar menos de una capa horizontal completa en una sola operación, dicha capa debe terminar en una sección vertical. En cualquiera de las capas, las descargas deben sucederse una tras otra, debiendo cada una de ellas colocarse y compactarse, antes de que la precedente haya alcanzado el fraguado inicial, para que no quede una separación entre las mismas. Cada capa de concreto se debe dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. La capa superior colocada antes de que la inferior haya fraguado debe compactarse en forma tal, que evite la formación de una junta de construcción entre ambas.

xi. Las capas que se completen en un día de trabajo o que hayan sido colocadas poco antes de interrumpir temporalmente las operaciones, se deben limpiar de toda la lechada o de cualquier otro material objetable tan pronto como las superficies sean lo

suficientemente firmes para retener su forma. Para evitar las uniones visibles en las caras expuestas hasta donde sea posible, se les debe dar un acabado adecuado.

xii. El método y manera de colocación del concreto se regulará en tal forma que todas las juntas de construcción se coloquen en las zonas de bajo esfuerzo cortante y en lo posible en sitios que no sean visibles.

xiii. La colocación del concreto por bombeo puede ser permitida dependiendo de la adaptabilidad del método a usarse en la obra. El equipo debe disponerse en una forma tal que las vibraciones derivadas de su operación no dañen el concreto fresco, recién colocado.

xiv. Al emplear bombeo mecánico, la operación de la bomba debe ser tal, que se produzca una corriente continua de concreto sin bolsas de aire. Cuando se terminen las operaciones de bombeo, en caso de que se vaya a usar el concreto que quede en las tuberías, éste se debe expeler de tal manera que no se contamine o que se separen los agregados.

xv. Al emplearse bombeo neumático, el equipo de bombeo debe colocarse lo más cerca posible del depósito de concreto. Las líneas de descarga deben ser horizontales o inclinadas hacia arriba respecto a la máquina de bombeo.

xvi. El concreto para las columnas debe colocarse en una operación continua. Debe dejarse que el concreto haya endurecido por lo menos 24 horas, antes de apoyar sobre ellas las vigas o losas.

xvii. El concreto de las vigas debe ser colocado en una sola operación, depositándolo uniformemente en capas horizontales a todo el largo de la viga.

xviii. Antes de colocar cualquier concreto para las losas se debe tener a mano una regla niveladora y herramientas de acabado aprobadas, para nivelar la superficie de la losa hasta obtener el nivel deseado.

xix. El concreto debe colocarse en franjas o capas como lo indiquen los planos y en su espesor total. El ancho de dichas franjas o capas será tal que el concreto de cualquiera de ellas no alcance

su fraguado inicial antes de que se efectúe la fundición de la siguiente. Al efectuar el trabajo, el concreto puede ser transportado en carretillas sobre la losa ya fundida, siempre que se usen tablones para distribuir la carga sobre las vigas.

(e) Reablandamiento del concreto- No se debe de hacer ningún reablandamiento del concreto, agregándole más agua o por otros medios

4.6.3 Vibrado

(a) El vibrado se debe hacer para consolidar el concreto, eliminar las burbujas de aire en el concreto y evitar futuras “ratoneras” o vacíos en los elementos estructurales que debilitan su resistencia, rigidez y continuidad.

(b) Una forma de consolidar el concreto es el vibrado manual de este. Una vez colocado, se introduce repetidamente una barra lisa y recta No.5 (16 mm) que tenga una punta redondeada con el fin de llenar todos los espacios vacíos que puedan quedar, en el concreto recién colocado.

(c) A menos que se especifique de otra manera, todo el concreto debe ser consolidado usando para el efecto vibradores mecánicos, de tipo interno. Para fundiciones delgadas, donde las formaletas estén especialmente diseñadas para resistir la vibración, se pueden usar vibradores exteriores de formaleta. Para vibrar secciones delgadas fuertemente reforzadas, el constructor debe usar cabezas de un tamaño que permita la apropiada vibración del concreto sin causar desperfectos o molestias al acero de refuerzo, a las formaletas, ni al concreto adyacente ya endurecido.

(d) La vibración debe ser de una intensidad y duración suficientes para producir la plasticidad y la adecuada consolidación del concreto, pero no debe extremarse hasta causar la segregación de los materiales. La intensidad de la vibración será tal que afecte visiblemente una masa de concreto de revenimiento o asentamiento de 25 mm en un radio de por lo menos 450 mm.

(e) Las vibraciones se deben aplicar en el punto de descarga y donde haya concreto depositado poco antes. Los vibradores no deben empujarse rápidamente sino que se les permitirá que ellos mismos se abran camino dentro de la masa de concreto y se retirarán lentamente para evitar la formación de cavidades.

(f) Los vibradores deben insertarse verticalmente, atravesar la capa que se está consolidando y penetrar unos centímetros en la capa colocada anteriormente, la que debe estar en estado plástico, a intervalos sistemáticos de tal manera que se logre una compactación adecuada. Los

puntos de aplicación deben espaciarse uniformemente a distancias no mayores del doble del radio de vibración efectiva de los vibradores.

(g) La vibración debe ser tal que no se transmita por el refuerzo a secciones o capas de concreto que hayan endurecido a tal grado que el concreto no pueda volverse plástico por su revibración, y tampoco debe usarse como medio para transportar el concreto a lo largo de las formaletas ni para desplazar el mismo a distancias tales que causen su segregación.

(h) Con el fin de obtener un concreto debidamente consolidado carente de cavidades, burbujas y similares, la vibración debe ser complementada por la compactación manual que sea necesaria a lo largo de las superficies de las formaletas y en las esquinas y puntos donde sea difícil obtener una vibración adecuada.

4.6.4 Curado

(a) El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y una temperatura adecuada en el concreto recién fundido, para que este desarrolle las propiedades para las cuales fue diseñado. La resistencia y la durabilidad del concreto se desarrollarán plenamente sólo si se cura de manera adecuada. Todas las superficies de concreto deben mantenerse húmedas por un período no menor de siete (7) días, después de haber sido colocado el concreto. Durante ese tiempo se debe proteger el concreto del viento y del sol y debe mantenerse tan húmedo como sea posible especialmente los tres (3) primeros días.

(b) Inmediatamente después del retiro de las formaletas y la terminación del acabado de las superficies, el concreto puede ser curado por alguno de los métodos indicados a continuación. Si las formaletas de madera deben permanecer en su sitio por el período de curado, deben mantenerse húmedas todo ese tiempo. Deben tomarse las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra las altas temperaturas y los vientos que puedan causar un secado prematuro y la formación de agrietamientos superficiales. En caso necesario deben colocarse cortinas protectoras contra el viento hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para recibir una cubierta o tratamiento de curado.

(c) Métodos de Curado con Agua

i. Las losas de concreto pueden ser cubiertas por:

- Tierra o arena mojada de un espesor mínimo de 50 mm.
- Lámina de agua, mantenida a un nivel tal que la superficie de la losa quede completamente sumergida durante todo el período de curado.

- Cubiertas apropiadas, como esterillas de algodón o brines empapados, membranas de polietileno, papel impermeable u otras cubiertas.

ii. Todas las otras superficies de concreto pueden ser mantenidas húmedas, mediante el uso de cubiertas apropiadas como las indicadas en el párrafo anterior o por medio de rociado o riego continuo de agua. Para aquellas áreas que deban ser acabadas por frotado, podrá quitárseles las cubiertas provisionalmente para permitir el acabado, debiendo las mismas ser repuestas tan pronto como sea posible.

(d) Compuesto líquido para curado

i. A todas las superficies se les debe dar el acabado superficial exigido antes de la aplicación del compuesto líquido para curado. Durante el período de curado, el concreto debe ser protegido por cubiertas húmedas o por rociado continuo. El compuesto líquido para curado debe ser de una consistencia apropiada para regarlos a las temperaturas existentes durante la construcción y formar una película continua y uniforme. Debe estar libre de materias en suspensión causadas por las condiciones de almacenamiento o temperatura, ser relativamente antitóxico y de tal naturaleza que no reaccione con el concreto.

ii. Además, si es del tipo transparente o traslúcido debe contener una tintura temporal para ayudar a obtener una cobertura uniforme. El color debe permanecer visible por lo menos 4 horas, al cabo de las cuales se esfumará dejando la superficie del concreto libre de cualquier cambio pronunciado de color, salvo un ligero oscurecimiento y carente de decoloración objetable.

iii. El compuesto líquido debe aplicarse por medio de un equipo de rociado o regado a la velocidad indicada por el fabricante, pero no menor de 1,000 c.c. (1 litro) por cada 3.60 m^2 (1 galón para cada 150 pies cuadrados) de superficie de concreto. Todo el concreto curado por este método debe recibir 2 aplicaciones del compuesto líquido para curado. La primera capa debe aplicarse después del retiro de la formaleta y haber sido acabado el concreto. Si la superficie está seca, debe mojarse completamente con agua, aplicando el compuesto líquido de curado cuando desaparezca de la superficie la película de agua. La segunda aplicación se hace después de que haya secado y fraguado la primera capa, y en sentido perpendicular a la primera capa.

iv. Las capas de curado deben mantenerse protegidas contra daños por lluvia u otra forma por un período no menor de 10 días. Si no puede evitarse que se produzcan daños, debe exigirse la aplicación del curado con agua.

Durante el tiempo caluroso, las superficies de concreto deben conservarse húmedas por curado continuo con agua por un período no menor de 24 horas, inmediatamente después del acabado de estas. Después de este período puede aplicarse compuesto líquido para curado (preferiblemente con pigmento blanco) o continuar con el curado con agua. Para temperaturas ambientales mayores de 32° C y vientos secos, es recomendable suspender el uso del compuesto líquido de curado y utilizar el método de curado con agua.

4.6.5 Remoción de las formaletas y de la obra falsa

(a) El tiempo de remoción de las formaletas y obra falsa está condicionado por el tipo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Si las operaciones de campo no están controladas por ensayos de especímenes de concreto, el siguiente cuadro puede usarse como guía para el tiempo mínimo requerido antes de remoción de las formaletas y de la obra falsa.

Tabla 4.6.5 Tiempo para remoción de formaleta

Tipo de elemento	Tiempo para remoción de formaleta
Vigas con luces de 3,000 mm o menos	10 a 14 días
Vigas con luces mayores de 3,000 mm	14 a 21 días
Losas	7 a 14 días
Muros	12 a 24 horas
Columnas	1 a 7 días
Lados y vigas y todas las demás partes	12 a 24 horas

(b) La remoción de formaletas y soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

4.7 Unidades para mampostería

4.7.1 Se entiende como mampostería el sistema constructivo por medio del cual unidades formadas o moldeadas, por lo general lo suficiente pequeñas para que una sola persona los manipule, se adhieren con mortero para formar paredes o muros.

4.7.2 Las unidades de mayor uso en nuestro medio son los bloques de concreto y los ladrillos de barro cocido. Aunque también se usa la piedra.

4.7.3 Las formas de las unidades pueden variar según la región, pero en general pueden tenerse unidades sólidas y unidades perforadas.

4.7.4 Las unidades sólidas pueden tener hasta un 25% de huecos en cualquier sección, y la distancia mínima que debe existir entre los huecos y el borde de la pieza debe ser de 20 mm.

4.7.5 Las unidades perforadas pueden tener hasta un 65% de vacíos, medidos en un plano paralelo al plano sobre el cual se sienta. Las celdas que se usen para colocar barras de refuerzo no pueden tener ninguna dimensión menor de 50 mm ni áreas menores de 30.0 cm^2. La pared entre celdas debe tener un espesor mayor que 13 mm y la pared exterior debe tener un espesor mayor o igual a 25 mm.

4.7.6 Los ladrillos de barro cocido deben colocarse totalmente humedecidos con agua; por el contrario, los bloques de concreto deben colocarse totalmente secos.

4.7.7 Bloques de concreto

(a) Los bloques son hechos de una mezcla de cemento hidráulico y arena de río o arena pómez, y algunas veces otros constituyentes (aditivos para inclusión de aire, pigmentos para coloración, impermeabilizantes, etc.) Deben cumplir con la norma NTG 41054 y NTG 41055.

(b) Los tamaños más comunes son de 150 ó 200 mm de ancho por 400 mm de largo por 200 mm de alto, o bien de 140 ó 190 mm de ancho por 390 mm de largo por 190 mm de alto. Existen unidades enteras, esquineros, mitades y soleras. Recientemente han aparecido bloques con dimensiones

similares a los ladrillos. Por ejemplo, de 140 mm de ancho por 290 mm de largo y 90 mm de alto.

(c) Los bloques de 90 ó 100 mm de ancho no podrán usarse para propósitos estructurales, sólo podrán emplearse para tabiques o muros divisorios que no soportan carga vertical ni lateral, excepto su propio peso.

4.8 Morteros

4.8.1 Son los materiales que sirven de liga entre las unidades de mampostería. Deben cumplir con la norma COGUANOR NTG 41050. Los espesores para las juntas verticales y horizontales varían entre 7 mm a 13 mm, siendo el promedio ideal del orden de 10 mm.

4.8.2 Los morteros funcionalmente también sirven de sello contra la penetración de aire y humedad.

4.8.3 Los principales componentes de un mortero son cemento, cal, arena y agua. El cemento le da al mortero resistencia y durabilidad y la cal mejora sus propiedades de adherencia.

4.8.4 La cal no reemplaza el cemento, pero le da trabajabilidad, mayor retención de agua y elasticidad, y plasticidad, permitiéndole al albañil distribuir uniformemente el mortero y llenar completamente las uniones, mejorando la productividad y calidad. La calidad del flujo plástico de la cal ayuda al mortero a rellenar las cavidades y poros en las unidades de mampostería creando una adhesión física fuerte. La cal permite también mantener la humedad por mayor tiempo, resistiendo la absorción del agua por las unidades. En términos generales la cal es un elemento fundamental para un buen mortero.

4.8.5 La arena actúa como relleno y contribuye a la economía y a la resistencia. Debe estar bien graduada y estar limpia. Las arcillas y substancias orgánicas reducen la resistencia del mortero y pueden causar manchas en la mezcla. Una arena con partículas muy grandes causa vacíos entre las partículas, lo que resulta en una mezcla con poca trabajabilidad y mucha permeabilidad. Por el otro lado, si la arena es muy fina, resulta una mezcla más débil y porosa, requiriendo más cantidad de cemento para cubrir completamente todas las partículas.

4.8.6 El agua le da plasticidad a la mezcla.

4.8.7 La cantidad de agua que debe agregarse debe ser la suficiente para llevar la mezcla a un estado plástico que le permita al albañil alinear y nivelar las unidades sin romper la adhesión.

4.8.8 Agregarle agua a las mezclas para compensar el agua perdida por evaporación es una práctica aceptada en la construcción de mampostería. El mortero empieza a endurecer a las 2.5 horas después del mezclado original. Después de ese tiempo, agregarle agua puede causar una baja en la resistencia en un 25%.

4.8.9 Usualmente valores altos de resistencia de los morteros se sacrifican para mejorar sus otras características. Es decir, muchas veces hay otros incentivos más que los económicos para emplear morteros menos resistentes. Un mortero muy duro y fuerte puede restringir las expansiones y resultar en rajaduras en los muros.

4.9 Grout, concreto fluido

4.9.1 Es una mezcla de cemento, arena, grava fina y la cantidad de agua necesaria para proporcionar una mezcla fluida, que permita su colocación dentro de las celdas de la mampostería alrededor del acero de refuerzo. Se fundirá en alturas de aproximadamente 1,000 mm compactándolo al momento de verterlo y recompactándolo minutos después al ser absorbida una parte del agua. El revenimiento estará entre 127 y 254 mm.

4.9.2 Según el tamaño nominal máximo de los agregados, el “grout” se clasifica como fino o grueso.

4.9.3 Grout fino: Este tipo de grout se utilizará cuando el espacio para el vaciado sea pequeño, angosto o congestionado con refuerzo. Entre el acero de refuerzo y la unidad de mampostería deberá existir un espacio libre mínimo de 6.5 mm. La proporción por volumen deberá ser de 1 parte de cemento, hasta 1/10 de volumen de cal, 2 a 3 volúmenes de arena de río; si hay piedrín de ¼” podrá agregarse 1 volumen.

4.9.4 Grout grueso: Este tipo de grout se utilizará cuando el espacio entre el acero de refuerzo y la unidad de mampostería sea por lo menos 13 mm o cuando las dimensiones de la celda en la unidad sean de 38 mm de ancho y 75 mm de largo o mayores. La proporción por volumen deberá ser de 1 parte de cemento, hasta 1/10 de volumen de cal, 2 a 3 volúmenes de arena de río y 1 a 2 volúmenes de grava fina o piedrín de 1/4” a 3/8”.

4.9.5 El grout debe tener una resistencia mínima, a los 28 días, de 1.2 veces el f’m y máxima de 1.5 veces el f’m de la mampostería que se está inyectando.

4.9.6 Para el control de la resistencia del grout, se deberá practicar ensayos de compresión no confinada sobre muestras preparadas con materiales, mano de obra y las condiciones de trabajo que se asemejen al proceso real de construcción. La muestra se deberá preparar en un molde compuesto por cuatro unidades de mampostería a manera de formar un espacio de 800 mm^2 a 1,000 mm^2. Previo al vaciado del grout en ese espacio, se deberán forrar las paredes con un material que evite la adhesión de la muestra a las unidades del molde, pero con características que permitan la absorción del agua en exceso; transcurridas 48 horas la muestra se deberá retirar del molde y trasladarse al laboratorio para su curado y ensayo. La muestra de ensayo deberá tener una relación alto/ancho igual a 2; la edad de referencia para el ensayo de estas será a los 28 días.

4.9.7 Al colocar las unidades de mampostería, deberá tenerse cuidado y evitar que el mortero forme rebabas internas en los espacios que se van a lechar o que la misma caiga hacia adentro de los espacios. Se recomienda que el mortero en exceso sea untado por adentro en lugar de tratar de extraerlo con la cuchara.

FIN DEL CAPÍTULO 4

CAPITULO 5 ESPECIFICACIONES PARA CIMENTACION

5.1 — Generalidades

5.1.1 La cimentación debe ser capaz de trasmitir con seguridad el peso de la vivienda al suelo. También es deseable que el material del suelo sea duro y resistente. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo, por lo que no se permite la construcción de viviendas en este tipo de suelo.

5.1.2 El sistema de cimentación debe conformar cuadros o anillos cerrados coincidentes con las habitaciones o ambientes, en cuyo caso el lado mayor no sobrepase los 10.0 m. Esto con el fin de que las cargas se distribuyan lo más uniformemente posible sobre el suelo y para lograr que la vivienda sea sólida y monolítica cuando un sismo actúe sobre ella.

5.1.3 Cuando para la obtención de la licencia de construcción no se exija estudio de suelos, o cuando dicho proceso no esté implementado en el área de la construcción, deben cumplirse los siguientes requisitos mínimos:

5.2 — Trabajos preliminares

5.2.1 Inicialmente se debe adecuar el terreno, limpiando toda la vegetación, basuras y escombros. Se debe desplantar o eliminar la capa vegetal que generalmente es de 300 mm de espesor (maleza, raíces, árboles) hasta encontrar suelo firme.

5.2.2 Hacer la plataforma de acuerdo con el alineamiento del lote, y pasar niveles con manguera. Es necesario nivelar o emparejar el terreno haciendo excavaciones y rellenos hasta que el terreno quede parejo.

5.2.3 Se debe apisonar, humedecer y golpear con un mazo de 250 mm el terreno hasta volverlo firme y duro.

5.2.4 El trazo, es decir el pasar las medidas del plano al lote en tamaño real, debe realizarse teniendo en cuenta que es necesario: revisar la ubicación de los linderos, marcar los cruces de los muros o sus ejes, ubicar los caballetes de replanteo, y definir el ancho de la excavación para los cimientos. Colocar hilos para que sirvan de guías, y trazar con cal en polvo las áreas para excavación.

5.2.5 Asegurar la verticalidad de la excavación cortando con barreta. Cuando se presenten terrenos sueltos, entibar para evitar el derrumbamiento de las paredes de la excavación. El piso de la excavación debe quedar totalmente horizontal, a nivel y compacto.

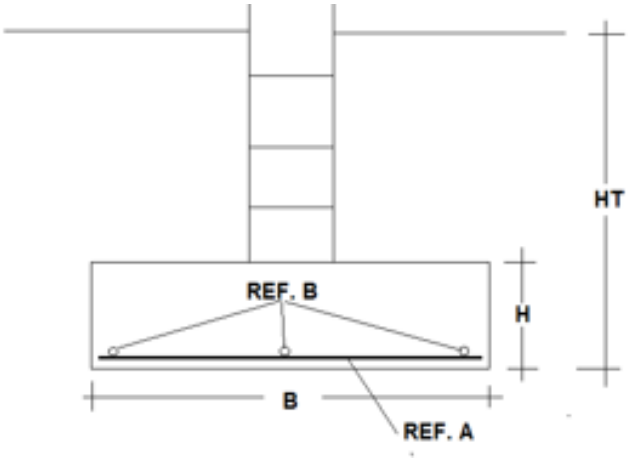
5.3 – Diseño de Cimentaciones

5.3.1 Cimientos corridos concéntricos — Se presentan distintos tipo de cimientos corridos concéntricos, para los cuales se debe utilizar cómo mínimo concreto f'c=3000 psi y Fy=60000 psi.

Tabla 5.3.1 - Tipos de cimientos corridos concéntricos

Tipo	H (m)	B (m)	HT (m)	REF A	REF B
CC-1	0.2	0.3	0.8	No.3@0.20m	3 No. 3
CC-2	0.2	0.4	0.8	No.3@0.20m	3 No. 3
CC-3	0.2	0.5	0.8	No.3@0.20m	3 No. 3
CC-4	0.2	0.6	0.8	No.3@0.20m	4 No. 3

Figura 5.3.1 — Esquema de referencia sobre dimensiones y armado de cimiento corrido concéntrico.



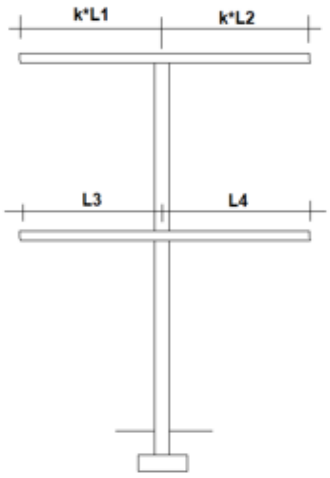
(a) Determinación del ancho tributario que le corresponde al cimiento:

$$Ancho\ Tributario = (k * L1) + (k * L2) + L3 + L4$$ (ecuación 5.3.1)

Donde:

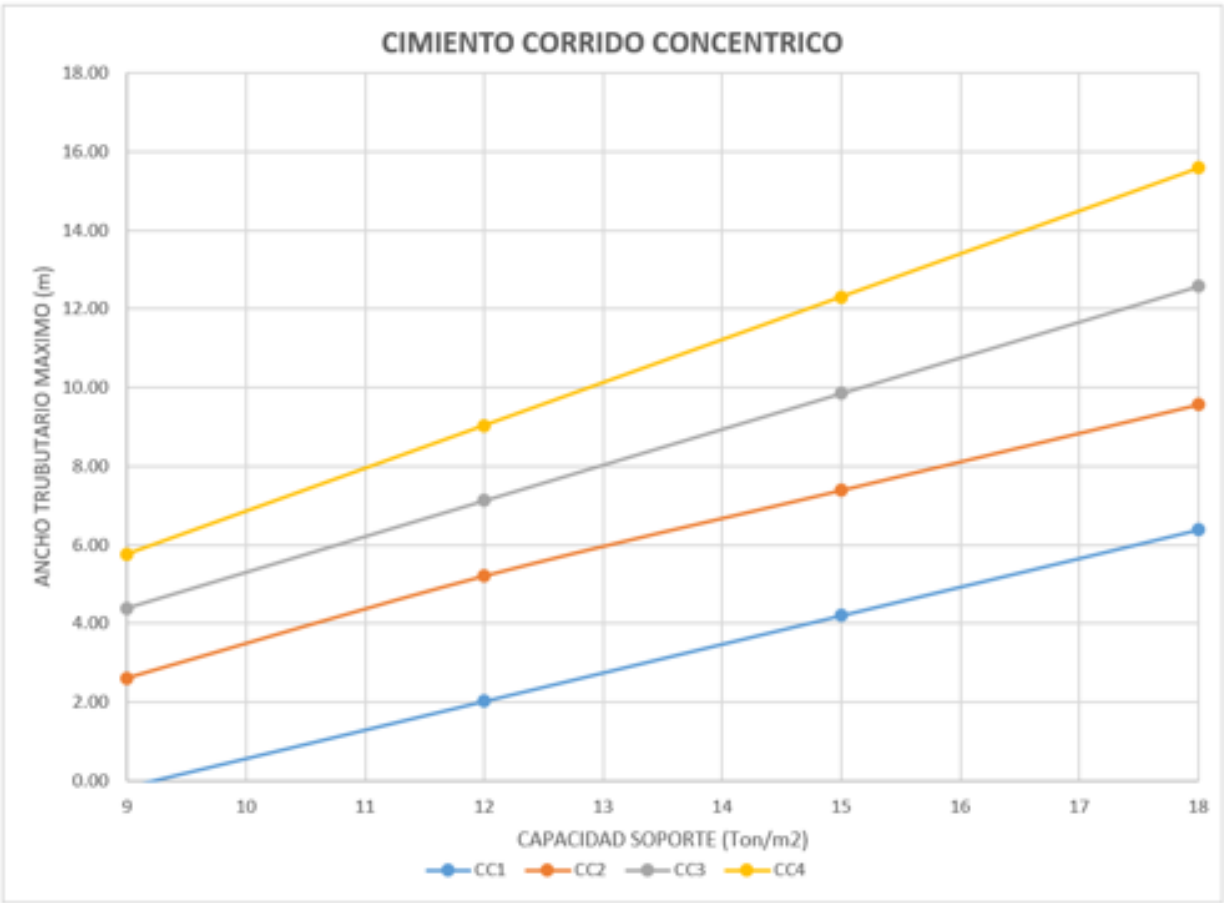
k = 1 para losas de concreto
k = 0.4 para techos de lámina
Longitudes en metros

Figura 5.3.1 (a)— Esquema de referencia para el cálculo del ancho tributario.



(b) Determinación del ancho tributario máximo soportado por tipos de cimiento:

Figura 5.3.1 (b)— Gráfico para determinar el ancho tributario máximo



(c) Por lo tanto, para escoger un tipo de cimiento concéntrico se debe cumplir:

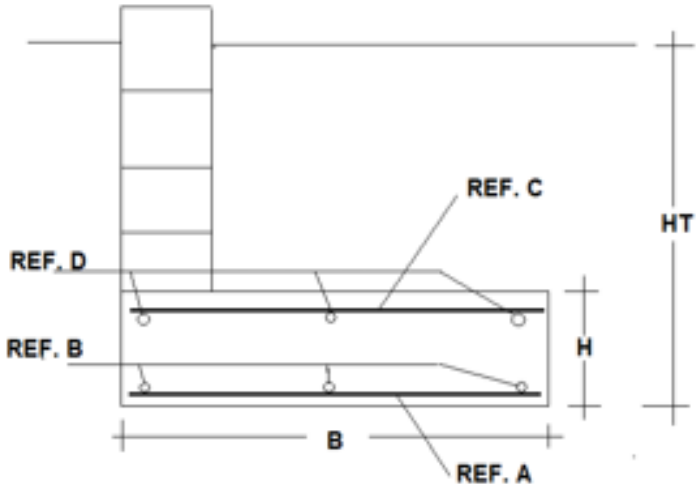
$$Ancho\ Tributario\ < Ancho\ Tributario\ Máximo$$

5.3.2 Cimientos corridos excéntricos — Se presentan distintos tipos de cimientos corridos excéntricos, para los cuales se debe utilizar cómo mínimo concreto f'c=3000 psi y Fy=60000 psi.

Tabla 5.3.2 - Tipos de cimientos corridos excéntricos

Tipo	H (m)	B (m)	HT(m)	REF A	REF B	REF C	REF D
CC-1	0.2	0.3	0.8	No.3@0.20m	3 No. 3	No.3@0.20m	3No.3
CC-2	0.2	0.4	0.8	No.3@0.20m	3 No. 3	No.3@0.20m	3No.3
CC-3	0.2	0.5	0.8	No.3@0.20m	3 No. 3	No.3@0.20m	3No.3
CC-4	0.2	0.6	0.8	No.3@0.20m	4 No. 3	No.3@0.20m	4No.3

Figura 5.3.2 — Esquema de referencia sobre dimensiones y armado de cimiento corrido excéntrico.



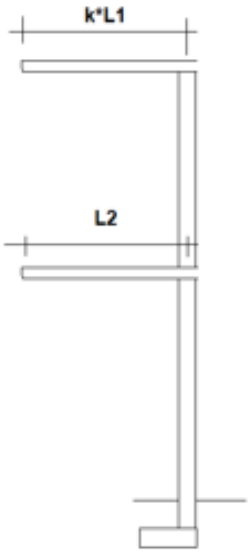
(a) Determinación del ancho tributario que le corresponde al cimiento:

$$Ancho\ Tributario = (k * L1) + L2 \text{ (ecuación 5.3.2)}$$

Donde:

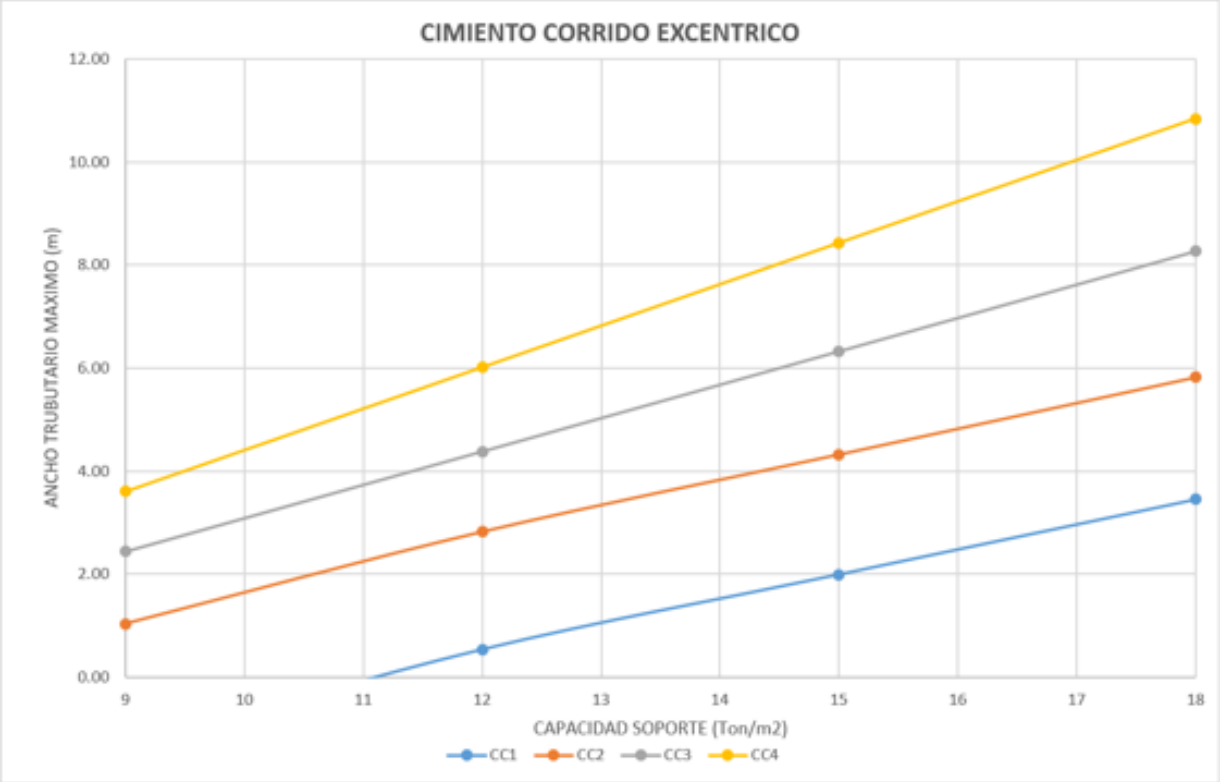
k = 1 para losas de concreto
k = 0.6 para techos de lámina
Longitudes en metros

Figura 5.3.2 (a)— Esquema de referencia para el cálculo del ancho tributario



(b) Determinación del ancho tributario máximo soportado por tipos de cimiento.

Figura 5.3.2 (b)— Gráfico para determinar el ancho tributario máximo



(c) Por lo tanto, para escoger un tipo de cimiento excéntrico se debe cumplir:

$$Ancho\ Tributario\ < Ancho\ Tributario\ Máximo$$

FIN DEL CAPÍTULO 5

CAPITULO 6 PUNTALES Y ZAPATAS

6.1 — Introducción

6.1.1 Los puntales son elementos que únicamente trabajan a carga axial, por lo que las cargas laterales son resistidas por los muros de mampostería.

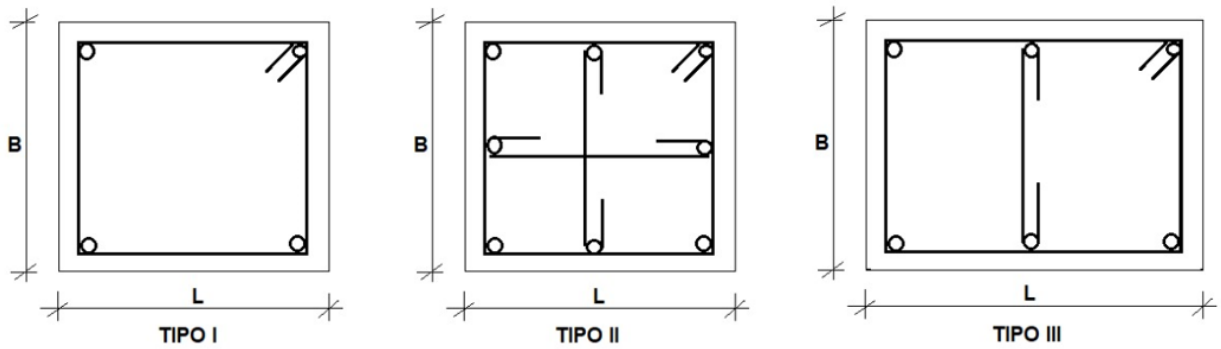
6.2 — Puntales

6.2.1 Se presentan los diferentes tipos de puntales o columnas aisladas que se podrán utilizar en la vivienda, para concreto f'c mínimo = 3000 psi y Fy mínimo = 60000 psi.

Tabla 6.2.1 - Tipos de puntales

Puntal	B	L	Tipo	REF VERT	Estribo	Área Tributaria Máxima (m^2)
C-1	0.20	0.25	I	4No.4	No.4@0.075	12.34
C-2	0.25	0.25	I	4No.5	No.4@0.075	16.28
C-3	0.25	0.25	I	4No.6	No.4@0.075	18.16
C-4	0.25	0.30	III	6No.4	No.4@0.075	18.52
C-5	0.25	0.30	III	6No.5	No.4@0.075	20.82
C-6	0.30	0.30	II	8No.4	No.3@0.06	22.77
C-7	0.30	0.30	II	8No.5	No.3@0.06	25.84
C-8	0.30	0.40	II	8No.5	No.3@0.06	31.61
C-9	0.30	0.50	II	8No.5	No.3@0.06	37.37
C-10	0.40	0.40	II	8No.5	No.3@0.06	39.30

Figura 6.2.1 — Esquema de referencia para tipos de puntales



6.3 — Zapatas para puntales

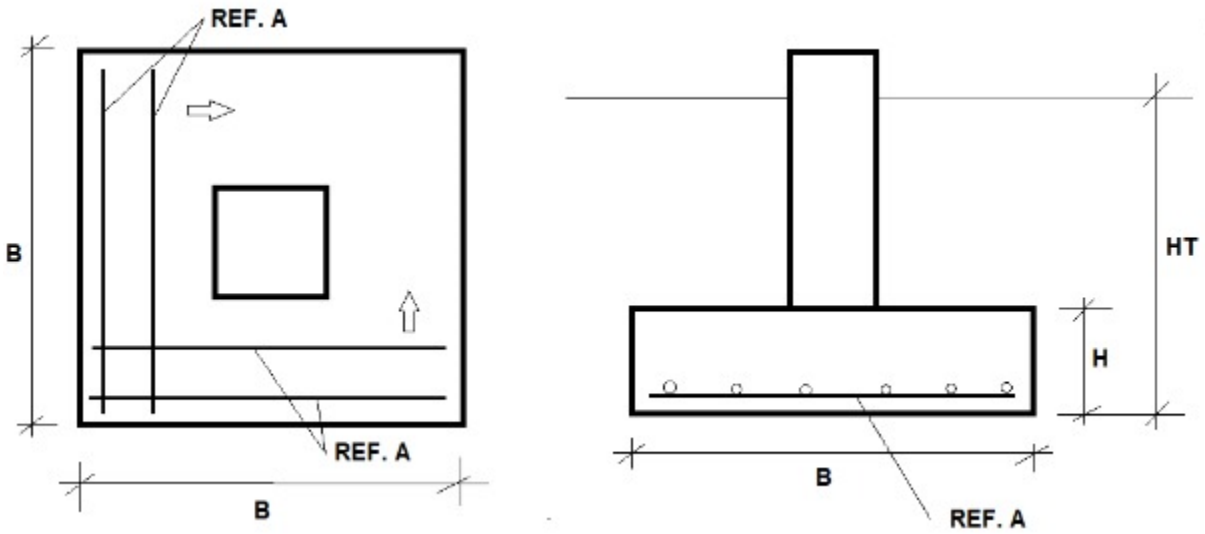
6.3.1 Se presentan los diferentes tipos de zapatas aisladas para puntales para los cuales se debe de utilizar un concreto con f'c mínimo=3000 psi y Fy mínimo=60000psi.

Tabla 6.3.1 - Zapatas aisladas para puntales

Tipo	B (m)	H (m)	HT (m)	REF. A
Z-1	0.5	0.25	1	3No.3
Z-2	0.6	0.25	1	3No.4
Z-3	0.8	0.3	1	5No.4
Z-4	1	0.35	1	6No.4
Z-5	1.2	0.4	1	6No.5
Z-6	1.5	0.5	1	7No.5
Z-7	1.75	0.55	1	8No.6
Z-8	2	0.6	1	9No.6

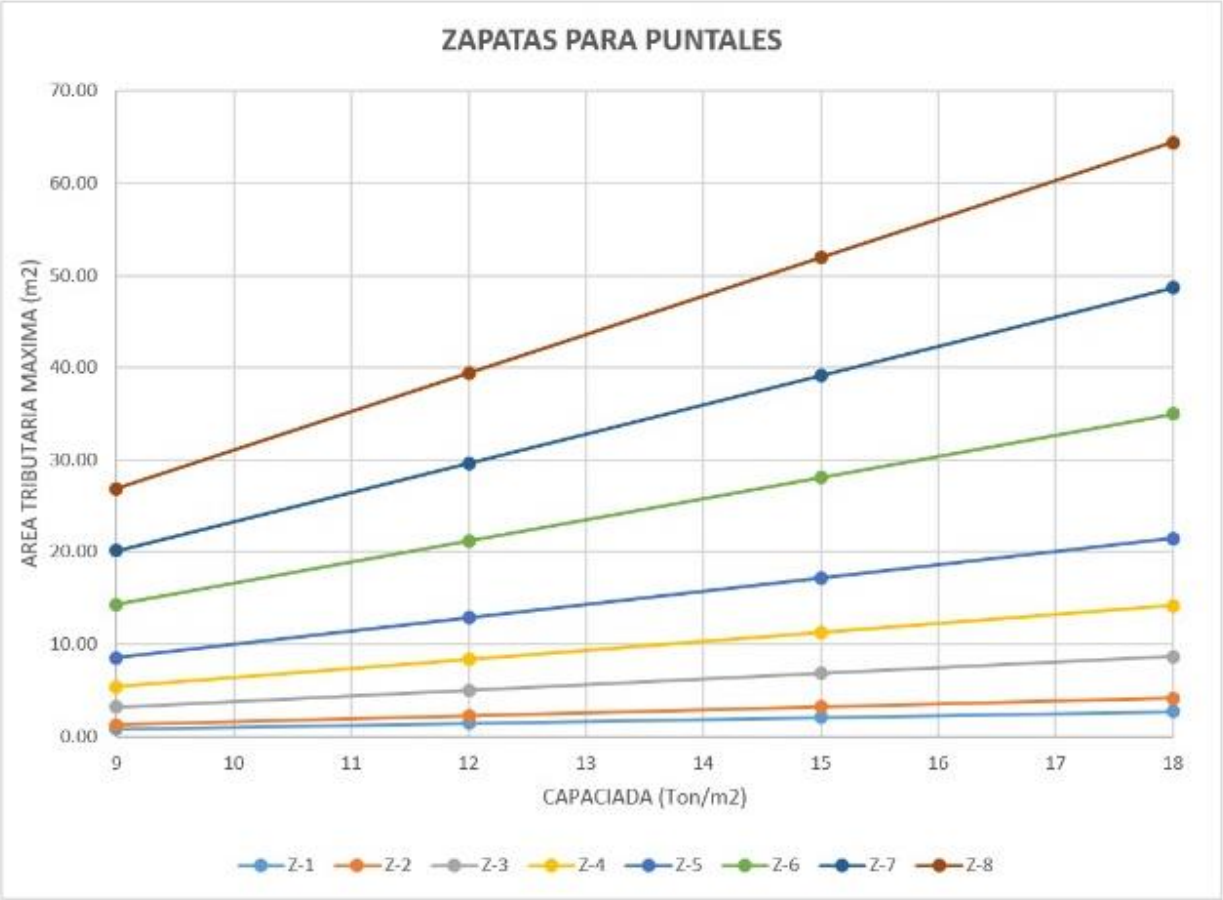
6.3.2 Para considerar techos de lámina, el área de este tipo de techo se podrá multiplicar por un factor de 0.70 para incluirla en el área tributaria total.

Figura 6.3 — Esquema de referencia sobre la colocación del refuerzo en zapatas aisladas para puntales.



6.3.3 Determinación del área tributaria máxima permitidas para cada tipo de zapata.

Figura 6.3.3— Gráfico para determinar área tributaría máxima por tipo de zapata



6.3.3 Por lo tanto, para escoger un tipo de zapata aislada para puntales se debe cumplir:

$$Ancho\ Tributario\ < Ancho\ Tributario\ Máximo$$

FIN DEL CAPÍTULO 6

CAPITULO 7 ESPECIFICACIONES PARA MUROS

7.1 — Requerimientos generales

7.1.1 Los muros o paredes son los elementos verticales de la construcción que sirven para encerrar la edificación y separar los ambientes interiores.

7.1.2 Se pueden clasificar en muros de carga y muros tabiques. Estos últimos no soportan ninguna carga más que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural por lo que podrían ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto.

7.1.3 Por otro lado los muros de carga en una vivienda son los que además de su propio peso se encargan de transmitir las cargas verticales y horizontales desde el techo y/o entrepiso hasta la cimentación, por lo que deben ser continuos en altura y confinados a través de vigas, soleras y columnas o mochetas a su alrededor.

7.1.4 Los muros pueden construirse con unidades de mampostería como ladrillos, bloques, piedra; o bien pueden ser de concreto reforzado prefabricado o fundidos en el lugar.

7.1.5 Este capítulo cubre las paredes de mampostería que cumple funciones estructurales y son parte de un sistema estructural E2.

7.2 — Límites del sistema

7.2.1 De acuerdo con los objetivos y alcance de esta norma, las construcciones realizadas con esta metodología deberán seguir los siguientes parámetros:

(a) El área total de construcción debe de ser menor a 200 metros cuadrados.
(b) La dimensión máxima de la construcción permitida es de 10 metros.
(c) La relación ancho/largo debe ser menor o igual a 2.
(d) La altura de piso debe de ser menor o igual a 2.60 metros.
(e) Solo se permiten 2 niveles como máximo.
(f) La longitud mínima de muro, para considerarse dentro del diseño sismorresistente, es de 1.20 metros.
(g) La excentricidad máxima permitida es del 20%.

7.3 — Análisis simplificado de cargas gravitacionales

7.3.1 Debido a la naturaleza de las construcciones que se permiten con esta normativa, se puede estimar una carga muerta común para todas, que se conformará siempre de la siguiente manera:

Tabla 7.3.1 – Carga muerta en la losa

Peso de la losa de 0.10 m	250 Kg/m^2
Peso de piso	75 Kg/m^2
Instalaciones	25 Kg/m^2
Paredes de Block	335 Kg/m^2
Total	**685 Kg/m^2**

7.3.2 Si la losa tiene un espesor diferente se hace el siguiente ajuste y el peso a considerar se le agrega 25 Kg/m^2 por cada centímetro adicional de losa. Lo cual se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$685 + 250\left(\frac{T_{losa}}{0.10} - 1\right) \qquad \text{(Ecuación 7.3)}$$

Donde $T_{losa} \geq 0.10\ m$

7.3.3 La carga viva se tomará siempre como 200 Kg/m^2 que es la carga viva comúnmente utilizada para viviendas.

7.4 Análisis simplificado de carga sísmica

7.4.1 Las casas por la rigidez de sus paredes y su altura son estructuras de período bajo. Debido a que los períodos de las casas pueden encontrarse entre el primer tramo del espectro y la meseta, de forma simplificada se toma la condición crítica, que es la meseta. Por lo que el coeficiente sísmico se puede calcular de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{k_d * S_{CR}}{R} \qquad \text{(Ecuación 7.4.1)}$$

7.4.2 Para casas se utiliza un factor $k_d = 2/3$ (para obras ordinarias) y un factor $R = 3$ (Sistema E2 de mampostería reforzada DB), el coeficiente sísmico se simplifica a:

$$C_s = 0.222 * S_{CR} \qquad \text{(Ecuación 7.4.1)}$$

Donde:

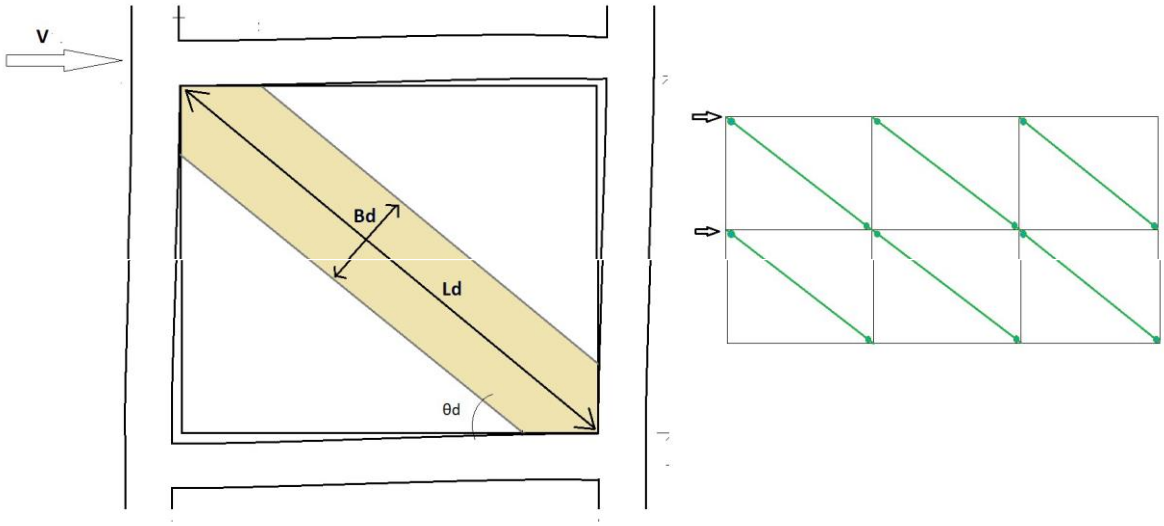
S_{CR} = ordena espectral de período corto, obtenida de la Tabla A-1 de la NSE 2.

7.5 Diseño elástico de las paredes de mampostería

7.5.1 Para esta normativa, se utilizará una metodología diferente a las versiones anteriores, la cual seguirán los conceptos reflejados en la norma canadiense CSA S304-14, 2014.

7.5.2 La carga lateral provoca una deformación en el piso y si la losa es lo suficientemente rígida los muros que están conectados a esta deben sufrir la misma. Por lo anterior se asume que la porción del cortante que absorbe cada muro es proporcional a la rigidez relativa de este con relación a los otros. Normalmente esta rigidez se expresa por la inercia de los muros cuando estos funcionan como un solo elemento integral, sin embargo, la construcción de las casas en Guatemala es de mampostería confinada que consiste en un marco de concreto relleno de unidades de mampostería, este tipo de estructura ante la acción de cargas laterales funciona separando la mampostería del marco en la diagonal de tensión y formando un puntal a compresión. Con este comportamiento es factible asumir que la carga lateral que toma cada muro es proporcional a la resistencia a compresión de las breizas que se forman en este y por lo tanto indirectamente de la longitud de este.

Figura 7.5 – Formación de beriza por acción de carga lateral



7.5.3 Entonces, para una vivienda con muros formados por paneles distintos, podemos decir que es segura sísmicamente si la suma de las resistencias de todos los paneles es mayor al cortante sísmico, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\sum VR > VA$$

Donde:

VR = cortante resistente de cada panel

VA = cortante actuante sobre la casa

7.6 Factor de tamaño de panel o factor de piso FP

7.6.1 Debido a que los paneles no son uniformes y realmente el asumir que todas las breizas toman la misma cantidad de carga solo es una aproximación, por lo anterior si una breiza tiene una carga mayor entonces puede resistir un cortante menor y por lo tanto una forma de reflejar esto es disminuir la resistencia de esos paneles según la carga que realmente absorben. Otra aproximación es dejar la resistencia del panel típico, pero magnificar el sismo actuante para corregir la aproximación. Por lo que surge el factor de corrección FP que toma en cuenta las distintas configuraciones que pueden tener los paneles de una casa y su utilizará para magnificar el cortante actuante.

Tabla 7.6 – Factores de corrección por tamaño de panel FP

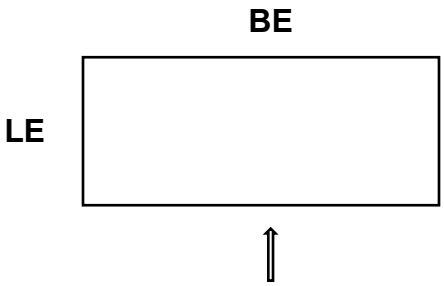
Casa de un nivel	Factor de un piso	1.10
Casa de dos niveles	Factor primer piso	1.33
	Factor segundo piso	1.70
Casas con techos de lámina	Casas de un nivel	0.80
	Segundo piso de casas de don niveles	1.20

7.7 Factor por torsión FT

7.7.1 Los efectos de torsión van a provocar una redistribución de las cargas laterales sobre los muros, incrementando la carga que actúa sobre unos y disminuyéndola sobre otros. La aproximación que se plantea es incrementar la

carga de sismo en todos a través de incrementar la carga sísmica por un factor FT según cuán grande se la torsión. La torsión es dependiente de la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura se plantea calcular el factor FT de la siguiente forma:

$$FT = 1 + \frac{2*BE*EC}{BE+LE}$$ (Ecuación 7.7.1)



Donde:

BE = Dimensión perpendicular al sismo del piso.

LE = Dimensión paralela al sismo del piso.

EC = excentricidad

La excentricidad se calculará de la siguiente manera:

$$EC = \frac{CM-CR}{BE}$$ (Ecuación 7.7.1)

Donde:

CM= Centro de masa

CR = Centro de rigidez de muros

EC mínimo = 5%

EC máximo permitido = 20%

7.8 Cortante de Diseño o Cortante Actuante (VA)

7.8.1 El cortante de diseño o cortante actuante VA se deberá modificar por los factores FP y FT de las secciones 7.6 y 7.7 respectivamente, y se calculará con la siguiente ecuación:

$$VA = FT * FP * CS * \left(685 + 250 * \left(\frac{T_{losa}}{0.10} - 1\right)\right) * (\text{Área Construida})$$

Donde:

VA = cortante actuante en cada dirección

FT = factor de torsión
FP = factor de piso
Tlosa = espesor de la losa en metros
Área Construida = área total de losa soportado o por encima del nivel analizado

7.9 Cortante Resistente por breiza a compresión VR_{breiza}

7.9.1 La capacidad que resisten los muros de las casas, en cada dirección, y por cada nivel, se determinarán de acuerdo con la siguiente expresión:

$$VR_{breiza} = \sum_{1}^{n} \frac{k * 22.5 * T_m * f_m^{0.75}}{\left(\frac{H}{s_n}\right)^{0.8}}$$

Donde:

H= Altura de piso (m)
s= Separación de mochetas (m)
s_{min}= 0.80 m
$s_{máx}$= 2.00 m
fm=resistencia de block sobre área bruta (Kg/cm^2)
n= Número de segmentos de muro
k=factor de calidad de block
Tm= Espesor de muro (cm)

Tabla 7.7 – Los factores de calidad del block se obtendrán de acuerdo a la siguiente tabla:

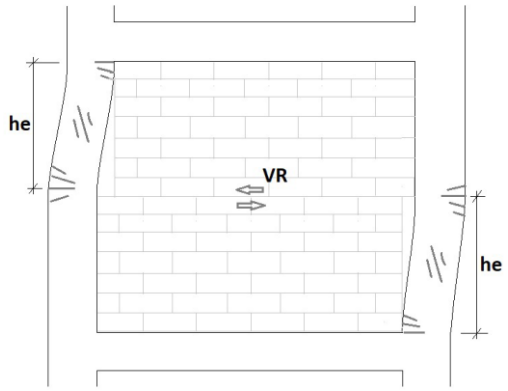
Tipo de Block	Resistencia sobre área bruta fm[1] (Kg/cm2)	Factor k
A	70	1
B	50	1
C	35	0.9
D	25	0.85

[1] Cuando se rellenen todas las celdas del block con mortero el valor de fm podrá reemplazarse por 1.75*fm. En el caso de utilizar un muro de concreto fundido fm=f'c, con k=1 y s=L. H/S > 1.

7.10 Cortante Resistente por desplazamiento $VR_{desplazamiento}$

7.10.1 Existe la posibilidad que se dé una falla a corte en la mampostería sobre el mortero de unión entre hiladas de block, este tipo de falla provoca un efecto de

columna corta y la formación de articulaciones plásticas sobre esta como se muestra en el esquema.



7.10.2 Se plantea la resistencia al deslizamiento como:

$$VR_{deslizamiento} = \sum_{1}^{n} \frac{0.021 * f_m}{1 - 0.3 * \left(\frac{H}{s_n}\right)} * s * T_m$$

Donde:
1-0.3*(H/s)>0.5

7.11 Capacidad a corte de los muros de mampostería

7.11.1 La capacidad a corte de los muros de mampostería se determinará verificando que la cantidad de muros en cada dirección y en cada nivel, sea superior al área de muros requerido según la siguiente expresión:

$$Área\ Muro = \frac{0.1425 * CS * FL}{\sqrt[3]{F_{unidad}}} * Área\ Construida$$

Donde:

Área Muro = metros cuadrados en planta de muro de mampostería requeridos
FL = factor de colocado de mortero
F_{unidad} = resistencia de unidad de block sobre área neta (kg/cm^2)

Tabla 7.11.1 – El factor de colocado de mortero se obtiene de la siguiente tabla:

Colocado de mortero	Factor FL
Lecho completo	1
Lecho parcial	1.33

Tabla 7.11.2 – Resistencia de unidades block sobre área neta:

Tipo de block	Resistencia F_{unidad} (Kg/cm^2)
A	133
B	100
C	66
D	50

7.11.2 Alternativamente si se parte de que las paredes son de lecho parcial se pueden utilizar las siguientes tablas para cada tipo de block y diferentes coeficientes sísmicos Cs.

Figura 7.11.2— Gráfico para determinar área mínima de muros para resistencia a corte utilizando block tipo A

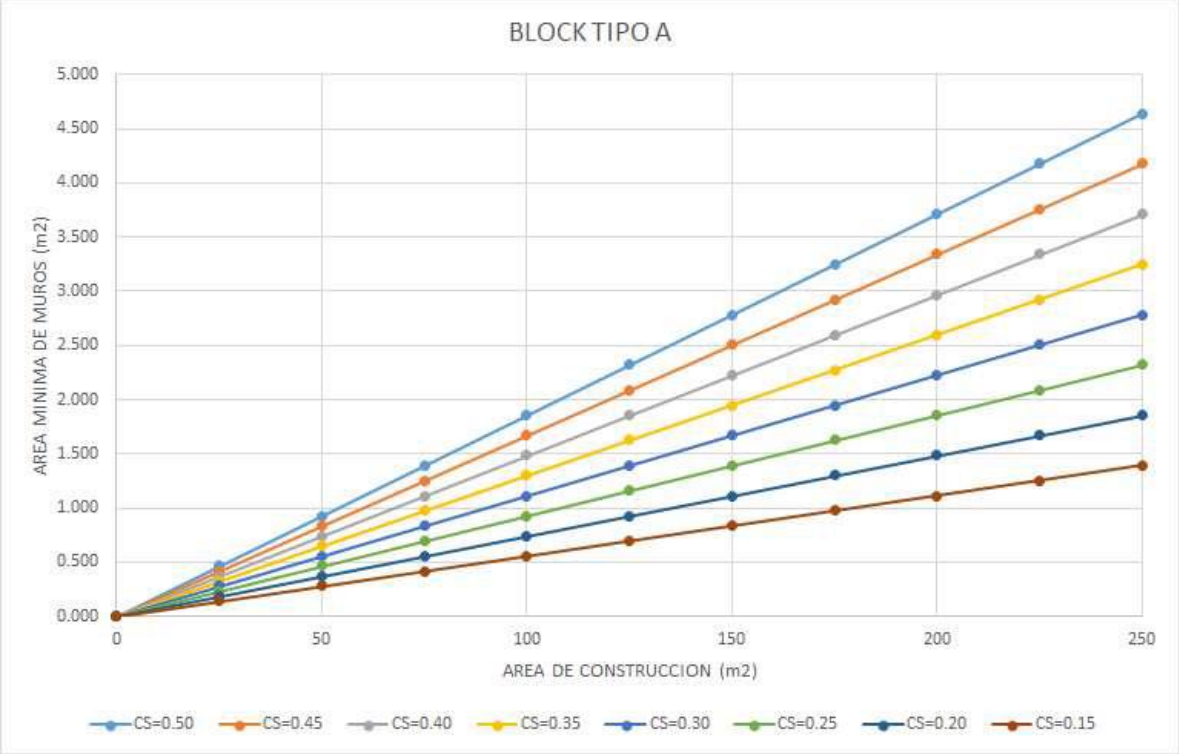


Figura 7.11.3— Gráfico para determinar área mínima de muros para resistencia a corte utilizando block tipo B

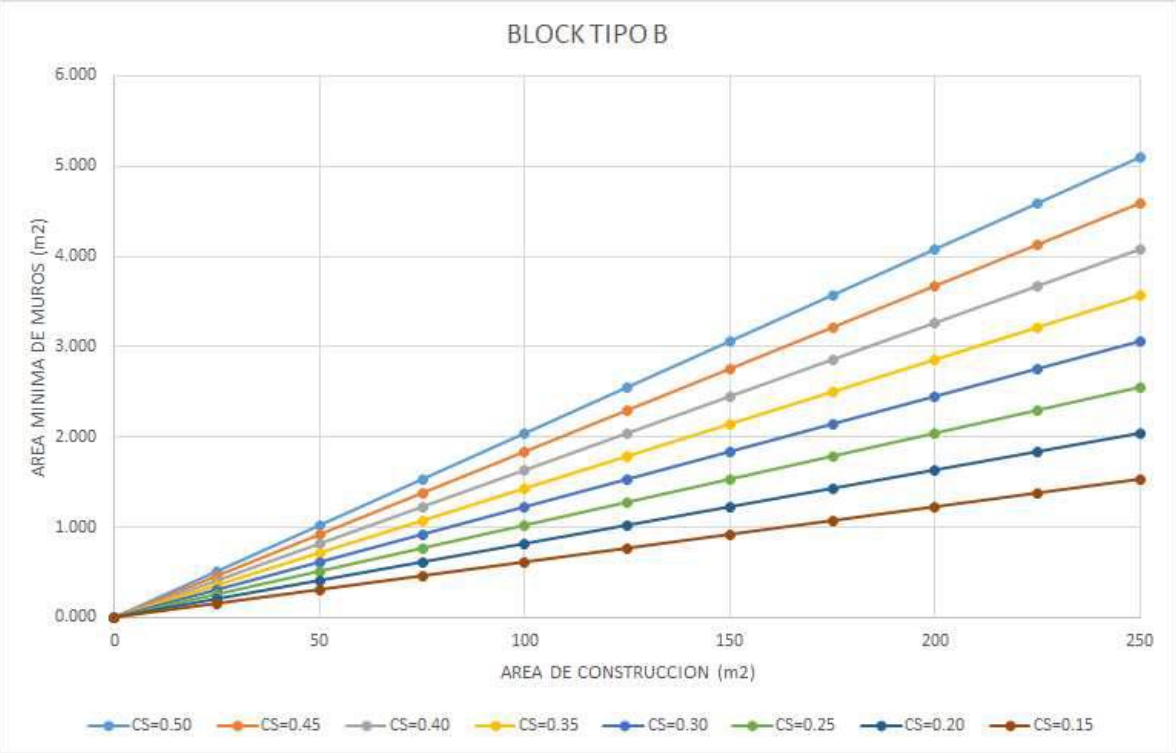


Figura 7.11.4— Gráfico para determinar área mínima de muros para resistencia a corte utilizando block tipo C

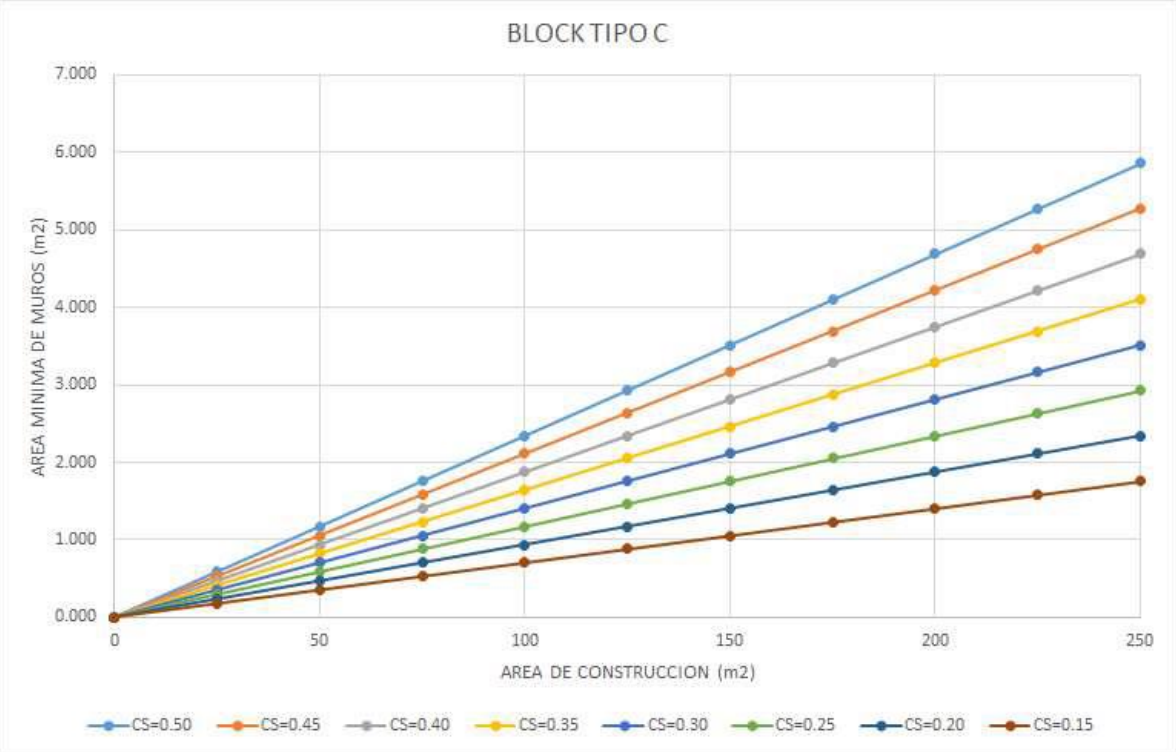
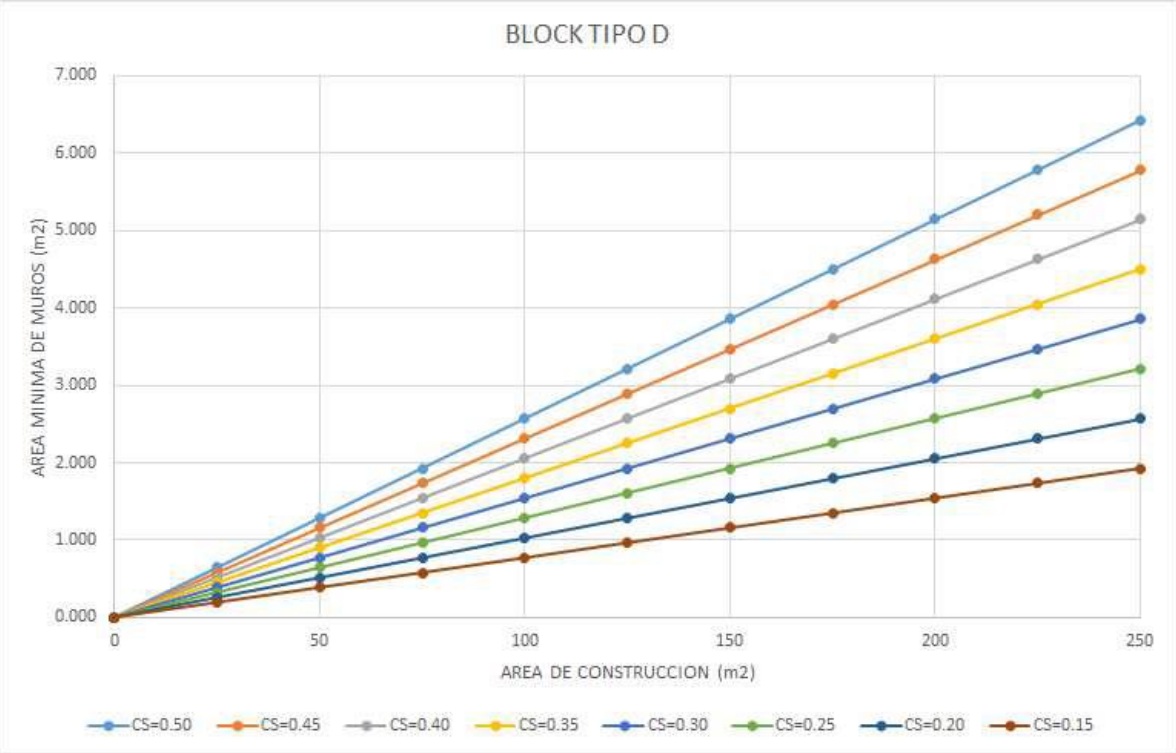


Figura 7.11.5— Gráfico para determinar área mínima de muro para resistencia a corte utilizando block tipo D



FIN DEL CAPÍTULO 7

CAPITULO 8- REFUERZO EN MOCHETAS

8.1 Acero de refuerzo en las mochetas

8.1.1 El área de acero en la mocheta se calcula como:

$$A_{s\ mocheta} = \frac{M_f * k * 22.5 * T_m * f_m^{\frac{3}{4}}}{0.9 * F_y * \left(\frac{H}{s}\right)^{0.8}}$$

Donde:
Mocheta de extremo:

M_f=1.45 para casas de un nivel
M_f=1.55 Segundo nivel de casa de dos niveles
M_f=2.20 Primer nivel de casa de dos niveles

Mocheta intermedia:

M_f=1.40 para casas de un nivel
M_f=1.45 Segundo nivel de casa de dos niveles
M_f=1.45 Primer nivel de casa de dos niveles

F_y= Resistencia del Acero

8.1.2 Esta ecuación también puede expresarse cómo:

$$A_{s\ mocheta} = \left(\frac{M_f}{0.9 * F_y}\right) * V_{R\ muro}$$

8.2 Diseño plástico de las paredes de mampostería

8.2.1 Para garantizar una ductilidad adecuada en las paredes de mampostería, se controla la cantidad máxima de refuerzo permitido en las mochetas. Los valores máximos de Ro según tipo de block para lograr una ductilidad adecuada se pueden determinar con las siguientes ecuaciones:

8.2.2 El porcentaje máximo es:

$$\frac{P * 0.64 * f'm * em * Es}{(Fy * (Fy + em * Es)}$$

Donde:

$P = 1.05 - 0.259 * LN * \left(\frac{H}{L}\right)$	Block tipo A	$em = 0.0030$
$P = 0.99 - 0.246 * LN * \left(\frac{H}{L}\right)$	Block tipo B	$em = 0.0025$
$P = 0.93 - 0.234 * LN * \left(\frac{H}{L}\right)$	Block tipo C	$em = 0.0020$
$P = 0.87 - 0.221 * LN * \left(\frac{H}{L}\right)$	Block tipo D	$em = 0.0015$

8.2.3 Alternativamente de forma conservadora se puede tomar H/L=5.2 :

P= 0.63 Block tipo A

P= 0.59 Block tipo B

P= 0.55 Block tipo C

P= 0.50 Block tipo D

8.2.4 Resolviendo la ecuación:

RO MÁXIMO PERMITIDO		
BLOCK	FY = 60000 psi	FY = 70000 psi
A	0.0040	0.0032
B	0.0024	0.0019
C	0.0014	0.0011
D	0.0008	0.0006

FIN DEL CAPÍTULO 8

Capítulo 9 – Diseño de Vigas y Dinteles

9.1 Configuración de vigas y dinteles

9.1.1 Dinteles – Para el diseño de dinteles se proponen las siguientes configuraciones con sus armados:

Tabla 9.1.1 – Tipos de dinteles

TIPO	B	H	Ref	EST
1	0.15	0.20	4N3	N2@0.10
2	0.15	0.25	4N3	N2@0.10
3	0.15	0.30	4N4	N2@0.10
4	0.15	0.35	4N4	N3@0.15
5	0.15	0.40	4N4	N3@0.15
6	0.2	0.20	4N3	N2@0.10
7	0.2	0.25	4N3	N2@0.10
8	0.2	0.30	4N4	N2@0.10
9	0.2	0.35	4N4	N3@0.15
10	0.2	0.40	4N4	N3@0.15
11	0.2	0.45	4N5	N3@0.15
12	0.2	0.50	4N5	N3@0.15

9.2.1 Vigas – Para el diseño de vigas proponen las siguientes configuraciones con sus armados.

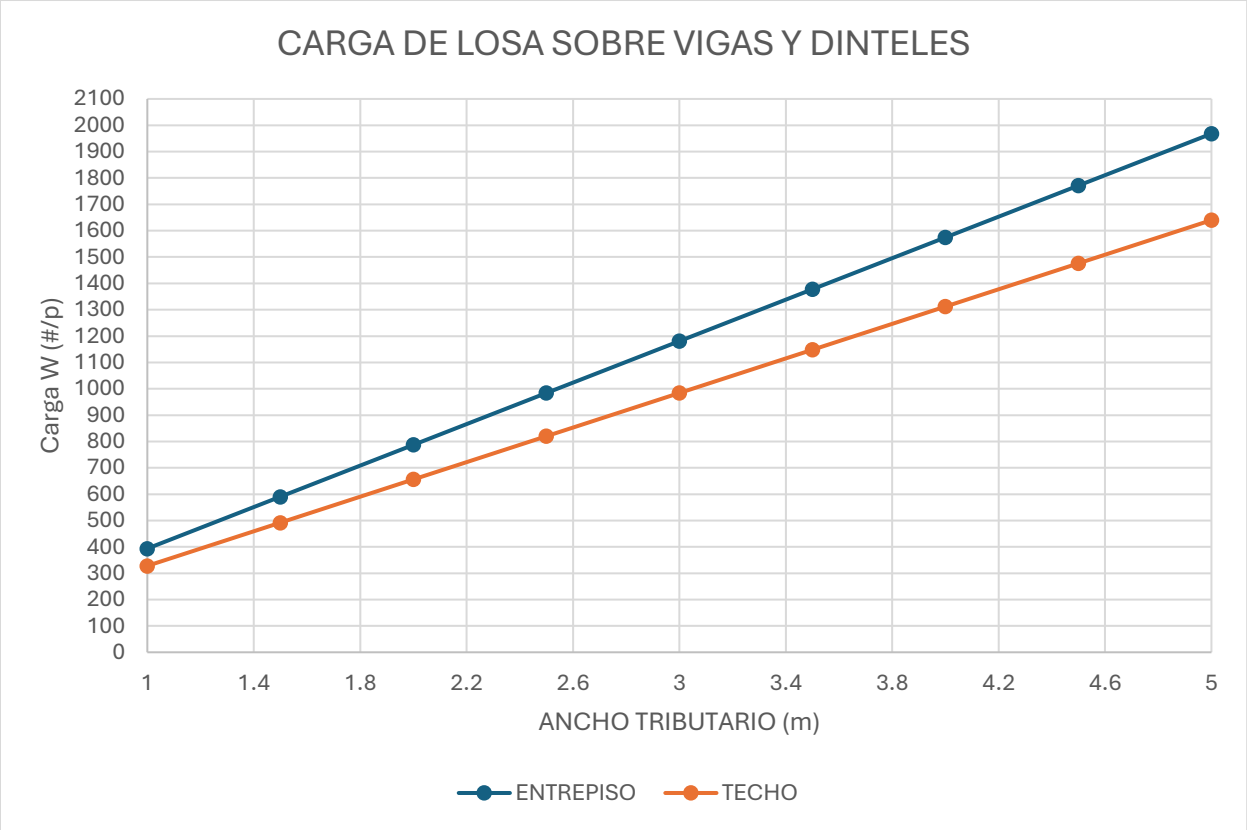
Tabla 9.2.1 – Tipos de vigas

TIPO	B	H	Ref	EST
13	0.25	0.3	4N4	N3@0.15
14	0.25	0.35	4N4	N3@0.15
15	0.25	0.4	4N4	N3@0.15
16	0.25	0.45	6N4	N3@0.15
17	0.25	0.5	6N4	N3@0.15
18	0.25	0.55	4N5	N3@0.15
19	0.3	0.3	4N4	N3@0.15
20	0.3	0.35	4N4	N3@0.15
21	0.3	0.4	4N4	N3@0.15
22	0.3	0.45	6N4	N3@0.15
23	0.3	0.5	6N4	N3@0.15
24	0.3	0.55	4N5	N3@0.15

9.2 Integración de cargas

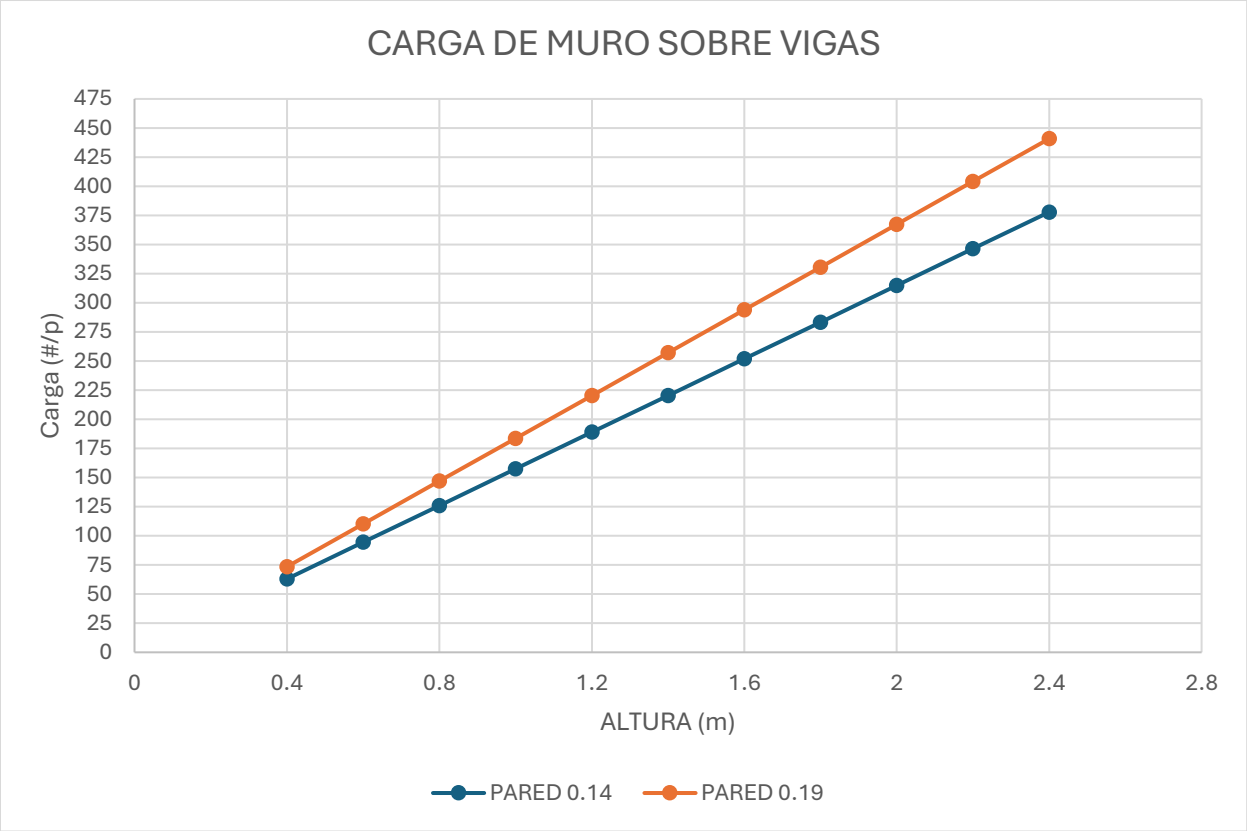
9.2.1 Carga de losas – Para determinar la carga de la losa que actúa sobre las vigas y dinteles se propone la siguiente gráfica:

Figura 9.2.1— Gráfico para determinar la carga de la losa sobre vigas y dinteles



9.2.2 Carga de Muros – Para determinar la carga de los muros que actúan sobre la viga o dintel se propone la siguiente gráfica:

Figura 9.2.2— Gráfico para determinar la carga de los muros sobre vigas y dinteles



9.2.3 La sumatoria de la carga de la losa sobre la viga o dintel y la carga de los muros sobre la viga o dintel determinara la carga total (W) que actúa sobre estos elementos.

9.3 Capacidad de vigas y dinteles

9.3.1 Para seleccionar la configuración de viga adecuada al diseño se deberá de evaluar que su capacidad supere la carga total (W) considerando su longitud (L) y la base de la configuración seleccionada (B):

Figura 9.3.1— Gráfico para determinar tipo de dintel a utilizar con B=0.15

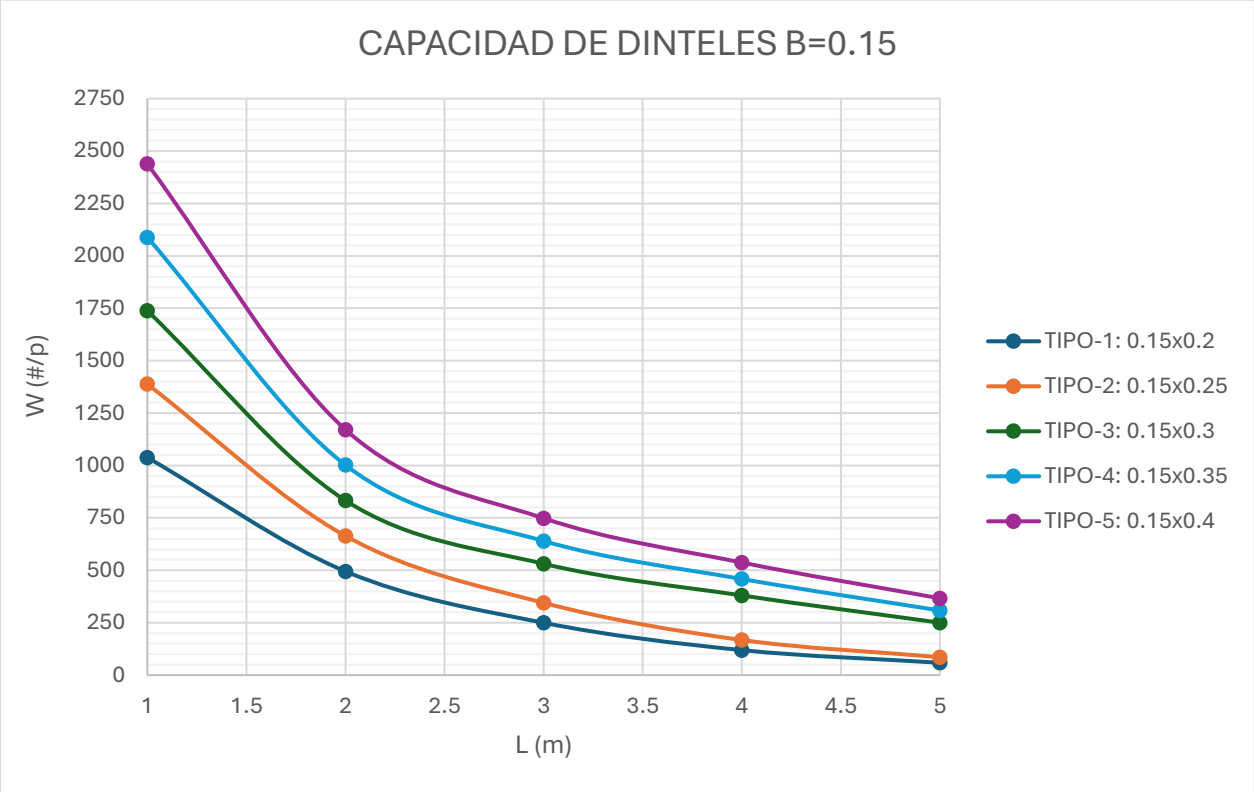


Figura 9.3.2— Gráfico para determinar tipo de dintel a utilizar con B=0.20

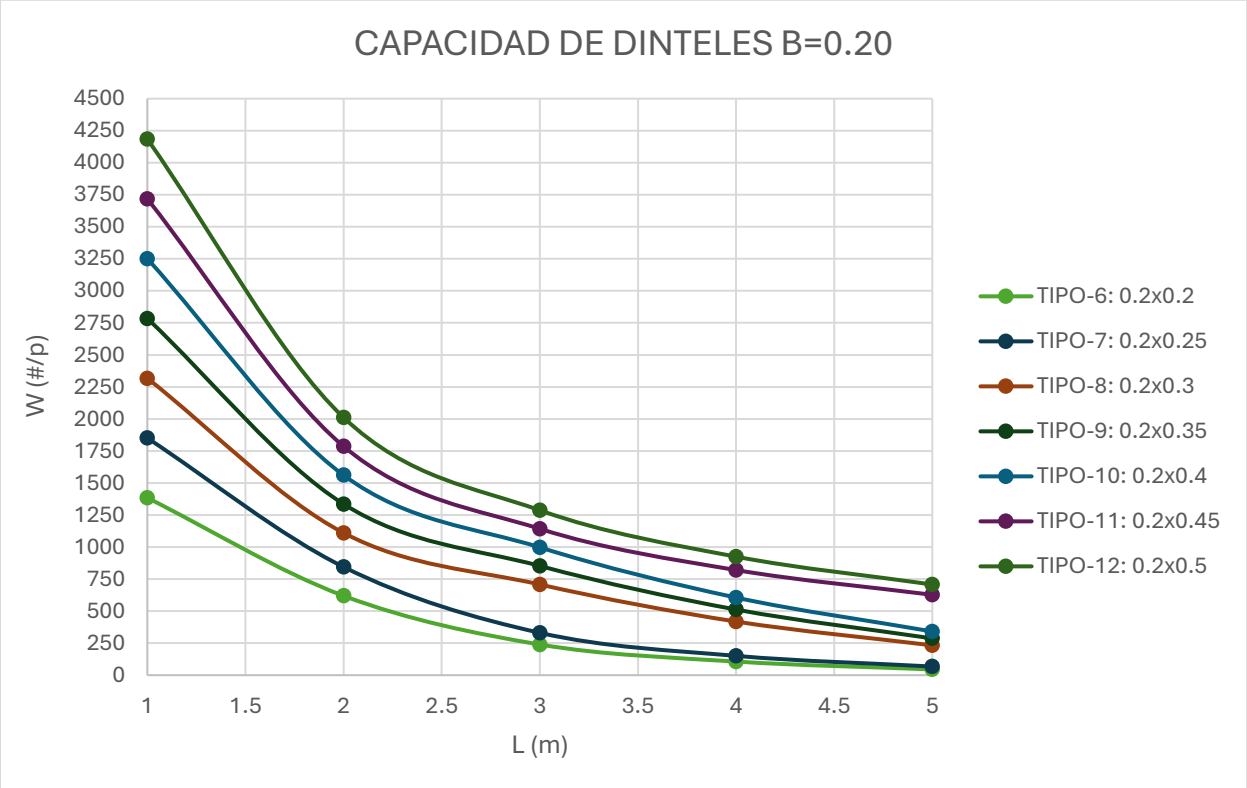


Figura 9.3.3— Gráfico para determinar tipo de viga a utilizar con B=0.25

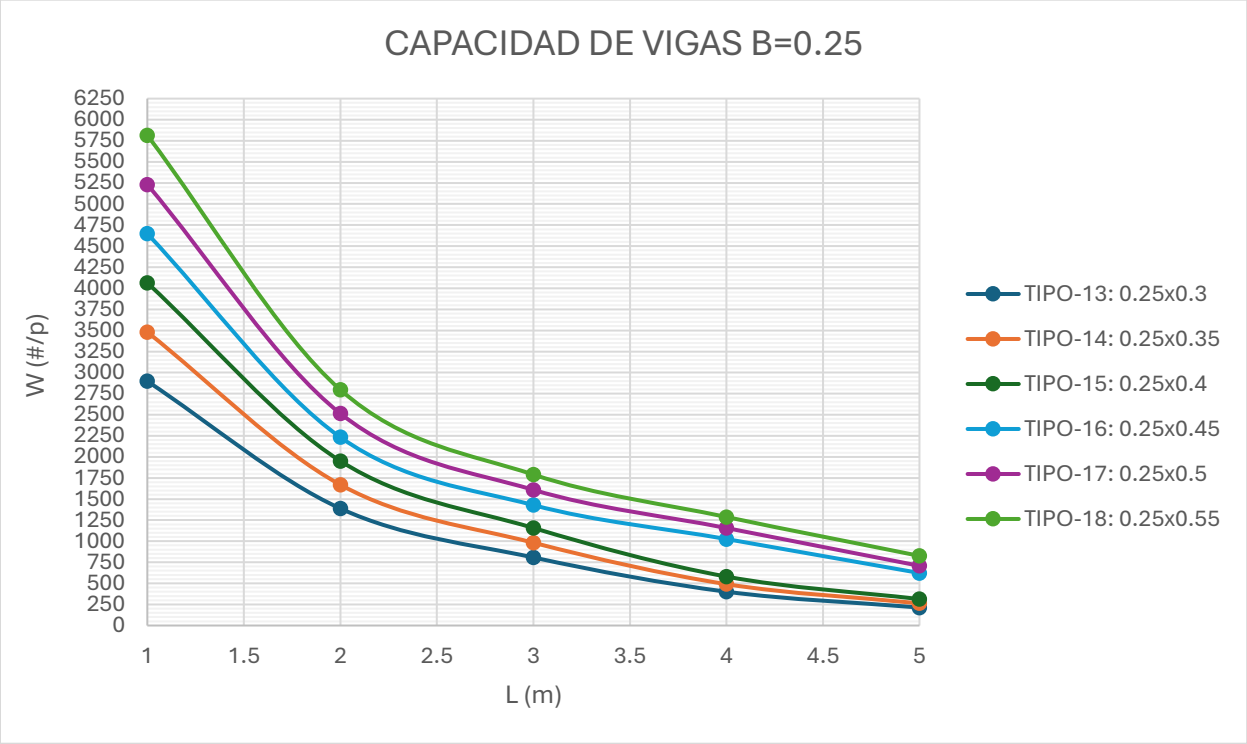
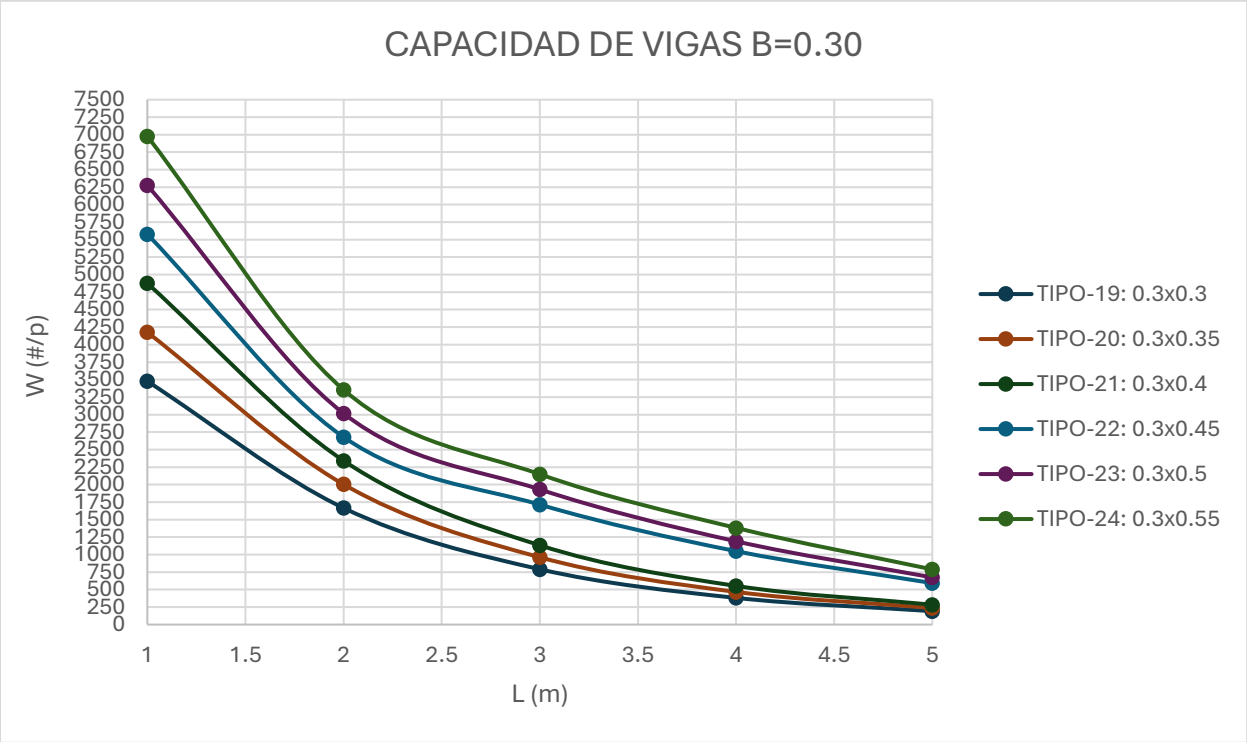


Figura 9.3.4— Gráfico para determinar tipo de viga a utilizar con B=0.30



FIN DEL CAPÍTULO 9

10 LOSAS

10.1 Generalidades sobre cubiertas

10.1.1 La cubierta es el elemento constructivo de cierre de la parte superior de una edificación. Consta de una estructura portante en madera o metal y de un material de cubrimiento que puede ser de fibro-cemento, teja de barro cocido, teja de micro-concreto, lámina de zinc o de plástico, losa de concreto sólida o sistema de vigueta prefabricada.

10.1.2 Las cubiertas están expuestas al sol, vientos, lluvias, etc. mucho más tiempo que cualquier otra parte de una edificación. Por lo tanto deben diseñarse adecuadamente para que la transmisión de calor o frío al interior sea mínima. Se recomienda el uso de cubiertas inclinadas ligeras y bien aisladas, con superficie reflectante y cámara de aire. Las cubiertas pueden prolongarse sobre los muros norte-sur con el fin de proteger los ambientes ó corredores de la lluvia y del soleamiento de medio día.

10.1.3 Las cubiertas de preferencia se usarán inclinadas de 1, 2, 3 ó 4 aguas para lograr encauzar los vientos fríos y evitar que éstos ingresen a las habitaciones. El tipo de cubierta también influye en la absorción del calor por radiación solar. En los techos planos es mayor la absorción. En los techos inclinados, por cada 10 grados de inclinación del plano del techo, representa del 10. al 15% de menor calor por radiación. En techos planos los rayos son perpendiculares a toda la superficie; mientras que en techos a 2 aguas puede serlo solo a la mitad, y en techos a 4 aguas los rayos son únicamente a la cuarta parte.

10.2 Losas

10.2.1 Se presentan los espesores mínimos para losas en una dirección en la tabla 10.2.1 y tabla 10.2.2.

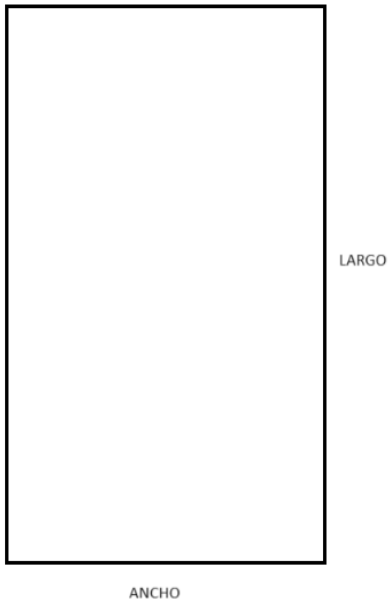
Tabla 10.2.1 – Espesor mínimo de losas en una dirección

T LOSA	ANCHO-max (m)
0.10	3.1
0.11	3.4
0.12	3.6
0.13	3.9
0.14	4.1

Tabla 10.2.2 – Espesor mínimo de losas en dos direcciones

T LOSA	ANCHO-max (m)
0.10	3.57
0.11	3.91
0.12	4.14
0.13	4.49
0.14	4.72

Figura 10.2.1— Diagrama de referencia entre ancho y largo de la losa



10.2.2 Se presentan diferentes propuestas de armados de refuerzo para losas macizas y la longitud máxima permitida, de acuerdo con la continuidad de la misma.

Tabla 10.2.3 – Refuerzos para losas en voladizo.

Tipo	T	REF-A	REF-B	L(m)
L-1 0.1	0.10	N3@0.30	N3@0.30	1.19
L-2 0.1	0.10	N3@0.25	N3@0.30	1.30
L-3 0.1	0.10	N3@0.20	N3@0.30	1.44
L-4 0.1	0.10	N3@0.15	N3@0.30	1.65
L-5 0.11	0.11	N3@0.30	N3@0.30	1.25
L-6 0.11	0.11	N3@0.25	N3@0.30	1.37
L-7 0.11	0.11	N3@0.20	N3@0.30	1.52
L-8 0.11	0.11	N3@0.15	N3@0.30	1.74
L-9 0.12	0.12	N3@0.30	N3@0.30	1.31
L-10 0.12	0.12	N3@0.25	N3@0.30	1.43
L-11 0.12	0.12	N3@0.20	N3@0.30	1.59
L-12 0.12	0.12	N3@0.15	N3@0.30	1.82
L-13 0.13	0.13	N3@0.25	N3@0.25	1.49
L-14 0.13	0.13	N3@0.20	N3@0.25	1.66
L-15 0.13	0.13	N3@0.15	N3@0.25	1.90
L-16 0.14	0.14	N3@0.25	N3@0.25	1.54
L-17 0.14	0.14	N3@0.20	N3@0.25	1.71
L-18 0.14	0.14	N3@0.15	N3@0.25	1.97

Figura 10.2.2— Diagrama de referencia de ejemplo de losa en voladizo

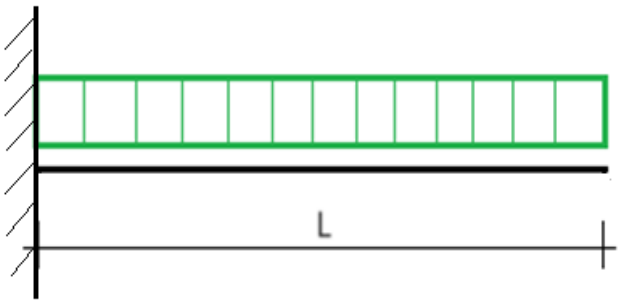


Tabla 10.2.4 – Refuerzos para losas sin continuidad.

Tipo	T	REF-A	REF-B	L(m)
L-1 0.1	0.10	N3@0.30	N3@0.30	2.38
L-2 0.1	0.10	N3@0.25	N3@0.30	2.60
L-3 0.1	0.10	N3@0.20	N3@0.30	2.89
L-4 0.1	0.10	N3@0.15	N3@0.30	3.30
L-5 0.11	0.11	N3@0.30	N3@0.30	2.51
L-6 0.11	0.11	N3@0.25	N3@0.30	2.74
L-7 0.11	0.11	N3@0.20	N3@0.30	3.04
L-8 0.11	0.11	N3@0.15	N3@0.30	3.48
L-9 0.12	0.12	N3@0.30	N3@0.30	2.62
L-10 0.12	0.12	N3@0.25	N3@0.30	2.86
L-11 0.12	0.12	N3@0.20	N3@0.30	3.19
L-12 0.12	0.12	N3@0.15	N3@0.30	3.65
L-13 0.13	0.13	N3@0.25	N3@0.25	2.97
L-14 0.13	0.13	N3@0.20	N3@0.25	3.31
L-15 0.13	0.13	N3@0.15	N3@0.25	3.80
L-16 0.14	0.14	N3@0.25	N3@0.25	3.08
L-17 0.14	0.14	N3@0.20	N3@0.25	3.43
L-18 0.14	0.14	N3@0.15	N3@0.25	3.93

Figura 10.2.3— Diagrama de referencia de ejemplo de losa sin continuidad

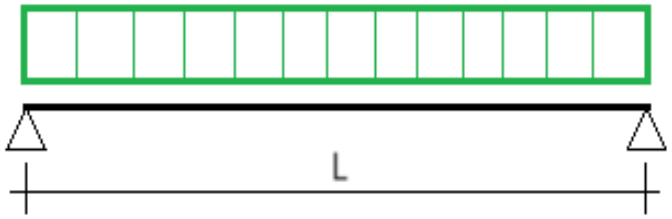
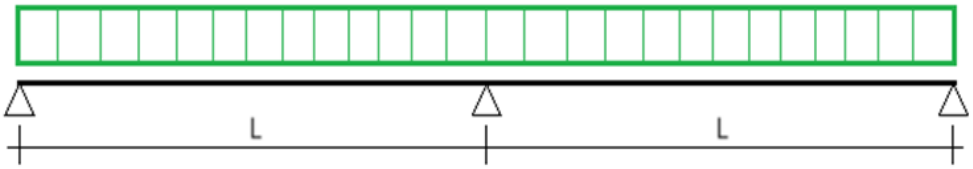


Tabla 10.2.5 – Refuerzos para losas con continuidad.

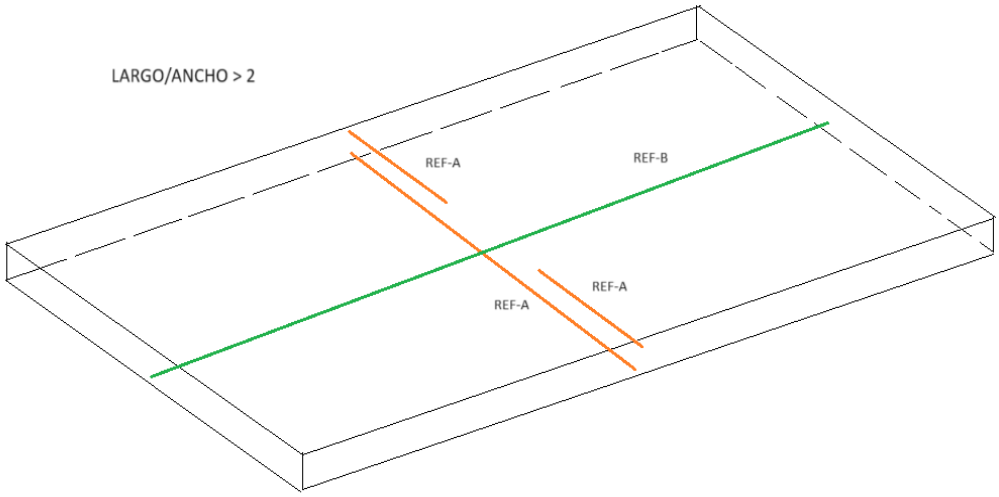
Tipo	T	REF-A	REF-B	L(m)
L-1 0.1	0.10	N3@0.30	N3@0.30	2.66
L-2 0.1	0.10	N3@0.25	N3@0.30	2.90
L-3 0.1	0.10	N3@0.20	N3@0.30	3.23
L-4 0.1	0.10	N3@0.15	N3@0.30	3.69
L-5 0.11	0.11	N3@0.30	N3@0.30	2.80
L-6 0.11	0.11	N3@0.25	N3@0.30	3.06
L-7 0.11	0.11	N3@0.20	N3@0.30	3.40
L-8 0.11	0.11	N3@0.15	N3@0.30	3.89
L-9 0.12	0.12	N3@0.30	N3@0.30	2.93
L-10 0.12	0.12	N3@0.25	N3@0.30	3.20
L-11 0.12	0.12	N3@0.20	N3@0.30	3.56
L-12 0.12	0.12	N3@0.15	N3@0.30	4.08
L-13 0.13	0.13	N3@0.25	N3@0.25	3.33
L-14 0.13	0.13	N3@0.20	N3@0.25	3.70
L-15 0.13	0.13	N3@0.15	N3@0.25	4.24
L-16 0.14	0.14	N3@0.25	N3@0.25	3.44
L-17 0.14	0.14	N3@0.20	N3@0.25	3.43
L-18 0.14	0.14	N3@0.15	N3@0.25	3.93

Figura 10.2.4— Diagrama de referencia de ejemplo de losa con continuidad



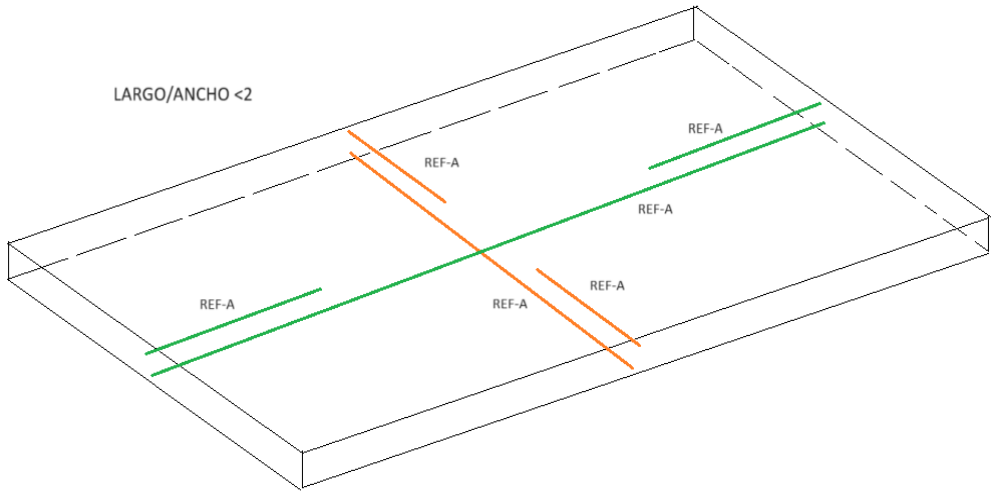
10.2.3 La forma de colocación del refuerzo se realizará de acuerdo a los siguientes diagramas:

Figura 10.2.5— Diagrama de referencia para colocación de refuerzo en losas de una dirección.



Donde:
Ancho máximo = L (de tablas 10.2.3, 10.2.4 y 10.2.5)
Longitud de bastones = Ancho/4

Figura 10.2.6— Diagrama de referencia para colocación de refuerzo en losas de dos direcciones.



Donde:
Ancho máximo = 1.15*L (de tablas 10.2.3, 10.2.4 y 10.2.5)
Longitud de bastones = ancho/4 o largo/4 según corresponda.

FIN DEL CAPÍTULO 10

11 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

11.1 Gutiérrez P., Domingo H. Diseño climático para edificaciones. Zona del altiplano occidental del país: Quetzaltenango y Totonicapán. Tesis de grado, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

11.2 Medrano L., Miguel A. El bajareque, un sistema constructivo a tecnificar. Tesis de grado, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

11.3 Tórtola N., Julio R. La vivienda de bajareque en la subregión altiplano occidental de Guatemala (estudio preliminar de una tecnología olvidada). Tesis de grado, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

11.4 Mansilla C., Carmen T. Recomendaciones para construir viviendas menos vulnerables ante desastres. Tesis de grado, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala.

11.5 Maldonado L., Carlos A. Obtención de parámetros de diseño en muros de mampostería utilizando bloques de concreto liviano para el Valle de Guatemala. Tesis de grado, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala.

11.6 Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. Código sísmico de Costa Rica, 1986. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

11.7 Código colombiano de construcciones sismo-resistentes, NSR 10 (marzo2010). Legis Editores S.A., Bogotá, Colombia.

11.8 Manual técnico de capacitación “Construcciones menores sismo resistentes”. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Servicio Nacional de Aprendizaje Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, y el Sistema Nacional para la prevención y atención de Desastres.

11.9 Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistentes de viviendas de mampostería. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

11.10 Cartilla de la Construcción. Ministerio de la Construcción y Transporte. Nicaragua, 1991.

11.11 Proyecto de Mejoramiento de la Vivienda para el control del vector del Mal de Chagas en Aldea Tituque, Olopa, Chiquimula. Mertu/G – Centro de Investigaciones en Ingeniería Civil y Ciencias de la Tierra, Universidad del Valle de Guatemala. 1999.

11.12 Proyecto “Bases regionales para elaborar códigos de vivienda sismo resistente de bajo costo”, Universidad del Valle de Guatemala – Organización de Estados Americanos OEA, 1988-1989.

11.13 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Comisión Sectorial de Construcción. “Líneas de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, y Propuesta de un Programa Nacional de Generación y Transferencia de Tecnología en Construcción de Vivienda”, 1997.

11.14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S – 08)

11.15 Enseñanza practica en la construcción de la vivienda, Ing. Amando Vides Tobar, segunda edición. 1,997.

FIN DEL CAPÍTULO 11