

**MANUAL DE DISEÑO SISMO-RESISTENTE SIMPLIFICADO
MAMPOSTERÍA DE BLOCK DE CONCRETO**
para Guatemala



Documento AGIES DSE 4.1 (2014)



Héctor Monzón Despang

Marzo 2014

Compatible con la Norma AGIES NSE – 4.1- 2014

Derechos Reservados

© Héctor Monzón-Despang

© Asociación Guatimalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica

Datos de la Edición

Primera Edición: 500 ejemplares

Versión 2.0

Guatemala, 31 de marzo de 2014

Se permite la reproducción de esta publicación por medios electrónicos siempre que se mantenga la mención explícita de la fuente

AGIES es la Asociación Guatimalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, una asociación sin fines de lucro, de profesionales individuales, miembros corporativos y estudiantes relacionados con la ingeniería sismo-resistente, fundada en 1996. Conózcanos a través de nuestro sitio electrónico www.agies.org

NOTA INTRODUCTORIA

Este Manual forma parte del **Proyecto AGIES 2013 -2015 de Guías Simplificadas de Diseño Estructural para la Construcción Menor Guatemala.**

Fascículos AGIES en preparación o en proyecto relacionados con este Manual dentro del proyecto de Guías Simplificadas

- Cuaderno de Ejercicios y Ejemplos Resueltos para uso con el **Manual de Diseño Simplificado de Mampostería de Block de Concreto** (en preparación)
- **Por qué Tiembla en Guatemala y Dónde**
- **En Busca de Terrenos Seguros para Construir** (en preparación)
- **Guía Simplificada de Diseño** (en preparación)
Losas de Concreto Reforzado para Edificación Menor
– Incluye losas fundidas en sitio y losas de viguetas prefabricadas –
- **Guía Simplificada de Diseño**
Edificación Menor con Techos de Lámina
-- Incluye artesonados de madera o metal --
- **Guía Simplificada de Diseño**
Salones y Otras Edificaciones de Uso Público
con Paredes Altas y Largas Hechas de Mampostería Reforzada
- **Guía Simplificada de Diseño**
Mampostería Sismo-resistente de Ladrillos de Arcilla Cocida
- **Fascículo informativo:** (en preparación)
¿Cuánto pesan las construcciones que hacemos?

Fascículos Técnicos de Soporte relacionados con este Manual

- **Criterios usados para establecer la Metodología Simplificada en el Documento AGIES DSE 4.11 “Manual de Mampostería Reforzada para Guatemala –Metodología Simplificada”** (en preparación final)
- **Criterios para la Simplificación de los Mapas de Amenaza Sísmica y Amenaza de Viento por Municipio en los Documentos NSE-4.1-2014 y DSE-4.1-2013**

Este Manual será compatible con la norma actualmente en revisión AGIES NSE-4.1, Norma Simplificada para Diseño de Construcción Menor en Guatemala.
No es compatible con la actual versión de la NSE 4.1.

RECONOCIMIENTO Y ADVERTENCIAS IMPORTANTES

Este documento no es ni debe considerarse una Norma. Es un manual, es un conjunto de lineamientos y conceptos útiles dirigidos a lograr, por métodos simplificados, un diseño sismo-resistente de mampostería reforzada de bloques huecos de concreto. El documento está enfocado exclusivamente en los usos constructivos prevalecientes en Guatemala.

Los lineamientos y conceptos son compatibles con el Documento NSE 4-01 2014 de AGIES, actualmente en preparación, que puede en su momento ser adoptado como normativa simplificada para construcción de vivienda y edificaciones menores hasta de tres pisos por CONRED y otras autoridades competentes en Guatemala.

Se reitera que nada en el contenido del presente documento AGIES DSE 4.01 debe o puede ser considerado como prescriptivo o normativo. Aunque el documento ha sido avalado por AGIES, su contenido simplemente refleja las opiniones técnicas de su autor y es responsabilidad exclusiva de su autor.

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a los miembros de AGIES y a otras personas que han hecho observaciones, sugerencias y comentarios al contenido de este documento.

En especial se agradecen sus valiosos comentarios a Mario Fernando Yon, Luis Álvarez Valencia, Oscar Sequeira, Emilio Beltranena M., Roberto Chang Campang, Omar Flores B., Alberto Monzón Posadas y Carlos Moncada Díaz. El ingeniero Oscar Sequeira lo ha empeñado a utilizar como apoyo lectivo en sus cursos de mampostería reforzada.

Fotografía y diagramas

Todas las fotografías, excepto las específicamente acreditadas a terceros, son del archivo personal y tomadas por Héctor Monzón. Todos los esquemas a mano alzada son de H. Monzón. Los dibujos trazados electrónicamente son de Edy Orozco y fueron elaborados para esta edición. Se permite su uso con fines didácticos reconociendo adecuadamente la fuente.

CONTENIDO

Nota Introductoria.....	3
Reconocimiento y Advertencias Importantes.....	4
Agradecimientos.....	4
1 PARA QUIÉNES Y PARA QUÉ ES ESTE MANUAL	9
El propósito de este manual	9
Necesidad de capacitación.....	9
Términos y palabras utilizadas	10
Tipo de edificación cubierto por el manual.....	10
Tipo de mampostería cubierto por el manual.....	10
La organización del manual.....	11
¿Qué se construye hoy en Guatemala?	12
Un manual para diseñar lo que realmente se hace.....	14
Otros manuales de mampostería que se pueden consultar.....	15
2 CONSTRUIR PROVOCA RIESGOS -- por eso hay que seguir normas --	17
Protección de la vida y protección de la propiedad.....	17
La necesidad de que haya normas de construcción	17
Las Normas de Construcción que aplican en Guatemala	18
La Norma AGIES NSE 4.1 – 2014.....	18
La Norma COGUANOR NTG 41054	18
Los límites de la construcción de mampostería	18
La calidad de los materiales	19
3. LAS AMENAZAS DE LA NATURALEZA EN GUATEMALA	21
3.1 Amenaza sísmica	21
¿qué son los sismos? ¿Cuándo los llaman “terremotos”?	21
¿Dónde impactan más los sismos en Guatemala?	21
¿Qué es sismo-resistencia?	22
3.2 Amenaza de Viento	23
¿Dónde hay más viento en Guatemala?	23
¿Cómo actúa el viento sobre las edificaciones?	24
3.3 El terreno y las edificaciones	26
4 MAMPOSTERÍA DE BLOCK CON REFUERZO	30
4.1 Comentarios sobre otras clases de mampostería	30
4.2 La mampostería de block	31
Dimensiones.....	31
El tamaño de los bloques	31
La forma de las unidades de block	32

	Blocks Tipo DT y Blocks Tipo UT	32
	La resistencia y otras propiedades de las unidades de block	35
	Identificación de la clase del block	37
4.3	Los morteros de pega	40
	Las tres clases de mortero de pega	40
	La hechura del mortero	41
	Compatibilidad entre clase de block y clase de mortero	42
	Forma de poner el mortero entre hiladas.....	42
	Espesor de sisa entre unidades de block	43
4.4	La resistencia de los levantados de block	43
5	EL REFUERZO DE LA MAMPOSTERÍA.....	46
5.1	Mochetas y Soleras.....	46
5.2	¿Por qué poner refuerzo?	46
	La función de las mochetas y las soleras principales	46
	La función de las soleras y las mochetas intermedias.....	49
	En busca de una mejor distribución del refuerzo	50
	Resumen sobre el refuerzo de la mampostería.....	51
5.3	Materiales para mochetas y soleras	52
	Tipo correcto de varillas de acero	52
	“Hierro de alta resistencia”	52
	Clase de concreto a usar	53
5.4	Refuerzo de Mochetas y Soleras	54
5.4.1	Mochetas principales.....	54
	El refuerzo de las mochetas principales	54
5.4.2	Las soleras.....	57
	El refuerzo que llevan las soleras.....	59
5.4.3	Las mochetas intermedias	59
5.4.4	Opción de usar refuerzo inter-block.....	60
5.5.5	Ilustraciones – colocación del refuerzo.....	62
	Colocación del refuerzo de mochetas	62
	Ilustraciones - ¿Cómo deben unirse las mochetas con las soleras?.....	66
6.	CÓMO FUNCIONAN LAS ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA	68
6.1	El concepto de una estructura de cajón.....	68
6.2	Estructuras de cajón ¿Cómo funcionan?.....	70
	División de la planta de piso en “tableros”	71
	Definición de “áreas tributarias”	72
	Verificar capacidad de carga de las paredes.....	74
6.3	¿Qué vigas hay que poner cuando no hay paredes bajo la losa?	76
	Diseño de vigas.....	77
	Importantes comentarios sobre vigas.....	78

	Diseño de mochetas de carga	80
6.4	¿Cómo hacen las estructuras de cajón para resistir sismos?	82
	¿Cómo actúan los sismos sobre las edificaciones?	82
	¿Cuántas paredes debe haber en una edificación de mampostería?	84
	Hay paredes que NO participan para resistir sismos	84
	El conteo de paredes.....	85
	Resistencia sísmica de las paredes de mampostería	86
	Possible cambio de paredes al cambiar de zona sísmica.....	87
	Siempre hay varias posibles soluciones	89
6.5	Ubicación y Refuerzo de las Mochetas y Soleras	94
	Ubicación de Mochetas Principales	94
	Colocación de refuerzos horizontales de la mampostería	98
	Ubicación de refuerzos verticales intermedios.....	98
6.6	¿Cómo deben distribuirse las paredes?	101
	Paredes bien y mal repartidas - la idea básica	101
	Un proyecto de esquina.....	103
	Regla para lograr buena distribución de paredes	106
	Uso del tablayoso.....	111
6.7	Cimientos de estructuras de mampostería confinada	112
	El suelo en el sitio	112
	Consultar existencia de Planes de Ordenamiento Territorial	112
	Tipo de cimiento a utilizar – el cimiento corrido	113
	Forma, dimensiones y refuerzo de los cimientos corridos.....	115
	Guía para estimar la disposición de cimientos corridos	115
7	RECAPITULACIÓN	122
7.1	La secuencia de trabajo	122
7.2	Guía para proceder	123
	Paso 1 -- Las reglas de juego.....	123
	Paso 2 -- Modular la estructura, y verificar capacidad de paredes	125
	Paso 3 – Definir las vigas y mochetas de carga que pudieran ser necesarias	125
	Paso 4 -- Configurar las paredes que formarán el sistema sismo-resistente.....	125
	Paso 5: Ubicar las mochetas y soleras y seleccionar su refuerzo.....	126
	Paso 6: Configurar la cimentación del proyecto.....	126
	Paso 7: Refuerzo de las losas	126
Anexo 1	128
Amenaza de sismo y viento en cada municipio	128
Anexo 2	138
COMPENDIO DE CUADROS DE DISEÑO SIMPLIFICADO	138
Anexo 3	152

MANUAL PARA DISEÑO DE MAMPOSTERÍA SISMO-RESISTENTE DE BLOCK -- AGIES DSE 4.01-2014

Glosario de Términos locales.....	152
Anexo 4.....	154
Bibliografía y Acuerdos de Cooperación	154
Referencias bibliográficas	154
Acuerdos de Cooperación de AGIES con organizaciones e institutos técnicos	155
Anexo 5.....	156
Construcción de adobe - por qué no hay que usarla	156

para comentario

1 PARA QUIÉNES Y PARA QUÉ ES ESTE MANUAL

El propósito de este manual

Este es un manual para diseñar edificaciones de mampostería de block con refuerzo confinante de uno a tres pisos de manera que sean seguras y resistentes a sismos intensos. Está dirigido a todos los que se capacitan como Técnicos en Construcción en los institutos técnicos del país.

Las versiones de prueba han sido bien recibidas por profesionales practicantes y estudiantes universitarios de arquitectura e ingeniería que han visto en este manual una ayuda técnica eficaz y rápida para un problema de diseño de edificación menor que en Guatemala se resuelve típicamente en forma empírica por todos los sectores de la construcción.

La Asociación de Ingeniería Estructural y Sísmica – AGIES – que avala y promueve este manual, considera que es necesario contar con un instrumento de diseño que indique los pasos y procedimientos básicos que hay que seguir para planear una edificación de mampostería de block de concreto con refuerzo en un país altamente sísmico.

Probablemente el manual no resulte fácil de utilizar al principio porque tiene ideas y conceptos que no siempre se manejan a nivel de cursos técnicos y entre maestros de obra practicantes.

Para promover una construcción sismo-resistente aceptablemente diseñada, este manual se enfoca en varios aspectos clave que son generalmente desatendidos en el país: uno es que se comprenda que hay una cantidad mínima de paredes que deben ponerse según el área construida de la obra; otro aspecto es que las paredes deben estar adecuadamente distribuidas en toda el área de construcción; también intenta promover conciencia de que los materiales de construcción tienen diversas capacidades y resistencias y que se puede escoger la que más convenga entre las que tienen calidad reconocida, descartando aquellas que sean inadecuadas o de mala calidad. Los maestros constructores en el país sí ponen refuerzo, a veces de más, pero no siempre en el punto apropiado. Este manual se limita a construcción de tres pisos y se indica por qué, ya que es necesario crear un convencimiento del número máximo de pisos que es apropiado poner cuando se utilizan métodos simplificados de diseño.

En resumen planificar y diseñar la resistencia de una construcción significa determinar de antemano qué y cuánto hay que poner para que resista el peso de la obra y los sismos que vendrán en el futuro, y además de forma que se pueda sufragar de manera económica.

En este manual hay poco énfasis en las técnicas de ejecución del levantado de mampostería. No se habla de hilos o plomadas. Eso está cubierto por otro tipo de manuales de ejecución.

Necesidad de capacitación

Quizás, al final, este documento haya quedado más dirigido al instructor y al maestro que puede diseminar y hacer amigables los conceptos. El usuario directo al que estaba originalmente destinado probablemente necesitará una capacitación formal para aprovechar el contenido.

Por lo tanto, para poder aprovechar y utilizar este manual apropiadamente es altamente

recomendable, incluso necesario, que el interesado tome un curso de Diseño Simplificado de Estructuras de Mampostería con refuerzo. A partir de 2014 habrá cursos avalados por AGIES, que impartirán varias de las escuelas técnicas que hay en Guatemala y varias organizaciones interesadas en mejorar la construcción empírica en el país.

El planteo de AGIES para lograr difundir los conceptos contenidos en el manual es interactuar con las escuelas técnicas y organizaciones que hayan formalizado acuerdos de cooperación con AGIES -- listadas en el Anexo 4 de esta edición – para capacitar a sus instructores. Los instructores de estos institutos y organizaciones serán los directamente encargados de capacitar a los técnicos en construcción en los que AGIES y la institución cooptante están interesados como usuario final.

Términos y palabras utilizadas

En el manual se usan muchos de los términos locales comúnmente utilizados en Guatemala por el gremio de la construcción con el fin de lograr una comunicación de ideas más fluida y directa. Los términos no se usan “por gusto”, arbitrariamente; cuando hay una palabra igual o mejor en español estándar se usa esa palabra; pero muchos de los términos especiales de los sistemas constructivos no tienen equivalente estándar y se usan como la mejor opción de comunicación directa y fluida. El mejor ejemplo es que se usa el término “block”, que todos captan de inmediato en el país, en lugar del altisonante “bloque hueco de concreto”

Los localismos y otros términos especiales están definidos en el Glosario del Anexo 3.

Tipo de edificación cubierto por el manual

Los conceptos constructivos contenidos en este Manual aplican solamente a lo siguiente:

- Edificaciones con un **sistema estructural de cajón**; en este sistema la estructura principal de soporte son las propias paredes de mampostería con refuerzo de barras de acero (el llamado “hierro” de construcción); para un constructor guatemalteco este sistema no tiene nada de arcano o misterioso: es el que normalmente se usa para hacer casas de mampostería desde hace más de medio siglo;
- La edificación **no sobrepasa 3 niveles**;
- La altura máxima de cada nivel no será mayor de tres metros;
- El área sumada de todos los niveles será generalmente menor a 300 metros cuadrados pero no hay una limitación estricta de área;
- Aplican algunas otras limitaciones - La edificación no puede ser demasiado alargada, ni demasiado alta y estrecha, conforme se indicará en el texto

La edificación debe cumplir la lista de CRITERIOS ESTRUCTURALES estipulados a lo largo del texto de este Manual y el diseño debe hacerse en los 7 pasos descritos en el capítulo final.

Tipo de mampostería cubierto por el manual

Hay varios tipos de mampostería en uso en Guatemala pero esta edición del manual solo cubre el más usado de ellos.

La única mampostería tratada en detalle en este manual es la que está hecha con bloques huecos de concreto, que son los llamados “blocks” en Guatemala. Este es el tipo de mampostería que se está utilizando generalizadamente en el país.

Otros tipos de mampostería, incluyendo los ladrillos de arcilla cocida y la piedra solo se mencionan pero no se tratan en ningún detalle. Su utilización actual en el país es poca y únicamente contribuirían a alargar la presente edición. En el futuro podrían considerarse fascículos técnicos específicos para estos materiales.

No se considera la construcción de adobe. Aún más, hay un breve Anexo en que se indica por qué es peligroso y por qué NO DEBE utilizarse. En la parte más poblada de Guatemala el adobe sólo puede hacerse con limos volcánicos que tienen baja cohesión y que no adquieren ninguna resistencia al hacer bloques con ellos. Se desintegran con facilidad.

La forma de reforzar la mampostería de block considerada en este manual es con refuerzo confinante. Es la mampostería reforzada que en la literatura técnica internacional se llama "mampostería confinada". Es el tipo de refuerzo generalizadamente utilizado en Guatemala desde hace décadas. Estos refuerzos de concreto con varillas de acero incorporadas reciben el nombre local de "mochetas" (refuerzos verticales) y "soleras" (refuerzos horizontales).

En el manual se considera la opción de utilizar refuerzos interbloque (llamados "pines" en el país) pero obligadamente combinados con mochetas. No se consideran refuerzos interbloque que sustituyan a las mochetas principales de la edificación.

La organización del manual

Este manual consta de 6 capítulos, un Resumen y varios anexos.

El Capítulo 2 está dirigido a formar conciencia de que construir genera riesgos a la vida y a la propiedad especialmente en un país altamente sísmico; que esos riesgos se manejan y reducen siguiendo reglamentos de construcción y ejecutando prácticas constructivas éticas y rigurosamente cuidadosas.

En el Capítulo 3 se describen brevemente las amenazas naturales en Guatemala: sismo, problemas el terreno y hasta cierto punto, viento (que es una amenaza menor en el país). De las tres amenazas solamente el sismo se trata con detalle. Las amenazas de terreno se tratan en un Fascículo AGIES asociado al manual al igual que el viento. El Anexo 1 contiene una lista de municipios del país donde se indica la zona sísmica y la zona de viento que le corresponde a cada uno.

El capítulo 4 trata sobre los bloques huecos de concreto, sus características, resistencias, morteros y formas de hacer levantados. Está ilustrado de la mejor manera posible y se discuten los blocks de origen artesanal y los de origen industrial. Si bien se describen las diferentes resistencias de las unidades de block, las tablas y datos sobre la resistencia de los levantados se demoran hasta el capítulo 6 en vista que la resistencia del levantado depende también del refuerzo y de la geometría misma del levantado.

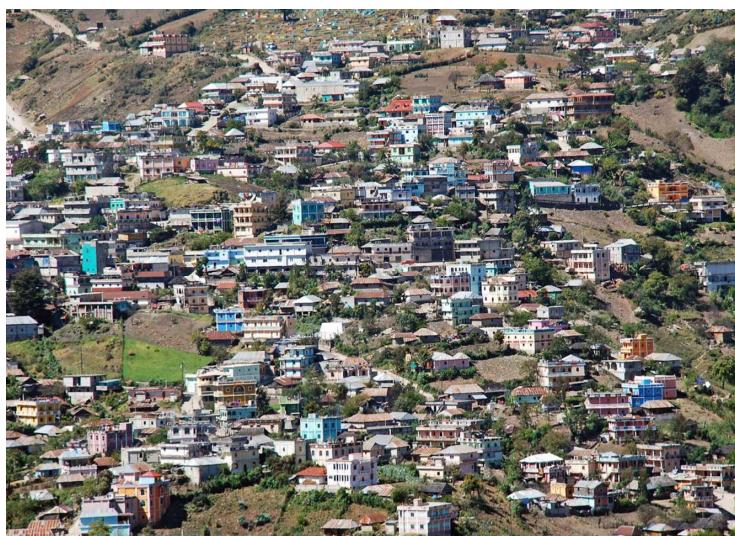
En el Capítulo 5 se describe el propósito y razón de ser del refuerzo y la manera de colocarlo para lograr mampostería sismo-resistente. Se considera que el manual contiene una descripción didáctica y bastante completa de cómo y por qué funciona el refuerzo. Se ilustran detalles típicos para ensamblar las "mochetas" y "soleras" que constituyen el refuerzo.

El capítulo 6 describe el funcionamiento de las estructuras de mampostería, específicamente las de block con entrepisos y azoteas de concreto reforzado que es un sistema generalizado en el país. Las particularidades y detalles del diseño y refuerzo interno de las losas, ya sean fundidas en sitio o prefabricadas están contenidas en fascículos AGIES asociados. El diseño de mampostería con techos flexibles artesonados también queda en un Fascículo asociado.

El mismo Capítulo 6 contiene procedimientos simplificados para establecer la capacidad de carga vertical y la capacidad sismo-resistente de la mampostería reforzada con operaciones aritméticas simples y directas con el auxilio de tablas numéricas pre-calculadas. Las bases del pre-cálculo están descritas en un Fascículo Técnico. Este capítulo también contiene un procedimiento simplificado para evitar que se generen excentricidades excesivas en las estructuras de mampostería. Los métodos están ilustrados desarrollando ejemplos.

El breve capítulo de resumen tiene el propósito de mostrar la secuencia de diseño que es conveniente seguir, utilizando los conceptos previamente dados en los capítulos 4, 5 y 6, preparando al lector para que aborde el “**Cuaderno de Ejercicios y Ejemplos Resueltos para uso con el Manual de Diseño Simplificado de Mampostería de Block**”. Este es un instrumento paralelo de capacitación en el que se desarrollan varios proyectos de práctica necesarios para consolidar las técnicas simplificadas del manual.

¿Qué se construye hoy en Guatemala?



Poblaciones que hace apenas 25 años eran de adobe y de un solo nivel están siendo espontáneamente re-edificadas en block con refuerzo de varios niveles.

(San Mateo Ixtatán, Huehuetenango)

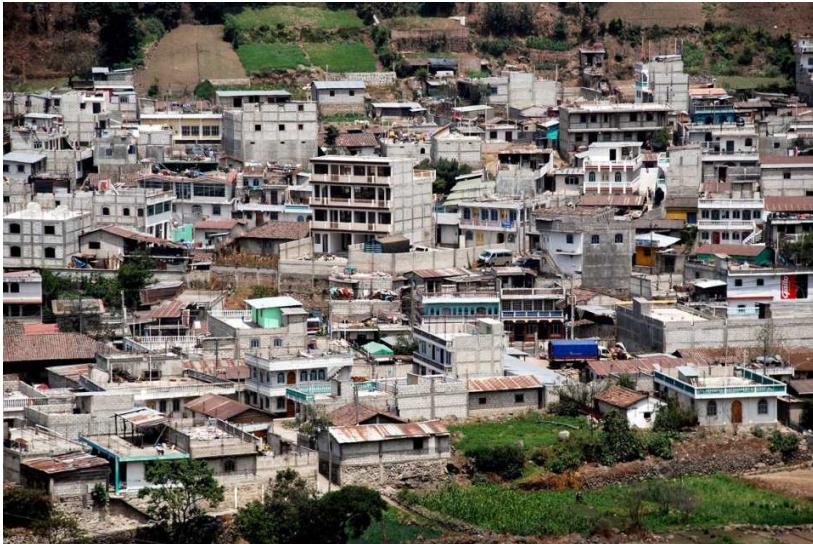
Por toda Guatemala, la edificación menor, que incluye vivienda unifamiliar y comercios pequeños, está siendo edificada en block con refuerzo (mampostería de bloques huecos de concreto de varios tipos con refuerzo confinante). En las últimas dos décadas numerosas poblaciones están siendo gradual y espontáneamente re-edificadas en este sistema desplazando el antiguo adobe sin refuerzo.

Hay un proceso gradual de sustitución de las viejas técnicas constructivas hacia mampostería de block con refuerzo.

También han evolucionado los aspectos funcionales, sanitarios y estéticos.

Este notable proceso lo ejecutan maestros constructores. A ellos va dirigido este manual.





Otro ejemplo de una población espontáneamente re-edificada en block con refuerzo durante las últimas dos décadas.

Desafortunadamente el proceso urbanístico no es ordenado y tiende al hacinamiento

(Zunil, Quetzaltenango)



En Guatemala no es necesario convencer a nadie de que la mampostería debe llevar refuerzo.

Obsérvese en estos dos ejemplos cómo los refuerzos se colocan típicamente en esquinas e intersecciones de paredes y que además se colocan refuerzos en posiciones intermedias formando retículas relativamente densas.



Estos casos están en lugares distintos de Guatemala. La misma técnica básica se utiliza en todo el país

En las zonas urbanas medianas y pequeñas y también en áreas semi-rurales, esta construcción es ejecutada en forma generalizada por maestros de obra que prestan sus servicios como diseñadores y administradores de obra para clientes individuales. Son ampliamente conocidos en sus poblaciones y también reconocidos de hecho por las administraciones municipales. Estos maestros constructores edifican más de tres cuartos de la vivienda y los locales comerciales fuera de las áreas metropolitanas

Un manual para diseñar lo que realmente se hace

La intención es proveer un manual comprehensivo que cubra el tipo de construcción que realmente se está haciendo por toda Guatemala. AGIES ha considerado si debe promover algo más breve y directo para construcciones muy básicas y simples.

Sin embargo, no son construcciones básicas y simples las que lo que están siendo espontáneamente construidas en el país. Más bien son edificaciones estructuralmente complicadas y ciertamente de varios niveles. Incluso más niveles que los tres que creemos prudente fijar como máximo con la tecnología que se está aplicando.

De modo que este manual puede requerir algún esfuerzo para “entrarle” (como se dice en Guatemala) porque se desarrollan conceptos importantes y se incluye la resolución de casos realistas, desde básicos hasta un poco más complejos.

Durante los eventos de divulgación que AGIES promovió o en los que participó en el transcurso de 2013, fue satisfactorio percibir que hay interés por el Manual en los sectores estudiantiles de ingeniería y arquitectura. También lo hay por parte de ingenieros y arquitectos practicantes. Hay buenas razones para el interés demostrado.

Como veremos a partir de la siguiente sección, este Manual cubre la planificación de las llamadas construcciones de cajón hechas de mampostería con refuerzo. Por 75 años se ha venido desarrollando en Guatemala la construcción con mampostería confinada, o mejor dicho “mampostería con refuerzo confinante”. En todo ese tiempo, salvo en una minoría de proyectos, la estructuración de las paredes de mampostería se decide empíricamente, con reglas basadas frecuentemente en la costumbre. Tradicionalmente no ha habido en ninguno de los sectores de construcción una gran preocupación por la cantidad de paredes que debe tener una edificación. La resistencia de la mampostería ha recibido atención de los constructores con formación universitaria pero igualmente tiende a proyectarse con criterios de base empírica.

De manera que un manual que permite estimar la cantidad apropiada de paredes con un par de multiplicaciones aritméticas y además localizarlas convenientemente dentro del proyecto promete ser una herramienta útil, aún en sectores con educación universitaria.

Lo conveniente de una edificación de mampostería de pocos niveles es que se puede lograr con pocos cálculos de ingeniería siempre que sigamos ciertos lineamientos fundamentales.

Por supuesto habrá que hacer algunas cuentas y cálculos. Si no ¿cómo sabremos objetivamente cuándo nos falta resistencia y cuándo es ya suficiente? Pero las cuentas que tendremos que hacer no son más difíciles que las que hay que hacer para lograr un buen presupuesto. La persona que puede sacar las cantidades de materiales y hacer el presupuesto de cuánto va a costar una obra para prever si los fondos disponibles alcanzan, igual puede hacer un presupuesto de cargas para ver si las resistencias disponibles alcanzan... En el fondo es lo mismo.



Aún otra muestra del tipo de proyectos que se desarrollan empíricamente por toda Guatemala cuyos procedimientos constructivos y características estructurales deben ser apuntalados.

No todos los conceptos contenidos en este manual se entenderán al primer intento de leerlo. Recomendamos que se entere en el sitio electrónico de AGIES para averiguar cuáles Institutos de Capacitación están sirviendo cursos de mampostería reforzada. Todo es más fácil recibiendo un curso o una capacitación. Comuníquese por medio de nuestro sitio de Internet www.agies.org

Otros manuales de mampostería que se pueden consultar

A lo largo de América Latina se han redactado monografías y manuales sobre el tema de la mampostería confinada. En los últimos años instituciones como EERI¹ han comprendido también la enorme importancia de la mampostería confinada a nivel mundial.

He aquí algunas de las publicaciones en español que pueden ser consultadas al respecto:

AIS – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ca. 2001), “**Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo-Resistente de Viviendas de mampostería**”, LA RED - La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Colombia.

Blondet, M. editor (2005), “**Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería – para albañiles y maestros de obra**”, Pontificia U. Católica del Perú y SENCICO, Perú.

Ministerio de transporte e Infraestructura (2011), “Nueva Cartilla de la Construcción”, Cuido de edición: PAVSA, Managua, Nicaragua

¹ Earthquake Engineering Research Institute www.eeri.org

Hay otros dos manuales importantes que tratan la mampostería con refuerzo confinante y que permiten manejar cálculos de ingeniería, uno en español y otro en inglés:

Klingner, R. E. (2011), “**Especificación, Diseño y Cálculo de Mampostería**”, Instituto Costarricense de Cemento y Concreto (ICCYC), San José, Costa Rica
Presentado por el autor como un libro de apuntes sobre diseño en mampostería para Ingeniería, arquitectura y construcción.

Meli, R, S. Brzev, M. Astroza, T. Boen, F. Crisafulli, J. Dai, M. farsi, T. hart,A. mebarki, A.S. Moghadam, D. Quiun, M. Tomazevic, L. Yamin (2011), “**Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings**”, World Housing Encyclopedia, EERI & IAEE.

2 CONSTRUIR PROVOCÁ RIESGOS -- POR ESO HAY QUE SEGUIR NORMAS --

Protección de la vida y protección de la propiedad

Cuando construimos algo generamos riesgos. Adentro de nuestras construcciones habrá personas – **si no construimos bien**, la integridad física y aún **la vida de esas personas estará en riesgo**.

Las construcciones cuestan dinero; las personas que encargan una obra invierten gran parte de su capital en ella. A veces ponen todos sus ahorros y todavía se quedan con deudas para pagar la obra – **si no lo hacemos bien, el bienestar y la propiedad de esas personas estará en riesgo.**

ES DEBER DEL CONSTRUCTOR BAJAR ESOS RIESGOS LO MÁS POSIBLE.

Para comprender qué es un riesgo y cómo lo podemos reducir, tenemos que comprender primero los dos factores que provocan un riesgo: **las amenazas de la naturaleza y la vulnerabilidad de las construcciones.**

Cuando hay mucha amenaza natural y la construcción es muy vulnerable hay mucho riesgo para las personas y su propiedad.

Cuando hay mucha amenaza natural pero la construcción es poco vulnerable hay poco riesgo para las personas y su propiedad.

Entre las amenazas naturales están los terremotos, los terrenos malos y en algunos lugares, los vientos y remolinos. Esas amenazas de la naturaleza no las podemos cambiar. Pero sí está en nuestras manos construir con poca vulnerabilidad. **De manera que bajar el riesgo sí está en las manos del constructor.**

¿Qué hay que hacer para construir con poca vulnerabilidad?

Hay que entender bien el sistema constructivo que estamos utilizando y evitar las prácticas que producen mucha vulnerabilidad.

La razón de ser de este Manual es ayudar a comprender el sistema constructivo de mamostería con refuerzo.

¿Usar el manual nos librará de los riesgos de construir? Claro que no. El manual ayuda pero hasta allí. El manual indica cómo trabajan las cosas, aconseja y recomienda. Reducir la vulnerabilidad de una construcción depende de cómo la ejecutan el constructor y los demás que participan en la construcción, cada uno en su papel.

La necesidad de que haya normas de construcción

Está claro que una buena construcción depende de la ética y la honestidad de los que participan.

¿Será eso suficiente? Pues no. Podemos cometer errores por no saber. También es necesario que todas las personas cumplan con su misión sin bajar maliciosamente la calidad.

Para eso debe haber normas.

Las Normas de Construcción que aplican en Guatemala

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, CONRED, ha emitido las Normas de Reducción de Desastres NRD-1 (Construcción), NRD-2 (Rutas de Evacuación y Salida²) y NRD-3 (Calidad de los Materiales).

La Norma NRD-1 estipula que son las Normas de Seguridad Estructural AGIES NSE las que aplican para diseño estructural y construcción y la Norma NRD-3 estipula que las normas de materiales aplicables son las Normas Técnicas Guatemaltecas NTG aprobadas por COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas)

La Norma AGIES NSE 4.1 – 2014

Las normas NSE de AGIES están dirigidas a varios tipos de edificación. Por ejemplo para edificios de varios pisos aplican las NSE-2 y NSE-3. La norma NSE-5 aplica a puentes y carreteras. Todas las normas NRD pueden bajarse gratuitamente del sitio www.conred.org

La norma **NSE 4** aplica a la construcción menor de hasta 3 pisos. La norma NSE 4 está actualmente en revisión y modificación.

La norma NSE-4 que se está modificando (durante 2014) contiene la norma **NSE-4.1** que aplica a edificaciones para vivienda y comercios de hasta 3 pisos hechas con mampostería confinada. Esta norma está programada para estar lista a principios de 2014.

El presente Manual, cuya referencia es “Documento DSE-4.1” ya es compatible con la nueva NSE 4-2014. Este manual puede bajarse gratuitamente del sitio www.agies.org

La Norma COGUANOR NTG 41054

Esta es la norma para la fabricación del block

Los límites de la construcción de mampostería

Uno de los propósitos de este Manual es que todos comprendamos que la mampostería tiene sus límites.

Para el que ha trabajado mampostería toda su vida pareciera que el sistema no tiene límites: como que se le puede poner piso tras piso sin más límites que los que dicta el entorno económico de la población donde está construido; el sistema parece aguantar todas las formas y configuraciones posibles; parece que se pudieran localizar puertas y ventanas donde se quiera. El sistema tiene la reputación de ser “noble” y prestarse a cualquier deseo del constructor.



Pero eso NO es así. Sabemos por la experiencia sísmica reciente que el sistema falla, sobre todo por falta de conciencia sobre los límites que no deben transgredirse.

Alguien podría decir “pero mire, ahí está en pie la obra, ni rajaduras tiene”. Pero en Guatemala están latentes sismos intensos que alguna vez van a sacudir nuestras obras con gran fuerza.

² Incluye salidas de emergencia

Ahí veremos cuáles son las obras donde alguien se pasó del límite.

Claro, a eso podría contestarse: ¿Y dónde dice cuáles son los límites? ¿Cómo sabe uno hasta dónde llegar para que el terremoto no dañe la construcción o no haya que botarla después? Y habría razón al preguntar eso, porque en Guatemala, a pesar de ser país de terremotos, no hay información, ni manuales donde se diga realmente hasta donde resiste la mampostería según su clase.

A decir verdad, sí hay reglas básicas desde hace 50 años: son las del Instituto de Hipotecas Aseguradas (FHA) que los bancos usan para hacer préstamos de vivienda. Pero con la dinámica de construcción que se ha desarrollado por toda Guatemala se necesitan instrumentos adicionales, tanto para ingenieros como para técnicos de la construcción. Por ejemplo las reglas del FHA no indican claramente algo tan básico como la densidad de paredes que es adecuado utilizar.

De esa cuenta ni siquiera los ingenieros tienen una imagen clara del nivel de esfuerzos que pueden llegar a desarrollarse en sus proyectos. Mucho menos el constructor empírico.

Uno de los propósitos de este Manual es tratar de que el lector **se convenza por sí mismo** acerca de esos límites que no deberían ser sobrepasados y cuáles cosas no deben hacerse y no deberían ser repetidas si se hacen actualmente.

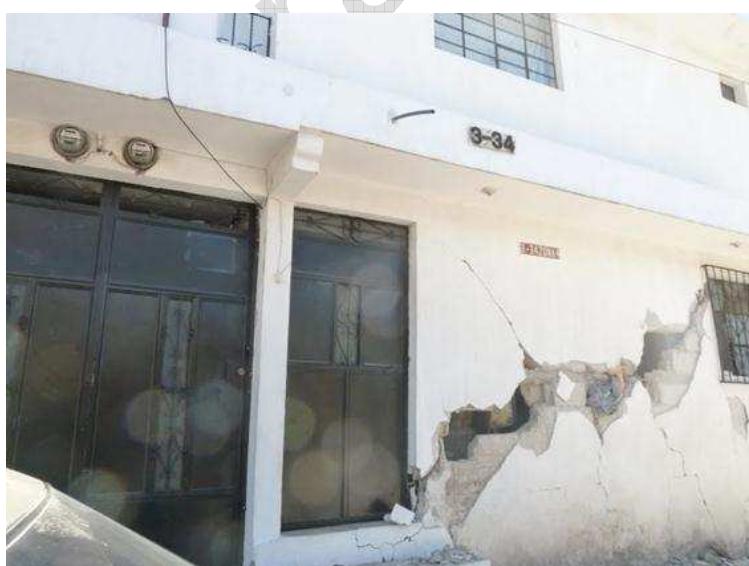
En la medida de lo posible, este manual ilustra el comportamiento de la mampostería con experiencias sísmicas reales. Sismos intensos ocurridos en varios sitios del país sirven como muestra para poner de manifiesto lo que ya no se debe hacer y mostrar muchos de los problemas que hay después de un sismo muy fuerte.

Se intentará, con números y medidas, indicar hasta dónde se puede llegar con la construcción de mampostería para que el próximo terremoto no la tumbe y que la dañe lo menos posible. Porque algún daño cabe esperar con cada sismo de alta intensidad.

Se intenta hacer fácil establecer si hay pocas paredes; o establecer si las paredes están mal distribuidas. Mala configuración ha sido una de las principales causas de daño sísmico en el país.

La calidad de los materiales

En Guatemala comprar un block es tan fácil como comprar una botella de agua gaseosa.



¿Pero cuál es la calidad que compramos?

Se ha visto en sismos anteriores ocurridos en Guatemala, por ejemplo en el de Cuilapa en 2011 o en el de San Marcos en 2012 que mucha mampostería no trabajó bien a causa de la mala calidad del Block a pesar que el refuerzo no era inadecuado. A veces la mala calidad del concreto de las mochetas y las soleras fue el detonante de la falla.

La calidad mala calidad del block ha sido determinante en el desempeño de la mampostería.. En cada terremoto que ha ocurrido se ha visto cómo el sismo ha delatado el mal material y cómo el buen material se hace “respetar” por el sismo.

Pero entonces surge la pregunta: ¿y cómo se sabe cuándo el block que se compra es bueno? Actualmente la única prueba es, creámoslo o no, si el block aguanta o no el viaje en el camión de transporte. O si los dejamos caer desde cierta altura y no se quiebra. Pero eso no es ni adecuado ni suficiente; muchos blocks que si aguantaron el viaje en el camión de transporte se han deshecho durante un terremoto.

Poder comprobar la calidad de los insumos, especialmente del block es un reto que el país enfrenta, especialmente por la proliferación de pequeñas fábricas artesanales.



Fábrica artesanal de block en El Tejar

Obsérvese la pequeña planta de fabricación al fondo

3. LAS AMENAZAS DE LA NATURALEZA EN GUATEMALA

En este capítulo repasaremos brevemente los **sismos** y el **viento**.

Hay que tener presente que hay otras amenazas naturales, especialmente derrumbes, deslaves, correntadas que no podremos tratar a fondo en este documento; la Sección 3.3 ofrece un vistazo general.

3.1 Amenaza sísmica

¿qué son los sismos? ¿Cuándo los llaman “terremotos”?

Un sismo es un evento natural donde el suelo de una región se pone a temblar, por lo general menos de un minuto.

Cuando la vibración del suelo no es demasiado fuerte, la gente lo llama “**temblor**”. La palabra “temblor” no es un término técnico; más bien describe nuestra percepción de que el sismo sólo fue un susto. En términos un poco más técnicos diríamos que el sismo causó una **baja intensidad** de vibración en lugar donde se sintió.

Cuando la vibración del suelo es muy fuerte, al grado que ya causa daños a las construcciones más vulnerables, la gente lo llama “**terremoto**”. Tampoco es un término técnico. No hay ninguna medida que defina cuándo es “terremoto”; más bien es nuestra percepción del impacto sufrido por el lugar afectado por el sismo. En términos un poco más técnicos dirímos que el sismo causó una **alta intensidad** de vibración en lugar donde afectó.

La palabra “sismo” abarca todos los casos. En este manual se usa la palabra “sismo”. **Lo que nos interesa en este manual es indicar cómo proteger las construcciones del embate de sismos de alta intensidad.**

No es el objetivo de este manual explicar por qué se producen sismos grandes y pequeños; tampoco veremos aquí en dónde se originan los sismos en Guatemala, ni cómo llegan las vibraciones hasta el sitio donde está nuestro proyecto. Eso está descrito más detalladamente en el Fascículo de AGIES DSE 4-02 “**¿Por qué Tiembla en Guatemala y Dónde?**”. Recomendamos al lector que lo baje del sitio www.agies.org.gt y lo consulte si quiere saber un poco más sobre sismos.

¿Dónde impactan más los sismos en Guatemala?

Lo que sí se indica en este manual es **cuáles municipios están más amenazados por sismos** y cuáles no tanto.

La amenaza sísmica ha sido bastante bien estudiada para Guatemala. Sabemos en qué áreas es más probable que ocurran sismos intensos.

La Norma AGIES NSE 4.1 – edición de 2014 (en preparación) diferencia tres zonas sísmicas en Guatemala: Sismicidad Alta, Sismicidad Media y Sismicidad Baja. Todo el territorio de este país, excepto el norte del Petén, ha sufrido sismos dañinos en una u otra ocasión en los últimos 500 años.

Las tres zonas sísmicas se muestran en el mapa de la Figura 3-1. Para que no haya confusiones al tratar de leer el mapa, hay una lista de municipios en el Apéndice 1 de este manual donde se indica en cuál zona sísmica está cada municipio del país. El mismo mapa y la misma lista estarán en la norma NSE 4.1-2014.

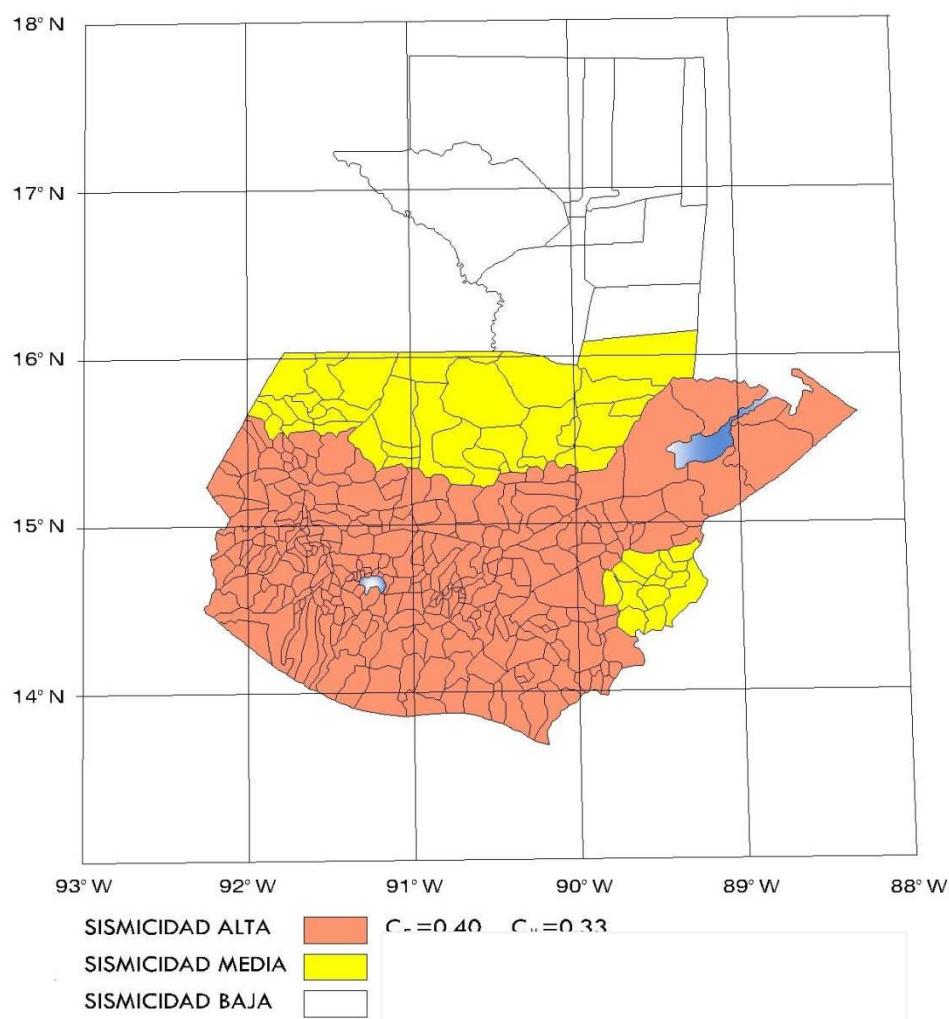


Figura 3-1

Mapa Simplificado de la Sismicidad en Guatemala
Los datos de cada municipio están listados en el Anexo 1
Fuente: Norma AGIES NSE 4.01 edición 2014 en preparación

¿Qué es sismo-resistencia?

Ciertas técnicas buenas de construcción tienen como propósito proteger contra sismos de alta intensidad, es decir, proteger contra terremotos. Estas técnicas de diseño y construcción se llaman “técnicas sismo-resistentes”.

Las técnicas sismo-resistentes que aplican a edificaciones de mampostería de 1 a 3 niveles se estudiarán en este manual a partir de la Sección 7.4. Ya desde el Capítulo 5 se explican las ideas básicas de los refuerzos que se le ponen a la mampostería.

La aplicación de técnicas sismo-resistentes va a impedir que la edificación colapse sobre los ocupantes y además protegen de la mejor manera posible los bienes de los propietarios. Pero hay que tener presente que las técnicas sismo-resistentes no pueden ganarle en todo a la Madre Naturaleza cuando ésta produce un sismo muy fuerte. La sismo-resistencia ayuda a controlar el daño, pero no lo puede evitar por completo. Entre más complicada sea la edificación, habrá más posibilidad de que sufra algún daño: grietas en paredes, repellos caídos, algunos vidrios rotos...

Pero si se entienden bien las técnicas y trucos que vamos a aprender con el manual, y las aplicamos bien al construir, el daño será limitado, o a lo mejor, ni habrá.

De modo que uno tiene que ser prudente y cauteloso y no debería exceder las limitaciones indicadas en forma directa o indirecta en este manual

3.2 Amenaza de Viento

¿Dónde hay más viento en Guatemala?

Afortunadamente en Guatemala no se producen vientos con duración y velocidad de huracán. Pero el viento que puede producirse sí es capaz de afectar construcciones livianas. Además hay sitios muy ventosos y otros donde suelen producirse remolinos, de manera que es recomendable prestar atención a las características de cada localidad.

La Norma AGIES NSE 4.1 a partir de 2014 distingue dos zonas de viento. La amenaza de viento es un poco mayor en la Zona A que en la Zona B.

Las zonas de viento se muestran en el mapa de la Figura 3-2. Hay una lista donde se indica en qué zona de viento está cada municipio del país está en el mismo Anexo 1 en el que están listadas las zonas sísmicas al final del Manual.

Un dato de interés:

La palabra “huracán” tiene origen maya. Es Jun Rakan, uno de los dioses formadores citados en el Popol Vuh. Cualquiera de los hablantes de un lenguaje maya en Guatemala reconocerá inmediatamente el significado de “jun rakan”: “una pierna”, (¿será porque los remolinos tienen una sola pierna?).

También es de interés recordar que “terremoto” en lenguajes de origen maya es “cabrakan”. Aunque el Cabrakan cuya historia se lee en el Popol Vuh era solamente uno de los semidioses que causaban daño al vagar por el mundo.

Dónde consultar sobre el Viento:

En este manual no tenemos suficiente espacio para tratar los efectos del viento sobre las cubiertas de lámina. Cuando sea necesario instalar techos de lámina se puede consultar el Fascículo AGIES DSE 4-04 “Losas de Concreto Reforzado y Techos de Lámina”.

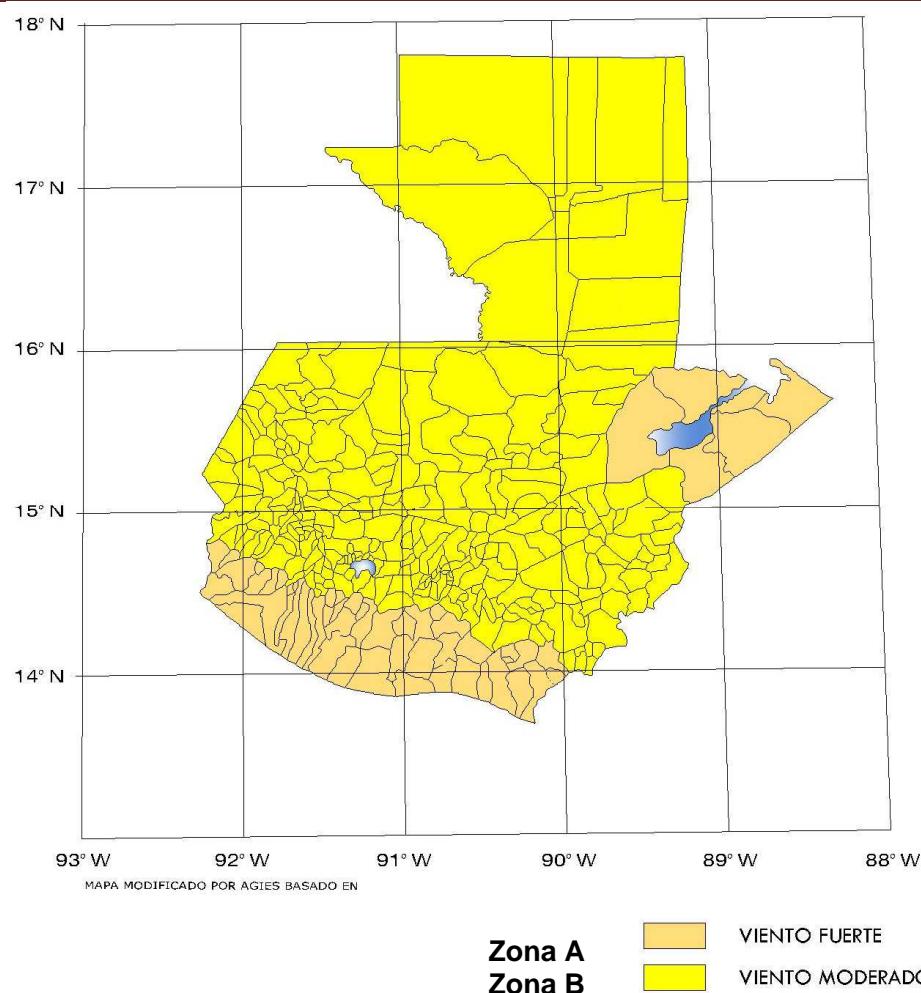


Figura 3-5

Mapa Simplificado de Viento en Guatemala
Los datos de cada municipio están listados en el Anexo 1
Fuente: Norma AGIES NSE 4.01edición 2014 en preparación

¿Cómo actúa el viento sobre las edificaciones?

En vista que no abordaremos el tema del viento directamente en este manual, será útil por lo menos tener un concepto básico sobre la manera de actuar del viento.

En resumen, el viento actúa de tres maneras:

1. Sobre las paredes verticales que dan cara al viento, las presiona, trata de empujarlas. Sobre las paredes verticales que quedan detrás del viento, las succiona (o sea las “chupa” desde atrás). Los vientos que puede haber en Guatemala no llegan a afectar las paredes de mampostería.

2. A los techos, el viento los succiona (o sea los “chupa hacia arriba”). Los techos de losa de concreto no se ven afectados por el viento. El problema es con los techos de lámina; si el viento es muy fuerte puede levantar el techo con todo y costaneras y hasta el artesonado;
3. Los aleros y cumbre ras son casos especiales: se ven afectados **el doble** por el viento, especialmente los aleros que dan cara al viento. El viento además de succionarlos hacia arriba, los empuja desde abajo. Igual que en los casos anteriores, los techos de losa no se ven afectados, ni aún sus aleros. Pero la lámina sí. Si se llega a desprender una lámina puede lastimar personas, es peligroso despreciar el viento.

Los remolinos: aunque sean pequeños son casos especiales. El remolino trabaja como si fuera una aspiradora gigante. Donde pasa el remolino “chupa” con mucha fuerza hacia arriba, mucho más que un ventarrón.

Lo que mejor protege de los remolinos son las losas de concreto.

3.3 El terreno y las edificaciones

Saber si el terreno del proyecto es seguro y está libre de amenazas naturales es igual de importante que incorporar sismo-resistencia en la mampostería.

Examinar esos peligros en detalle queda fuera de los alcances de este manual, pero en las siguientes páginas se presentan varios ejemplos de situaciones desastrosas que se han dado en el país en los últimos años. El objetivo de esas imágenes es que se tome conciencia de lo que puede pasar. Uno a veces ni se imagina que algunas de esas situaciones son siquiera posibles.

Los principales riesgos originados en los terrenos se tratan en el Fascículo **AGIES DSE 4-03 “En Busca de Terrenos Seguros para Construir”**. Entre los principales riesgos de terreno se cuentan los siguientes:

- Derrumbes de orillas de barrancos por lluvia o sismo;
- Deslizamiento de laderas;
- deslaves de laderas por lluvias;
- Correntadas de lodo;
- crecidas que erosionan el terreno;
- crecidas que inundan el terreno;
- terrenos expuestos a marejada por tormenta;
- terrenos que se hunden o asientan por sismo;
- terrenos expuestos a marejada por sismo

Estas amenazas de sitio deben ser tomadas en consideración ANTES de iniciar la construcción e incluso ANTES de comprar el terreno para hacer la obra.

Construir con menos riesgo empieza por conocer las amenazas naturales que afectan al terreno donde se va a construir. La **identificación de sitios con amenazas naturales** no es cosa fácil. No todas las amenazas naturales del terreno son evidentes. Algunas pueden ser evidentes, como construir a la orilla de una barranca. Pero ¿quién puede prever por sí solo una amenaza como las correntadas de lodo mostradas en la Figura 3.7?

Identificar las zonas de peligro es tarea de cada Municipalidad. Cada una debería tener, o mandar hacer, un **Estudio de Sitios Peligrosos**. Esta identificación de sitios con amenazas es casi siempre parte del Plan de Ordenamiento Territorial el cual varias municipalidades en Guatemala ya tienen o ya han emprendido.

Los Estudios de Sitios Peligrosos no son populares en ningún lado, pero son necesarios. Uno a veces ni se imagina los peligros y los dueños de terrenos peligrosos se resisten a creer que sea posible... hasta que el desastre ocurre.

En el Fascículo **AGIES DSE 4-03 “En Busca de Terrenos Seguros para Construir”** se presentan muchas más situaciones para tener conciencia del problema. Los Estudios de Sitios Peligrosos hechos por expertos especializados pueden salvar vidas. Y ciertamente cuando CONRED declara que un sitio es peligroso es mejor atender las observaciones.



Figura 3-6 A y B - Estragos causados por crecidas durante la tormenta Agatha en Cantel, Quetzaltenango en 2010 -- Fotos: Melvin C. Pérez.





**Figuras 3-7 A y B Correntadas de lodo por deslaves
en Santa Rosa Xejuyub, Santa Cruz del Quiché**

Once flujos de lodo ocurrieron en una sola noche en septiembre de 1998
Varios fallecidos y varias casas completamente destruidas.
El deslave mostrado en la foto B recorrió medio kilómetro antes de destruir
dos casas. ¿Quién puede imaginar esto a menos que las municipalidades
inicien estudios serios de sitios peligrosos en los sectores poblados?

Fotos H. Monzón





Figura 3-8
- Derrumbe de talud –
Ciudad de Guatemala,
octubre 2013
Foto CONRED



Figura 3-10 – Licuación del terreno
El suelo se vuelve temporalmente líquido durante un sismo intenso y largo;
la construcción se hunde en el lodo
(solo pasa en algunos suelos propensos
que es importante identificar con anterioridad)
Río Dulce Izabal – 11 julio 1999
Foto H. Monzón

4 MAMPOSTERÍA DE BLOCK CON REFUERZO

El tema central en este capítulo del manual es la mampostería de bloques huecos de concreto con refuerzo confinante, llamada simplemente por toda Guatemala “construcción de block”, sobreentendiéndose que tiene “mochetas” de refuerzo verticales y “soleras” horizontales. Estos y otros términos locales, útiles y difícilmente reemplazables, están resumidos y explicados en el [Anexo XX](#).

4.1 Comentarios sobre otras clases de mampostería

Antes de entrar al tema específico vamos a describir la mampostería de una manera general para tener claro que la mampostería de block no es la única que existe, aunque sí será la única que se abordará en esta edición del manual.

Los elementos básicos para hacer los levantados de mampostería son:

- Las **unidades de mampostería** (blocks, ladrillos, piedras y otros);
- Los **morteros** para pegar las unidades de mampostería entre sí;

En los sitios del mundo donde no hay sismos esto es todo lo que se necesita para hacer levantados de mampostería. En Guatemala hay sismos, algunos muy intensos y es necesario añadir un componente adicional:

- el **refuerzo** para enmarcar los levantados y unirlos entre sí, como veremos en el [Capítulo 5](#).

Cualquier elemento que se use para hacer levantados de pared es una “**unidad de mampostería**”, aunque fueran botellas viejas de plástico. Sin embargo no todas las posibles unidades de mampostería tienen la capacidad y la calidad necesaria para hacer un levantado que resista el peso de la construcción y además los esfuerzos causados por los sismos de alta intensidad.

Veamos las principales clases de mampostería:

- Blocks de concreto;
- Ladrillos de arcilla;
- Piedra;
- Adobes

El **adobe** no debe utilizarse. Hay sobradas razones para no hacerlo como se indica en el [Anexo 5](#).

La **piedra** como mampostería tiene uso limitado en Guatemala. Algunos municipios si la usan extensamente. No se incluye en la presente edición de este manual.

Los **ladrillos de arcilla cocida** son un excelente recurso constructivo. Desafortunadamente la arcilla en Guatemala se halla solamente en ciertas zonas del país. Por eso, y por la relativa facilidad de fabricar block a base de cemento, el uso del ladrillo ha sido desplazado. También la velocidad de construcción es menor; son entre 50 y 60 ladrillos por metro cuadrado de levantado y en block son sólo 12.5. Los ladrillos de barro si están disponibles en el mercado como productos de fabricación artesanal y como productos industriales de arcilla de alta densidad. Actualmente se utilizan solamente si la hermosa textura del levantado de ladrillo va a quedar expuesta..

Los artículos de barro incluyendo ladrillos, baldosas y tejas están disponibles en el mercado local en su versión artesanal e industrial de alta densidad pero su uso no es generalizado.

Por ello no se han incluido en esta edición del manual de diseño.

4.2 La mampostería de block

Actualmente la mampostería de block es la más utilizada en Guatemala. Ya se mencionó que los “blocks”, como todos los llamamos en el habla guatemalteca, son bloques huecos de concreto.³

Dimensiones

El tamaño de los bloques

El tamaño en elevación de todas las clases de block es muy uniforme: 39 cm de largo y 19 cm de alto para que con el espesor del mortero de pega module 40 cm por 20 cm o sea 12.5 unidades de block por metro cuadrado de levantado.

Los espesores de las paredes de block

Los espesores más comunes son 14 cm y 19 cm. En algunos lugares se produce block de 15 cm. de espesor y en otros se consiguen de 12 cm. También hay block de 9 cm que puede usarse en tabiques sin carga. En este Manual se tratarán los de 19 cm. y 14 cm. que son los más comunes; para los de 15 cm. aplica lo mismo que para 14 cm. Para los de 12 cm no hay ensayos de laboratorio disponibles y no se tratarán en esta edición.

Más sobre espesores

A veces es necesario usar paredes de mayor espesor que 19 cm. En esos casos podemos hacer levantados de doble sogas, es decir dos levantados pegados separados por un espacio de 1 cm que se llena de mortero.

Las dobles sogas pueden ser:

$$\begin{array}{lll} 14\text{cm} + 9\text{ cm} & = & 24\text{ cm} \quad (14 + 1 + 9) \\ 14\text{ cm} + 14\text{ cm} & = & 29\text{ cm} \quad (14 + 1 + 14) \\ 14\text{ cm} + 19\text{ cm} & = & 34\text{ cm} \quad (14 + 1 + 19) \\ 19\text{ cm} + 19\text{ cm} & = & 39\text{ cm} \quad (19 + 1 + 19) \end{array}$$

Las dobles sogas casi no se usan en Guatemala pero **deberían ser usadas** para algunas aplicaciones importantes que estudiaremos al resolver los proyectos contenidos en este manual.

El aparejo del levantado de block

Hay dos aparejos básicos para construir una pared: aparejo **escalonado** y aparejo **apilado**. En el **aparejo escalonado** los blocks se desfasan media unidad en hiladas consecutivas formando una sisa vertical entre blocks que es escalonada. En el **aparejo apilado** los blocks se levantan sin desfase de una hilada a otra dejando una sisa vertical continua.

El **aparejo escalonado** permite un mejor engrape entre hiladas consecutivas y es el que hay que **usar en zonas sísmicas**.

³ Desafortunadamente gran parte del block producido artesanalmente en Guatemala no es realmente de concreto sino hecho con una mezcla de cemento y arenas con alto contenido de pómez; abordaremos este problema.

La forma de las unidades de block

Aunque algunas veces hay blocks sólidos sin agujeros, lo más común es que tenga celdas interiores. Por lo general son dos celdas; hay variantes de 3 o más celdas pequeñas pero aquí sólo trataremos blocks de 2 celdas.

Blocks Tipo DT y Blocks Tipo UT

Entre los blocks de dos celdas hay dos variantes principales:

- Block tipo “DT” que tiene un doble tabique al centro;
- Block Tipo “UT” que tiene un solo tabique al centro.



Figura 4-01

**Blocks UT (Un tabique central)
y Blocks DT (Dos tabiques centrales)**

**Prácticamente TODOS
los blocks artesanales
fabricados en Guatemala son Tipo DT
(esto es positivo)**

**Las industrias mayores fabrican ambos
tipos DT y UT**

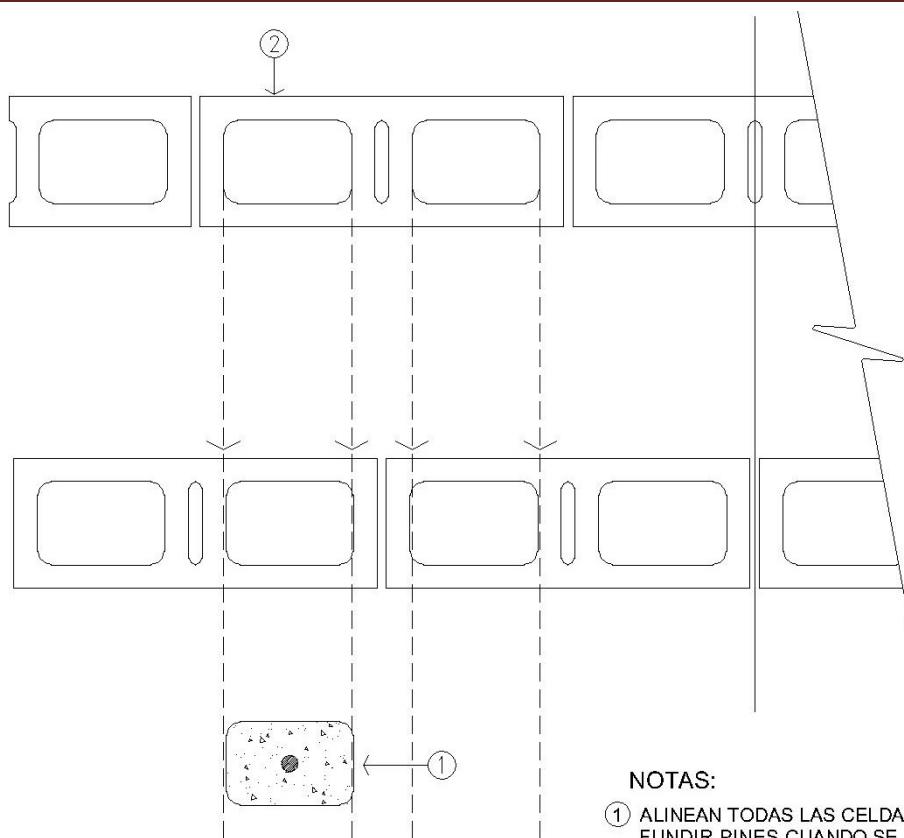
La designación DT y UT se está proponiendo en este Manual a falta de un nombre que realmente distinga los dos tipos principales de blocks de dos celdas.

En Guatemala estos dos tipos se designan muchas veces como “Block Pineado” y “Block Tabique”. Estos nombres no se usarán en este Manual para no causar confusión con las palabras “pin” y “tabique” que se usan para otras cosas.

Usaremos las iniciales de “Dos Tabiques centrales” y “Un Tabique central” y los llamaremos “block DT” o “Block UT”.

La diferencia entre los dos tipos de block es importante. Veamos porqué

El Block “DT” tiene un doble tabique central y una pequeña ranura justo al medio. Al hacer el levantado todas las celdas coinciden; véase la figura 4-02 DT.



NOTAS:

- ① ALINEAN TODAS LAS CELDAS PARA FUNDIR PINES CUANDO SE USAN
- ② LOS BLOCKS SE PARTEN ORDENADAMENTE NO ES NECESARIO TENER MEDIAS UNIDADES ESPECIALES

Figura 4-02 A
Hiladas consecutivas de Block DT

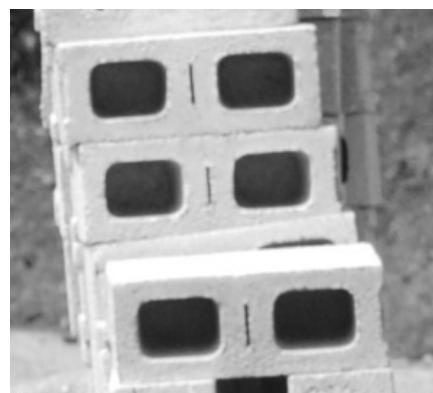


Figura 4-02 B --
**Blocks DT artesanales de diferentes lugares en el
altiplano central de Guatemala**

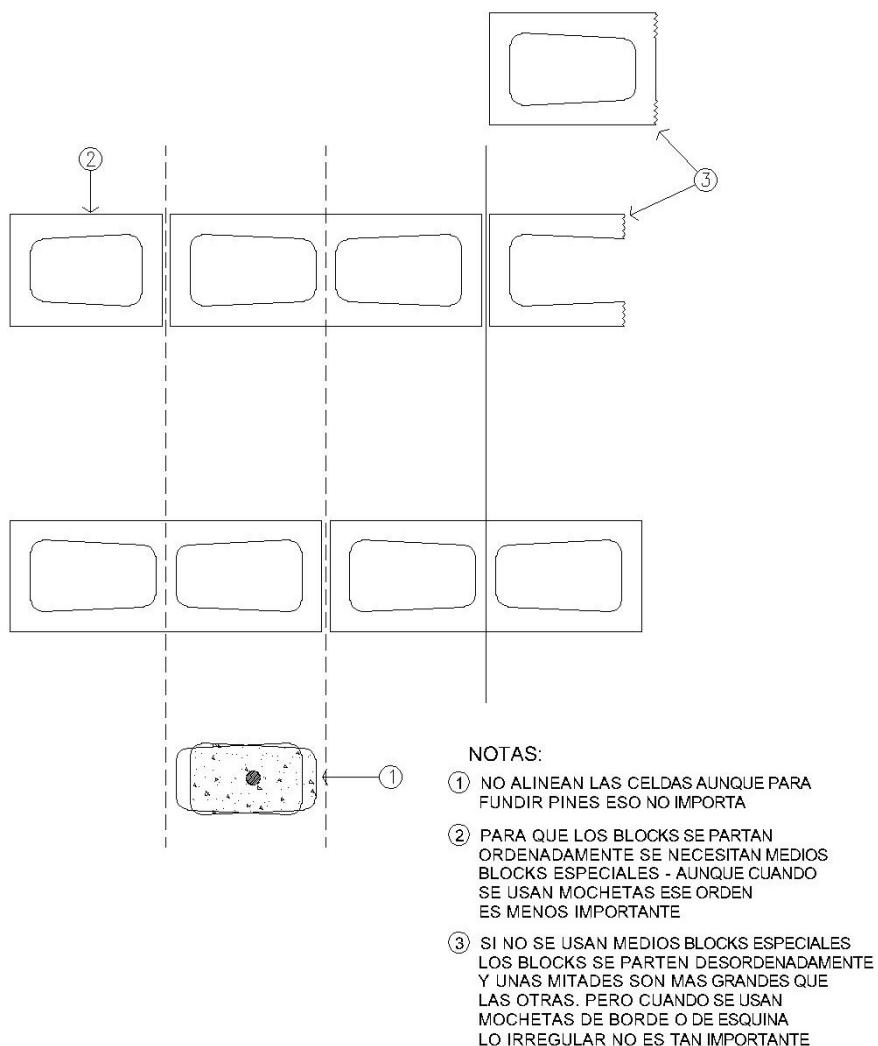


Figura 4-03
Block Tipo UT
En la foto, block UT de 14 cm
Fabricación industrial
en Guatemala



Si ahora examinamos la figura con el Block UT, las celdas de las unidades quedan desalineadas (Figura 4-03 A - nota 1). Cuándo se necesitan los medios blocks las dos mitades no salen iguales y también hay más desperdicio a menos que se adquieran medias unidades especiales (Figura 4-03 A nota 2). Una forma de evitar la compra de medias unidades al usar block UT es adquirir una cierta cantidad de blocks DT para obtener las mitades sin problema.

El Block DT versus el Block UT

Ambas son buenas opciones pero cada una tiene sus ventajas.

Los autores de este Manual favorecemos el Block “DT” que, con su doble tabique, estamos convencidos que se comporta mejor, especialmente con los blocks de resistencias menores. Los blocks de resistencias mayores son de concreto más pesado y allí es donde surgen los partidarios del Block “UT” porque un Block “DT” de resistencia mayor pesa más, es más difícil de colocar y también es un poco más caro.

El Block “UT” bien trabajado funciona. Sin embargo, es más fácil hacer funcionar bien un Block “DT” que un block “UT”,

especialmente si usamos el Block “DT” con lecho completo de mortero...

Finalmente, tratándose de blocks de menor resistencia, es más confiable el Block “DT”.

El block DT en Guatemala

En Guatemala el uso del Block “DT” está difundido. En las bloqueras pequeñas que hay por todo el país, el producto es invariablemente Block “DT”. Está disponible en las industrias grandes de block.

Tiene algo que ver con la resistencia de las unidades de block. Las bloqueras producen, en general, block de baja resistencia y si no fuera por la robustez que proporciona el doble tabique central del block “DT”, este sería más difícil de transportar y de hacer llegar entero a su destino.

Entonces pensemos en los beneficios que traería para todo el país si el block “DT” se fabricara más resistente (lo cual no debería ser tan difícil).

La resistencia y otras propiedades de las unidades de block

El área neta (“área llena”) del block

Hay una propiedad que deben cumplir TODAS las unidades de block cualquiera que sea su resistencia. Queremos que los blocks sean robustos y que tengan suficiente cuerpo para resistir cargas. No queremos “cascaritas de huevo huero” como suele decirse. Por ello las unidades deben tener cierta **área llena** sin que las celdas sean demasiado grandes. Mientras menor el tamaño de la celda y mayor el grueso de los tabiques laterales y centrales de la unidad de block, mayor es el área neta. El nombre correcto de lo que hemos llamado “área llena” en este párrafo es “**área neta**”.

Por norma, el **área neta** de las unidades debe ser mayor que 50% de su “**área bruta**”. El área bruta es el largo por el ancho de un bloque; el “área neta” (área llena) de la unidad se obtiene restándole el tamaño de las celdas al área bruta del block.

Si el área neta no llega a 50% del área bruta, el block no sirve porque las celdas serían muy grandes y el grueso de las paredes del block se volvería muy delgado. Las normas también requieren que las paredes laterales de la unidad de block tengan un cierto espesor, no menos de 22 milímetros.

¿Qué se le debería pedir al proveedor de block? Una certificación de un laboratorio de materiales que indique que los blocks hechos con ese molde cumplen con:

- **porcentaje mínimo de área neta;**
- **con grueso mínimo del tabique lateral de la unidad**

El Block “UT” tiene normalmente un poco más de 50% de área llena; en cambio el Block “DT” tiene casi el 60% de área llena, lo cual es bueno; eso se logra gracias al doble tabique central y porque las paredes laterales del block no son tan delgadas.

Las clases de block según norma

El término “clase de block” o “clase de bloque hueco de concreto” define no sólo la resistencia de las unidades de block sino otras importantes propiedades.

Para diseñar una edificación de mampostería de block con este manual sólo nos ocuparemos de definir la **clase de block** que se requiere.

Las resistencias con que se deben fabricar los blocks en Guatemala están especificadas en la Norma COGUANOR NTG 41054. **Esta norma establece 3 clases de block: A, B y C. Cada clase tiene una cierta resistencia y un límite de absorción de humedad.** Todas las clases deben cumplir los mismos requisitos de área neta.

Notas importantes de AGIES:

- La norma NTG 41054 solo reconoce bloques Clase A, B, C. Sin embargo en Guatemala las industrias comercializan una cuarta clase de block que tiene el 75% de la resistencia del bloque clase C. Esta clase de bloque, denominado **Clase D** en este manual, ha estado de hecho presente en el mercado formal y ha sido incluido en los cuadros y formulaciones de este manual como referencia, porque existe; en todos los cuadros se ha listado con un color de letra atenuado para dejar claro que la NTG 41054 no lo reconoce; ningún ejemplo ha sido desarrollado con esta clase de block
- La norma NTG 41054 no distingue entre las dos configuraciones de block llamadas aquí **tipo UT y tipo DT**; en principio no es necesario que la norma los distinga mientras llenen los requisitos mínimos de área neta. Pero para el diseño y práctica constructiva, AGIES ha considerado que es útil distinguirlos y ambas configuraciones tienen cuadros y formulaciones separadas en este manual.

Resistencia de las unidades de block según su clase

Cada clase de block está caracterizada por la resistencia mínima que deben satisfacer las unidades o bloques individuales. Sin embargo para utilizar los métodos de diseño simplificado de este manual no será necesario manejar numéricamente esas resistencias. Los valores numéricos de resistencia han sido pre-calculados al elaborar las tablas de diseño de este manual. Sólo será necesario saber que la Clase A es la más resistente y la Clase D la menos resistente.

Otras propiedades del block según su clase

Conforme el block sube de clase no solo mejora su resistencia a las cargas sino también se vuelve más impermeable, da menos molestias de humedad. Esta característica está lista en los Cuadros 5-A y 5-B.

Casi nunca se piensa en las ventajas de la menor permeabilidad. No está demás que el diseñador lo tenga en cuenta al seleccionar la clase de block que especificará.

Identificación de la clase del block

Según la Norma NTG 41054, los blocks tienen que tener una señal de color para venderlos y distribuirlos. La forma de la señal la dispone el fabricante. Puede ser un punto, un logotipo u otro símbolo pero EL COLOR de la señal debe corresponder a la resistencia. SOLO ESTAN NORMADOS 3 COLORES: AZUL, ROJO, VERDE para las clases A, B y C. La clase D, se señala, por acuerdo entre fabricantes, con color NEGRO.

Cuando un fabricante pone la marca de color en un bloque tiene que poder demostrar con informes de laboratorio que el bloque llena los requisitos especificados por la norma.

A continuación hay dos cuadros con las características de las unidades de block

CUADRO 5-A – UNIDADES DE BLOCK DT CARACTERÍSTICAS SEGÚN SU CLASE						
BLOCK DT	COLOR	RESISTENCIA			PESO aproximado en libras	
		Capacidad de carga	Requisito numérico de resistencia	Protección contra la humedad	espesor 14 cm	espesor 19 cm
					Área neta 53% a 57%	Área neta 52% a 56%
CLASE A	AZUL	Superior	140	Superior	32 a 35	37 a 41
CLASE B	ROJO	Alta	100	Alta	27 a 31	33 a 36
CLASE C	VERDE	Media	66	Media	24 a 27	29 a 33
CLASE “D”	NEGRO	Baja	50	Menor	21 a 23	24 a 27

Anotación: El “requisito numérico de resistencia” tal como está escrito en los Cuadros 5-A y 5-B es una simplificación. En realidad, este número es la resistencia mínima especificada por la norma expresada en Kilogramos por centímetro cuadrado de área neta de la unidad.

CUADRO 5- B – UNIDADES DE BLOCK UT CARACTERÍSTICAS SEGÚN SU CLASE						
BLOCK UT	COLOR	RESISTENCIA			PESO aproximado en libras	
		Capacidad de carga	Requisito numérico de resistencia	Protección contra la humedad	Espesor 14 cm	Espesor 19 cm
					Área neta 51% a 53%	Área neta 50% a 52%
CLASE A	AZUL	Superior	140	Superior	28 a 30	34 a 37
CLASE B	ROJO	Alta	100	Alta	25 a 27	30 a 33
CLASE C	VERDE	Media	66	Media	21 a 23	25 a 29
CLASE “D”	NEGRO	Baja	50	Menor	18 a 20	21 a 24

Fuente: norma NTG 41054 y datos del Instituto del Cemento y el Concreto (ICCG)

El block artesanal necesita mejorar calidad

Quedó demostrado con el sismo del 7 de noviembre de 2012 en el área de San Marcos que una de las principales causas de daños severos en edificaciones de block fue la mala calidad del material con que están hechos los bloques. Muchas personas que habían invertido sus ahorros para construir sus viviendas y comercios vieron sus haberes destruidos solo porque no se sabía cuál era la resistencia del block que compraron. **La amarga verdad se manifiesta después del sismo, al ver el daño y pérdidas incurridas dejando a los dueños sin casa o sin negocio.**

Desafortunadamente, no se puede dar una receta general; las proporciones de cemento y agregados para lograr determinada resistencia varían de lugar a lugar y en un mismo lugar, de cantera a cantera.

Para hacer buena mezcla de cemento con arena y agua se necesita la asistencia de laboratorios de materiales con personal capacitado. Los proveedores de cemento prestan asesoría si se les solicita, pero el fabricante del block también tiene que invertir algo de fondos en probar mezclas haciéndoles ensayos de laboratorio para conocer los resultados.

A decir verdad, en Guatemala no es fácil ensayar proporciones de mezclas y tampoco ensayar los bloques para evaluar su resistencia. Asimismo para el comprador es actualmente casi imposible conocer la resistencia de los blocks que compra. En Guatemala hay una enorme escasez de laboratorios de materiales. Eso se debe en buena parte a que no hay costumbre de usarlos. Es un círculo: Se hacen pocos ensayos porque hay pocos laboratorios y hay pocos laboratorios porque hay pocos usuarios.

Entretanto, mucho del block producido por fábricas pequeñas no tiene la calidad suficiente y las sorpresas vienen después de ocurridos sismos fuertes.

Si el block no está certificado no se debe poner ninguna marca.

Tampoco debe estar marcado con un color cualquiera porque podría prestarse a engaño. Al no tener señal de color, el comprador sabrá al comprar que la resistencia del producto es indeterminada y lo usaría para hacer tapiales, bardas o cualquier uso que no sea una construcción donde haya personas adentro. Las marcas sin respaldo se consideran falsificaciones y engaño al consumidor y se comete una falta grave que podría conllevar multas y la penalización podría llegar al cierre del negocio.

Ésa es precisamente la razón de las normas. No pensemos en que si hay o no multa o cualquier otra penalización. Es un aspecto moral y ético si alguien vende un producto tan importante como un block que esté señalado con una resistencia falsa. El comprador está confiando su vida y sus bienes en el que fabricó el block y este fabricante no tiene derecho de poner en peligro a sus clientes.

¿Laboratorios móviles?

AGIES y el ICCG (Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala) han empezado a gestionar con universidades y proveedores de cemento y concreto premezclado para que pudiera haber más laboratorios dónde poder hacer ensayos, incluyendo la posibilidad de laboratorios móviles. Claro está, mejorar calidad significa un esfuerzo y tiene un costo para el fabricante que se decide a hacerlo, pero sólo así sabrá qué es lo que está vendiendo. Y sólo así los compradores pueden incrementar su confianza en los productos que están comprando.

Una prueba indirecta de resistencia

Se ha mencionado ya en este Manual la dificultad práctica de hacer ensayos y las medidas que podrían tomarse para reducir esa carencia. Pero ¿habrá alguna forma aunque sea muy básica para “tantejar” la resistencia del block? Si examinamos los Cuadros 5-A y 5-B veremos que el peso de las unidades de block sube conforme sube la resistencia. Pesar un block no es una prueba concluyente, pero, por ejemplo, vemos que un block tipo DT de 14 cm de ancho debe pesar unas 25 libras para ser clase C. Si las unidades de block pesan menos de unas 20 libras es muy posible que no clasifiquen para construir vivienda o comercio.

4.3 Los morteros de pega

La resistencia final de los levantados no depende solo de la resistencia de los blocks o ladrillos sino también del mortero que se usa para unir entre sí las unidades.

En Guatemala, en la manera general de hablar, se reconocen dos clases de mortero: “**savieta**” y “**mezcla**”. La “savieta” es un mortero de cemento con arena “de río”⁴; la proporción tradicional es 1 volumen de cemento y 3 de arena pero cada maestro de obra tiene su “secreto” (y no siempre sabemos si el “secreto” es eficaz). La “mezcla” tradicional es de cal hidratada, sin cemento, con arena “amarilla” volcánica y antes se usaba para pegar ladrillos artesanales de barro cocido; es raro que se use para pegar blocks.

En este Manual NO usaremos las palabras “savieta”, ni “mezcla”. Diremos “**mortero**” y veremos que hay varias clases, desde los que se parecen más a la savieta hasta los que se parecen más a la “mezcla”.

Las tres clases de mortero de pega

En Guatemala la norma para morteros es la COGUANOR NTG 41050. En esa norma hay 3 clases principales de mortero de pega: **el M, el S y el N.**⁵ El M es el más resistente, el S es intermedio y el N tiene menor resistencia. También existe el mortero Clase “O” pero no lo trataremos aquí ya que su capacidad estructural es demasiado baja)

⁴ Arena “de río” es arena que hace décadas se sacaba de los ríos y en todo el sur y centro de Guatemala es arena de basalto volcánico; hoy en día se compra triturada y también es basáltica. En el norte de Guatemala la arena es caliza y es cada vez más frecuente y cómodo obtenerla triturada.

⁵ Las designaciones M, S, N, tienen su origen en los morteros definidos por las normas ASTM de los EUA y que se han adaptado a las normas COGUANOR.

El más parecido a la savieta tradicional es el mortero Clase M. Hay que notar que en las tres clases siempre se recomienda **usar algo de cal hidratada**. La cal mejora la trabajabilidad del mortero y la adherencia de la pasta a la unidad de mampostería.

Examinemos el **Cuadro 5-C**. El cuadro está simplificado contiene las dosificaciones básicas para morteros clase M, S, y N. Las dosificaciones más exactas están en la norma NTG 41050. Los morteros tienen cuatro componentes igualmente importantes: cemento, cal hidratada, la arena y, por supuesto, el agua. El cemento unido con la cal se llama la "parte cementante" y la arena siempre se dosifica en volúmenes que son múltiplos de esa parte cementante combinada.

La hechura del mortero

Dosificar los ingredientes del mortero en obra requiere saber qué indica la Norma NGT 41050. El Cuadro 5-C es una guía pero no sustituye el conocimiento detallado que se recibe en alguna de los institutos de capacitación. Además no hay una fórmula realmente fija; siempre hay variaciones tanto de cal hidratada como de arena por el manejo de la humedad. Allí es el "ojito" del maestro que al final debe saber cuánto de cada cosa poner; la cantidad de agua es muy importante: suficiente para obtener una mezcla trabajable pero sin excesos que le bajen la resistencia.

La mejor manera de estar seguros que se están haciendo las cosas bien es capacitándose en un instituto técnico.

CUADRO 5-C			
Mortero	Guía para las proporciones en volumen		
	Cemento	Cal hidratada	Arena de río
Tipo M	1	Desde 1/10 de cal hasta ¼ de cal	Combine el cemento y la cal y mida que volumen ocupan los dos juntos. La arena siempre será entre 2 ½ y 3 veces ese volumen combinado.
Tipo S	1	desde ¼ de cal hasta ½ de cal	
Tipo N	1	desde ½ de cal hasta 1 de cal	

Manejo del agua: Agregue agua conforme la necesite tomando en cuenta qué tan húmeda está la arena el día que la use. Deje siempre la arena tapada para que no esté empapada ni reseca – las arenas empapadas o resecas no hacen buenas mezclas, salvo con la experiencia del maestro de obra.

Hay otra forma de lograr buenos morteros: adquirir en las distribuidoras de materiales bolsas de **mortero pre-mezclado**. En Guatemala se consiguen morteros **Clase M** (la más alta) y **Clase N** (la más baja) envasados en bolsas; sólo hay que agregarle la cantidad de agua que se indica en la hoja técnica del producto.

También hay **Cemento para Mampostería** fabricado bajo norma NTG 41096 y envasado industrialmente. (Una de las fábricas de cemento lo comercializa bajo el nombre "Pega-Block" que es un nombre que se ha difundido bastante). En la bolsa de este cemento están las instrucciones para hacer el mortero que resulta ser **Clase S**, o sea el intermedio.

Las mezclas que contienen cemento no son re-trabajables. El mortero debe irse haciendo mientras se coloca y nunca debe re-trabajarse al día siguiente porque el cemento contenido en la mezcla ya fraguó y ya no es útil.

Pasemos al punto siguiente. En este Manual no diremos más sobre cómo hacer morteros. La intención principal es saber qué usos tienen las tres clases de mortero y sobre todo, cuándo NO debe usarse algún tipo de mortero en particular.

Compatibilidad entre clase de block y clase de mortero

Los morteros M, S o N no pueden utilizarse así como así. Cada Clase de block tiene su mortero apropiado. Para lograr buenos levantados de pared debemos siempre usar morteros que sean compatibles con la clase de block que estemos utilizando. En el **Cuadro 5-D** se indican las buenas combinaciones de clase de block con el tipo de mortero de pega. Es muy importante respetar estas combinaciones.

CUADRO 5-D			
Block	Combina con mortero		
	Clase M	Clase S	Clase N
Clase A	Si	Si	No
Clase B	No	Si	No
Clase C	No	Si	No

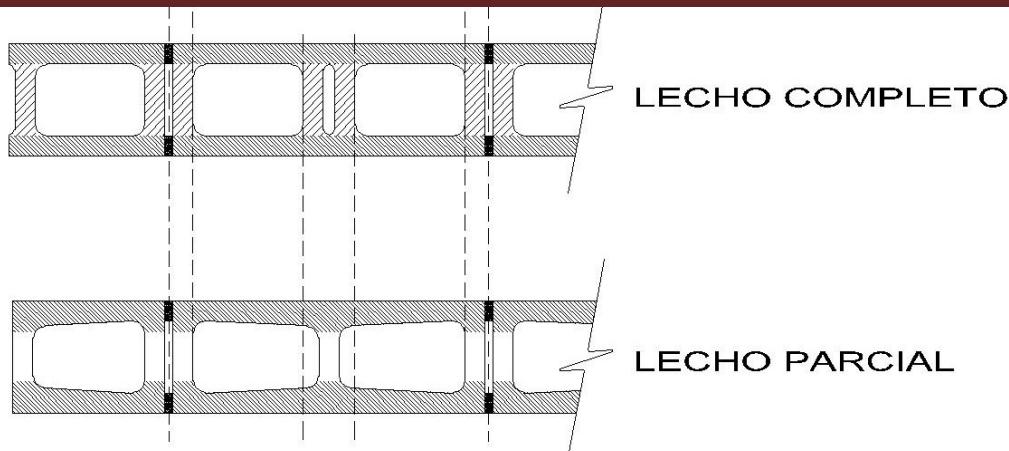
Forma de poner el mortero entre hiladas

Hay dos formas de colocar el mortero de pega entre las unidades de mampostería:

- Solo dos tiras de mortero a lo largo de las caras laterales de las unidades; esto se llama “**Lecho Parcial de Mortero**”;
- aplicando el mortero sobre toda la superficie de contacto entre blocks; esto se llama “**Lecho Completo de Mortero**”.

Con el Block “UT” es difícil usar Lecho Completo; generalmente hay que usar Lecho Parcial ya que los tabiques centrales de las unidades no coinciden (Figura 5-06T). Con el Block “DT” uno tiene a opción de usar cualquiera de los dos modos de colocar el mortero.

De hecho en Guatemala se ha venido imponiendo el método de Lecho Parcial porque la tarea del levantador se saca más rápido. Generalmente, cuando se pide Lecho Completo el levantador cobra un poco más caro. Ambos métodos, Lecho Completo y Lecho Parcial, se consideran válidos, aunque el levantado con Lecho Completo es más robusto, entre 10% y 15% más eficaz.



Especialmente cuando la edificación tiene varios niveles es muy deseable el lecho completo, por lo menos en el nivel inferior, porque toda la carga se distribuye mejor en todo el block y no solo en los dos laterales del levantado. Como ya se dijo, el levantado es más robusto. Consideremos que si ya gastamos en comprar un buen block, saquémosle hasta la última gota de eficiencia usando Lecho Completo.

En cuanto a la aplicación del mortero entre unidad y unidad en una misma hilada, también habría la opción de llenar todo el espacio o sólo 2 tiras de una pulgada de ancho cerca de los cantos. Es común la práctica de poner solo las dos tiras laterales aunque se esté usando Lecho Completo en la pega horizontal; sin embargo al hacer el trato para Lecho Completo es mejor acordar llenar todo el vacío entre blocks adyacentes; la mayor parte de los blocks tienen una muesca ancha en uno de los extremos; al llenar esta depresión mejora el trabe entre un block y el siguiente.

Espesor de sisa entre unidades de block

El espesor del mortero entre unidad y unidad debe ser **un centímetro**. Es lo que da mejor resultado. Poner una sisa más alta puede reducir la resistencia del levantado en su conjunto. Poner una sisa de medio centímetro no llega a pegar bien aunque no se note; hay que evitarlo.

También es menos recomendable remeter la sisa. Imagínese usar Lecho Parcial y además remeter la sisa ¿qué nos queda de espesor de las tiras? Pues quedaría realmente poco y estaríamos haciendo un levantado débil desperdiando la resistencia del block que estamos usando. ¿Qué pasa si pongo Lecho Completo para poder remeter la sisa entre blocks? Pues estaríamos un poco mejor, pero de todos modos estamos quitando mortero donde más se necesita o sea en los bordes de la unidad de block. Las sisas remetidas tal vez se ven bonitas, pero mejor no usemos esos adornos en paredes de dos o tres pisos.

4.4 La resistencia de los levantados de block

Hasta ahora hemos examinado las resistencias de los blocks tomados individualmente y ensayados en una máquina de laboratorio. Pero lo que nos interesa al final es la resistencia del levantado de block y mortero ya hecho.

La resistencia del levantado ya hecho es menor que la resistencia de los blocks individuales ensayados individualmente. Eso se debe a dos razones principales:

- el levantado es un compuesto de los blocks y el mortero de pega. La resistencia del compuesto es menor que la resistencia individual de los componentes.
- Los levantados son angostos comparados con su altura; si les llega mucha carga podrían pandearse; eso se evita reduciendo la carga que se permite poner sobre la pared y además limitando la altura de la pared

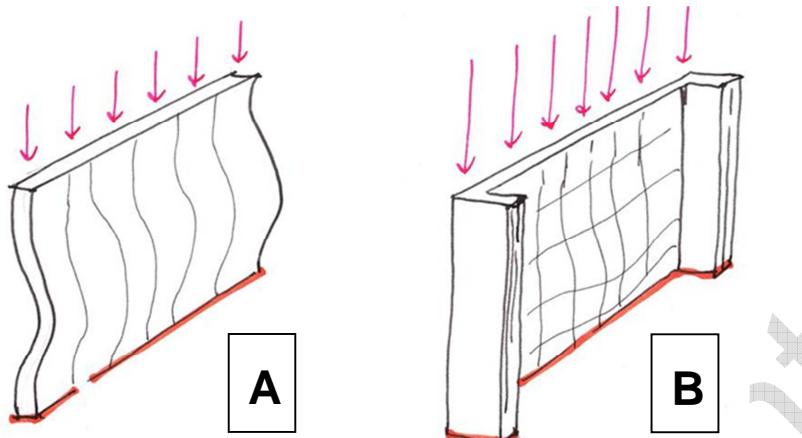


Figura 4-06
Ilustración de una pared que se padea bajo carga
Es más fácil pandearla si e plana
Es más difícil si la pared tiene esquineros, pero de todos modos se padea

Un efecto llamado “pandeo”

Tomemos una varilla delgada y esbelta (por ejemplo la de una cercha para colgar ropa); al comprimirla notaremos que se comba: **ese efecto se llama pandeo**. El pandeo puede hacer que una placa puesta de canto falle al comprimirla. Por ejemplo cortemos pedazos de cartón de varias alturas (5cm, 10cm, 20 cm, 30 cm) y que tengan el mismo ancho de base (digamos 20 cm); pongámoslos de canto y veremos que mientras más alto menos fuerza hacia abajo aguanta; mientras más alto más fácilmente se padea.

No vamos a detenernos en esta sección a averiguar cuánto aguanta un metro de largo de levantado de block. Más adelante en este Manual vamos a encontrar tablas ya calculadas que nos indicarán cuántas paredes hay que ponerle a una construcción **según la clase de block que usemos**.

¿Cómo se ensayan los levantados de block?

Se prueban poniendo probetas de levantado de block en una máquina que las comprime hasta que se rompen. En la Figura 4-06 se muestran dos probetas ya ensayadas.



Figura 4-06

Probetas de levantado de block ensayadas en el laboratorio
(Fotos cortesía fábrica Megaproductos)

En este tipo de ensayo no se prueba un block individual sino el ensamble block-mortero

- A la izquierda ensayo de carga vertical
- A la derecha un ensayo llamado de “tracción diagonal” como para probar la respuesta a sismos

5 EL REFUERZO DE LA MAMPOSTERÍA

Veremos en este capítulo que las paredes de mampostería, sean de block, de ladrillo, o de otro material, necesitan refuerzo interno para que esos blocks o ladrillos no se desmoronen cuando tiemble fuerte. También se necesitan los refuerzos para mantener unidas las paredes unas con otras y así lograr formar las estructuras de cajón sobre las que trata este Manual.

5.1 Mochetas y Soleras

Aunque a las varillas se les dice “hierro”, son más que simple hierro: son acero. Como veremos más adelante, vienen en un surtido de muchos tamaños y son varias clases de acero las que hay, de modo que hay que tener cuidado al comprarlas.

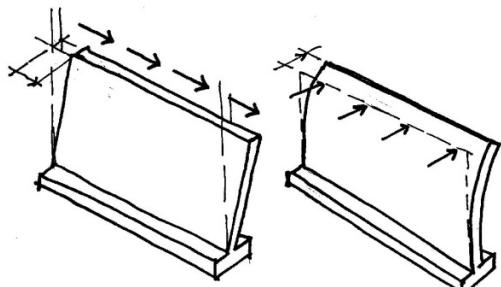
Como el refuerzo no se puede poner suelto entre la mampostería, hay que meterlo embebido en cordones verticales y horizontales de concreto.

Esos cordones de **concreto con refuerzo** se llaman en Guatemala **mochetas y soleras**.

Una **mocheta** es vertical pero no es una columna; las columnas trabajan solas como en los edificios con marcos, **las mochetas trabajan en conjunto con la mampostería**; nunca trabajan solas. Una columna es independiente del levantado y se construye antes que el levantado; la mocheta debe ser una unidad con el levantado y su concreto se funde después de haber hecho el levantado del que forma parte.

Una **solera** es horizontal y no es una viga; la viga trabaja sola, sosteniendo losas o artesonados sin nada debajo; **la solera trabaja en conjunto con la mampostería**.

5.2 ¿Por qué poner refuerzo?



Hay dos maneras de empujar una pared como lo haría un sismo:

- en la misma dirección que la pared
- en dirección transversal a la pared

En la dirección transversal, la pared es más flexible y menos capaz. En la dirección paralela a la pared la pared es más rígida y más capaz.

Para hacer una edificación con estructura de cajón bien configurada, bien ensamblada, siempre habrá que poner paredes en dos direcciones para que siempre haya suficientes levantados que estén en la dirección paralela a cualquier empuje horizontal (como los de los sismos).

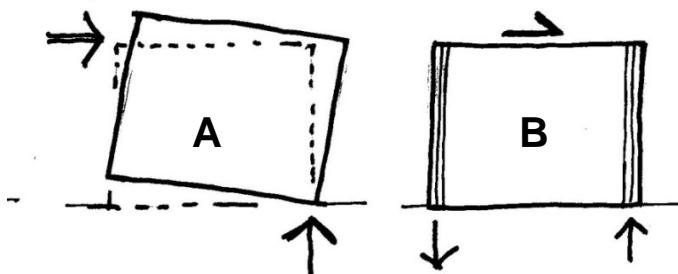
En este capítulo vamos a estudiar los refuerzos que se necesita para que las paredes trabajen bien y resistan empujes en la dirección paralela a la pared.

Más adelante en el Manual, en el Capítulo 6, veremos cómo proteger de los sismos a las paredes en dirección transversal cuando esto sea necesario.

Repitiendo, en este capítulo del manual vamos a reforzar las paredes para que resistan bien empujes paralelos a la pared, **el concepto de cómo funcionan las mochetas y las soleras será fácil de entender.**

La función de las mochetas y las soleras principales

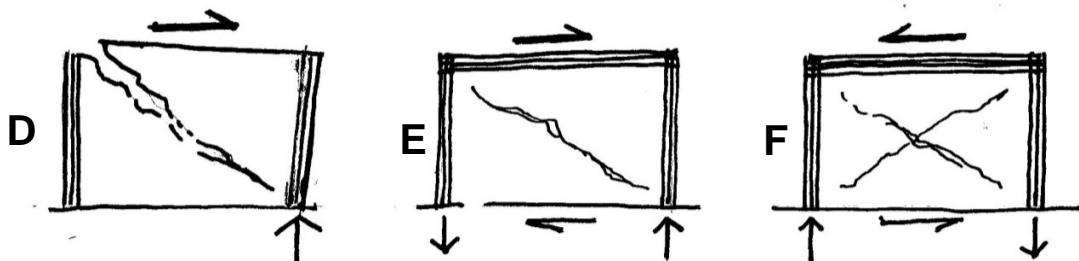
Empujemos un levantado de mampostería como lo haría un sismo, **vemos que el paño trata de dar vuelta** y todos los esfuerzos se juntan en la esquina diagonal como se muestra en el esquema A (pruébelo con su cuaderno puesto de canto y empujado con una mano y sostenido por la otra).



rar el muro contra volteos.

Si ahora, con las mochetas ya puestas, empujamos el paño suficientemente fuerte, como ya está anclado al piso, **el paño de pared no se volteá pero sí se quiebra, como se muestra en D**. Cuando las empuja un sismo las paredes se rajan en diagonal. Para resolver eso **ponemos una solera de corona**, como se muestra en E.

¿Cuál es la solución para que no dé vuelta? **Pongamos dos mochetas principales como se muestra en el esquema B.** Ahora el muro queda anclado en la base; una mocheta se ve jalada (está en **tracción**) y la otra se ve apachada (está en **compresión**). Para eso sirven las mochetas principales, para asegurar el muro contra volteos.



Con la solera de corona puesta, la pared ya no se desmorona: en conjunto la solera de corona, las mochetas principales de orilla y la cimentación abajo forman en toda la vuelta una orilla con refuerzo; la mampostería, sea de block o de ladrillo, queda encerrada entre esa orilla reforzada formada por las mochetas y las soleras. **Por eso se dice que la mampostería está “confinada” o sea “encerrada” entre soleras y mochetas.**

Veamos ejemplos reales de estas fracturas en diagonal y en “X”



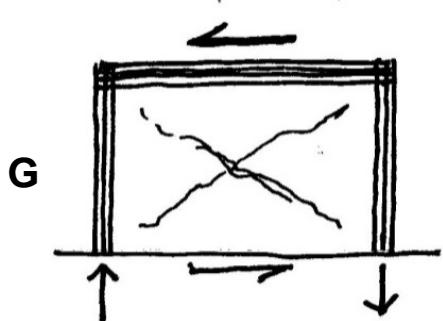
Figuras 5-01 A, B y C

Fracturas de pared típicas en diagonal

Casos ocurridos en adobe en Uspantán (1985) y en block en San Marcos (2012);
en los dos casos de San Marcos el block era de mala calidad;
en el caso de la pared anaranjada,
hasta el concreto de la mocheta se deshizo lo que no debió haber sucedido.

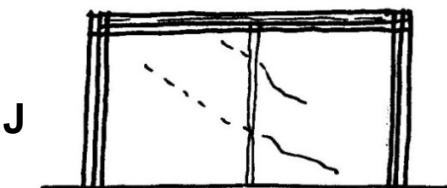
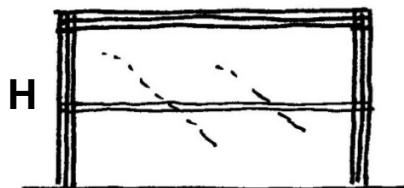


La función de las soleras y las mochetas intermedias



Cuando el sismo es de alta intensidad, la pared, aunque esté "confinada", todavía se agrieta y cuando el terremoto empuja de un lado para otro se van formando rajaduras en X, tal como se muestra en el esquema G.

En Guatemala hacemos una cosa muy bien: **ponemos una solera intermedia** y entonces las grietas se reducen de tamaño porque les salimos al paso con refuerzo. Desde luego si ponemos una **mocheta intermedia** también podemos reducir las grietas como se ilustra en los esquemas H y J



En Guatemala es práctica usual poner las dos: **solera intermedia y mocheta intermedia como se muestra en el esquema K**. En la Figura 5-02 se presenta un buen ejemplo del uso de mochetas y soleras principales e intermedias utilizadas tanto en ladrillo como en block. **Esa una buena práctica** – no la perdamos. En muchos países no se usan, pero es porque no las conocen, no porque no sirvan. Es mejor no escuchar al que le diga que no sirven.

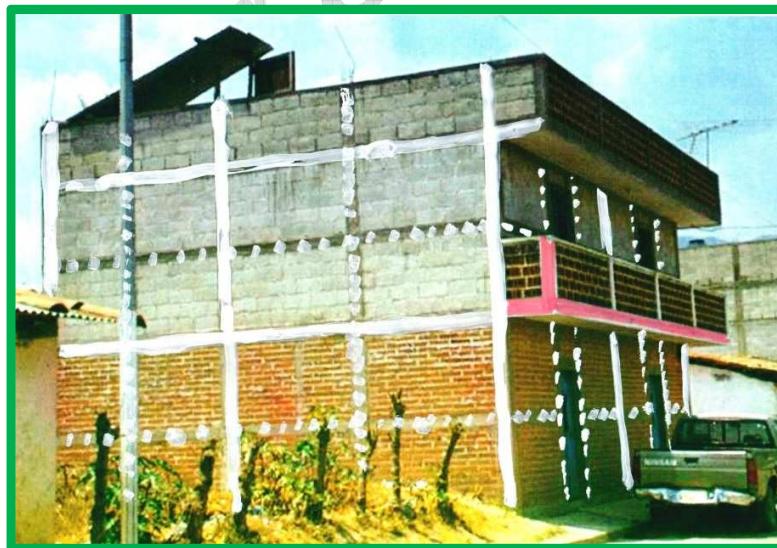
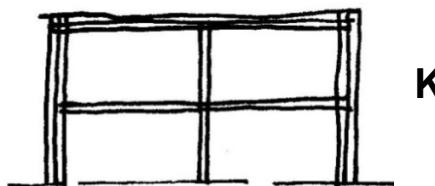


Figura 5-02
Casa en El Quiché
Observar el uso tan ordenado del refuerzo

las mochetas principales en las esquinas y donde hay paredes internas (marcadas con línea blanca continua). Las soleras de piso integrales con las losas (marcadas con línea blanca continua)

Las mochetas y soleras secundarias marcadas con línea blanca intermitente.

Sigamos comentando sobre la mampostería y su refuerzo con más detalle.

En busca de una mejor distribución del refuerzo

Es importante apuntar que mientras más distribuido esté el refuerzo intermedio, más eficiente va a ser la respuesta al sismo. Una solera intermedia y una mocheta intermedia es lo que tradicionalmente se pone en Guatemala, pero el esquema de distribución puede mejorarse de dos maneras que pueden aplicarse juntas o por separado.

La primera medida es simple y efectiva: **poner dos soleras intermedias** en vez de una sola. No se trata de duplicar el refuerzo sino de repartirlo; en vez de una solera intermedia grande se ponen dos pequeñas, con menos refuerzo y menos concreto cada una.

La segunda medida es repartir el refuerzo vertical a lo largo de la pared de block sustituyendo la mocheta intermedia. Hace décadas no se podía hacer eso porque las unidades de mampostería eran sólidas (como el ladrillo sólido llamado “tayuyo”) y por eso se “inventó” la mocheta intermedia. Pero hoy con las celdas huecas del block o del ladrillo llamado “tubular” si se puede.

Esta distribución de refuerzo vertical secundario si es eficaz pero necesita cuidado y un cambio de nuestro esquema de pensamiento. **El nombre técnico es “refuerzo inter-block”**. Veremos más sobre este refuerzo en la Sección 5.4.3

Atención: el refuerzo inter-block es refuerzo secundario para mejorar la pared. Sin embargo **NO SUSTITUYE** a las mochetas de esquina ni a las que están en las uniones de pared. La mampostería con refuerzo confinante que estudiamos en este manual requiere que allí se usen mochetas, no “pines”.

Recordemos que por mucho refuerzo que le pongamos a una pared, si el block es malo, la pared no va a funcionar.

En San Marcos, con el sismo de noviembre de 2012, muchas paredes se dañaron por no tener buen block aunque tenían suficiente refuerzo

Resumen sobre el refuerzo de la mampostería

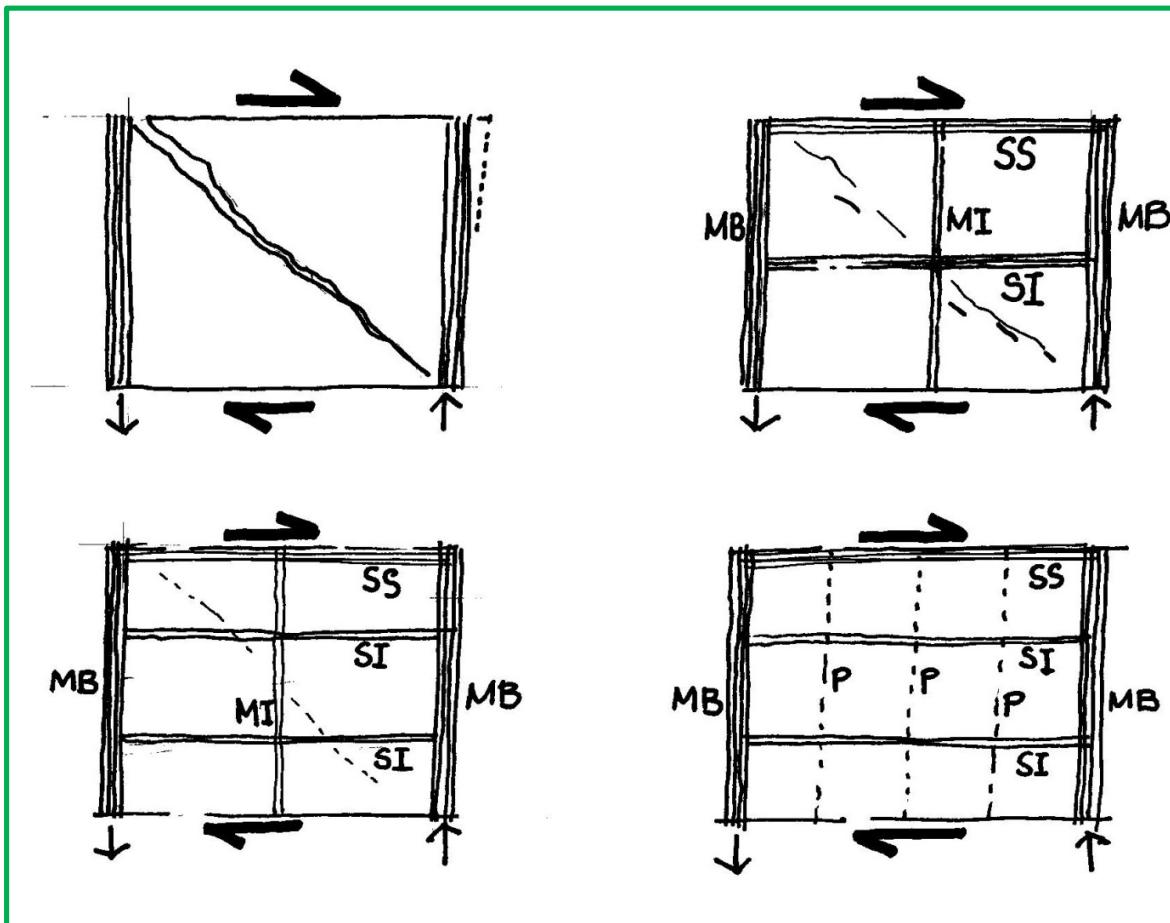


FIGURA 5-03

Recapitulemos sobre los refuerzos contra sismo y su razón de ser:

- en el primer esquema solo hay refuerzo vertical en los bordes; la pared no se volteá pero aún no es apta para sismos
- En el segundo esquema se ha puesto una solera de corona, una solera intermedia y una mocheta intermedia; todas en conjunto sí resisten sismos intensos si el block tiene la resistencia necesaria;
- En el tercer esquema se introdujo una mejora consistente en colocar dos soleras intermedias; el control de grietas mejora;
- En el cuarto esquema se ha sustituido la mocheta intermedia por refuerzo inter-block mejorando al máximo la distribución de refuerzo

5.3 Materiales para mochetas y soleras

Tipo correcto de varillas de acero

Los cuadros de refuerzo de mochetas de este Manual están calculados para **barras de acero grado 40** fabricadas bajo norma NTG 36011⁶. Estas son las tradicionales varillas corrugadas #3, #4, #5. En general estos son los tres calibres de varilla de acero que se usan para la mampostería con refuerzo confinante

Barra #3 con sección de 0.7 cm²

Barra #4 con sección de 1.2 cm²

Barra #5 con sección de 1.9 cm²

Las varillas o barras de acero se fabrican de varias resistencias y generalmente las más baratas son de menor calidad y menor resistencia. El acero grado 40 es de resistencia intermedia; los proveedores deberían saber el grado del acero que están comercializando, ya que a ellos se los tendría que certificar el distribuidor o bien la fábrica.

Importante sobre CALIDAD de las barras de acero

Si las varillas de acero que se consiguen no están certificadas, entonces deberán multiplicarse las áreas de acero que aparecen en los Cuadros de este Manual por 1.20 (20% más). A lo mejor paga conseguir las varillas grado 40 certificadas que no son 20% más caras que las no-certificadas.

Al utilizar los Cuadros de Refuerzo de este Manual, hay que poner especial atención a las notas incluidas en los cuadros.

Las barras #2: Estas varillas, tan fáciles de trabajar y doblar, son de gran utilidad en la construcción. La resistencia del acero no está bien definida, pero no importa porque no se usan como refuerzo principal sino como auxiliar, en especial para hacer estribos de mochetas y soleras.

"Hierro de alta resistencia"

Hay unas varillas de acero en el mercado a las que llaman "hierro de alta resistencia". Su nombre técnico es "alambre de acero al carbono" (norma ASTM A 1094) Su resistencia es efectivamente más alta que las barras Grado 40 pero no hay que dejarse sorprender con el argumento de venta que por ser más resistentes son "mejores"; hay que notar que las barras Grado 40 son de mayor calibre y eso compensa su capacidad (ver el Cuadro 5-01). Debemos saber que para lograr la mayor resistencia del alambre de acero el fabricante tuvo que estirar barras originales de menor grado hasta llegar a un punto donde se "endurecen"; pero en el proceso pierden parte de sus propiedades iniciales y se vuelven quebradizas. Cuando los alambres de acero Grado 70 llegan a desarrollar su capacidad nominal tienden a quebrarse; en cambio, cuando las barras Grado 40 llegan a desarrollar su capacidad nominal todavía tienen una reserva de capacidad de emergencia que es muy importante para sismos extraordinarios.

⁶ Las barras NTG 36011 también se comercializan bajo la designación "barras de acero A-615".

Lo anterior no significa que el “hierro de alta resistencia” no sirva. Es un sustituto que representa alguna economía, especialmente en parrillas de losas y es buena opción para hacer estribos; algunas pueden usarse en mochetas. Veamos algunas comparaciones en el siguiente cuadro.

Cuadro 5-A Comparación de capacidades de barras Grado 40 y “hierro de alta resistencia” (grado 70)					
Calibre	Sección (cm ²)	Grado	Capacidad nominal (libras)	Capacidad “de emergencia”	observaciones
# 2 (lisa))	0.32	30	1500	No aplica	Solo para estribo y eslabones
4.5 mm	0.159	70	1700	No tiene	Solo para estribos y eslabones y en malla soldada para uso en losas
5.5 mm	0.24	70	2600	No tiene	en malla soldada para losas; NO para mocheta
6.2 mm o 6.4 mm	0.30 0.32	70	3200 3450	No tiene	El mínimo para usar en mochetas y se pueden usar en losas
# 3	.71	40	4400	25 % más	Uso general
# 4	1.27	40	7800	25 % más	Uso general
# 5	2.0	40	12300	25 % mas	Uso general

Al examinar las capacidades de las diferentes varillas en el Cuadro 5-A, queda claro que aunque las varillas de “alta resistencia” sean de un acero más fuerte también son mucho más delgadas. En realidad, la capacidad total es una combinación de la sección y el tipo de acero. Por ejemplo, la fuerza que puede llegar a desarrollar un alambre de 6.4 mm es 3450 libras mientras que la barra # 3 no solo puede desarrollar hasta 4400 libras sino que además tiene una reserva extra que no tiene el alambre.

Las varillas de “alta resistencia” pueden reportar alguna economía pero deben usarse correctamente como se indica en el Cuadro 5-A

Clase de concreto a usar

El concreto, según como se dosifique la mezcla de cemento, agua, arena y piedrín resulta de varias resistencias al fraguar. Por ejemplo a más agua, menos resistencia. Lo indicado es pedir la “ficha técnica” del cemento que se compra para estar seguro de que la cantidad de cada cosa es la adecuada. También se puede pedir asesoría; cada marca de cemento tiene asesores en las distribuidoras que resuelven las dudas de los usuarios del cemento.

La resistencia más común es Concreto Clase 210 (también llamado “concreto 3000”). Es el que se necesita para fundir losas, entrepisos y columnas que estén aisladas.

El concreto para mochetas y soleras puede tener un poco menos resistencia y ser Clase 175 (llamado “concreto 2500”). El de cimientos si debe ser clase 210 porque es menos poroso y es más resistente a la humedad del suelo que el concreto Clase 175.

5.4 Refuerzo de Mochetas y Soleras

En esta Sección del Manual veremos la sección típica de las mochetas y las soleras y también la forma de colocar el refuerzo en cada una de ellas. **En la Sección 6.5 de este Manual veremos DONDE SE PONEN las mochetas.** Dónde poner mochetas es uno de los pasos principales al diseñar edificaciones con estructura de cajón.

5.4.1 Mochetas principales

Las mochetas son elementos verticales de concreto con refuerzo. Se ponen en **las esquinadas, los bordes de paredes y en las intersecciones de paredes** con el fin de enmarcar o “confinar” los paños de levantado de mampostería en conjunto con las soleras de piso y entrepiso: esas son las **“mochetas principales”**.

Cómo ubicar las mochetas principales se indica en el siguiente Capítulo, en la Sección 6.5.1

Vimos en la Sección 5.2 que también hay mochetas secundarias a las cuales hemos llamado **“mochetas intermedias”** que son útiles para disminuir el tamaño de las grietas en diagonal que se podrían formar en un terremoto. Esto lo veremos en la Sección 5.4.3 después de estudiar la colocación de soleras en la Sección 5.4.2.

El refuerzo de las mochetas principales

El tamaño y refuerzo de las mochetas principales depende del espesor de la pared, de la resistencia de la pared y del número de niveles de la edificación como se indica en el Cuadro 5-B. El cuadro aplica a levantados de block de una sola soga en edificaciones de 1 a 3 niveles. Si la pared fuera doble soga hay que poner el doble.

En el Cuadro 5-B se encuentra el tamaño de las mochetas principales y un arreglo de barras que cumple con lo necesario. Es fácil de usar como veremos en el ejemplo.

En el Cuadro 5-C los refuerzos de las mochetas están puestos en centímetros cuadrados (cm^2) y cada uno puede poner el arreglo que le sea conveniente.

Queda fuera del alcance de este Manual el indicar cómo se calcularon estos refuerzos. El lector interesado podrá consultar el fascículo técnico

- Criterios usados para establecer la Metodología Simplificada en el Documento AGIES DSE 4.11 “Manual de Mampostería Reforzada para Guatemala –Metodología Simplificada”

Ejemplo de uso de los Cuadros 5-B o 5-C

Tenemos una edificación de 3 pisos busquemos en el cuadro 5-B de qué tamaño deben ser las mochetas principales del primer piso si el block que estamos usando es Clase B de 19 cm y de doble tabique (DT). Veremos que para esas condiciones estaremos en los recuadros rojos del cuadro y para 19 cm, Clase B, DT se lee que las mochetas principales deben ser de 19 x 19 cm y tener un refuerzo de 4#5 + 2#3. Pero si uno quiere hacer su propio arreglo puede buscar en el Cuadro 5-C y allí, en el mismo lugar, dice que se necesitan 8.2 cm^2 . El arreglo que estaba en el Cuadro 5-B cumple ya que

$$4\#5 + 2\#3 = (4 \times 1.9) + (2 \times 0.70) = 9.0 \text{ cm}^2 \text{ que cubre los } 8.2 \text{ cm}^2 \text{ necesarios}$$

Pero uno podría poner 8#4 = (8x 1.2) = 9.6 cm^2 que también cumple aunque es un poco más de sección total de acero. Podemos escoger entonces entre los dos arreglos de refuerzo. Ambos cumplen lo requerido.

CUADRO 5-B REFUERZO DE LAS MOCHETAS PRINCIPALES								
	ARREGLOS		(BARRAS GRADO 40)					
	tipo de block	espesor de pared	Clase de Block sección mocheta			Clase de Block sección mocheta		
El refuerzo vale para: casa de un piso y para el último piso de casas de 2 y 3 pisos	Block DT	19 cm	19 x 20	4#4+2#3	4#4	19 x 15	6#3	6#3
	Block DT	14 cm	14 x 20	4#4	6#3	14 x 15	2#4+2#3	4#3
	block UT	19 cm	19 x 20	4#4	4#4	19 x 15	2#4+2#3	2#4+2#3
	block UT	14 cm	14 x 20	6#3	6#3	14 x 15	4#3	4#3
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 20	4#5+2#3	4#5	19 X 20	4#4+2#3	4#4
	Block DT o UT con graut	14 cm	14 x 25	4#4+2#3	4#4+2#3	14 X 20	6#3	2#4+2#3
	Block DT	19 cm	19 x 20	4#5+2#3	4#5	19 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3
	Block DT	14 cm	14 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3	14 x 20	4#4	2#4+2#3
El refuerzo vale para: primer piso de casa de 2 pisos y segundo piso en casa de 3 pisos	block UT	19 cm	19 x 20	6#4	6#4	19 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3
	block UT	14 cm	14 x 20	4#4+2#3	4#4	14 x 20	4#4	6#3
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 30	4#5+4#4	4#5+2#4	19 X 25	4#5+2#3	4#5
	Block DT o UT con graut	14 cm	14 x 30	4#5+2#3	4#5	14 X 25	4#4+2#3	4#4+2#3
	Block DT	19 cm	19 x 25	4#5+2#4	4#5+2#3	19 x 20	4#5	4#4+2#3
El refuerzo vale para: primer piso de casa de 3 pisos	Block DT	14 cm	14 x 25	4#5	4#4+2#3	14 x 20	4#4	4#4
	block UT	19 cm	19 x 30	4#5+2#3	4#5	19 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3
	block UT	14 cm	14 x 30	6#4	4#4+2#3	14 x 20	4#4	4#4
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 40	4#5+4#4	6#5	19 X 30	4#5+2#3	4#5+2#3
1 # 5 1.9 cm ² 1 # 4 1.2 cm ² 1 # 3 0.7 cm ²			ejemplos: 4 barras #4 son $4 \times 1.2 = 4.8 \text{ cm}^2$ 4 barras # 4 + 4 barras #3 son 7.6 cm^2 Refuerzo mínimo: 4 #3 = 2.8 cm^2					
			<ol style="list-style-type: none"> la cantidad de acero fue calculada con barras A615 grado 40 La cantidad puede reducirse al 70 % usando acero grado 60 certificado La cantidad de acero DEBE aumentarse en 20 % usando acero sin certificación El acero de mochetas principales NO es sustituible por el acero llamado de "alta resistencia" (varillas de esa clase ya fueron estiradas en fábrica a su límite útil para endurecerlas , eso reduce su factor de seguridad por sismo - no deben usarse en mochetas principales) 					

CUADRO 5-C							
REFUERZO DE LAS MOCHETAS PRINCIPALES							
AREAS DE ACERO EN CM2				(BARRAS GRADO 40)			
tipo de block	espesor de pared	Clase de Block sección mocheta		A	B	C	D
Las áreas de acero en este grupo valen para: casa de un piso y para el último piso de casas de 2 y 3 pisos	Block DT	19 cm	19 x 20	5.7	4.9	19 x 15	4.0
	Block DT	14 cm	14 x 20	4.3	3.8	14 x 15	3.1
	block UT	19 cm	19 x 20	5.1	4.4	19 x 15	3.6
	block UT	14 cm	14 x 20	3.9	3.3	14 x 15	2.8
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 X 20	8.2	7.1	19 X 20	5.7
Las áreas de acero en este grupo valen para: primer piso de casa de 2 pisos y segundo piso en casa de 3 pisos	Block DT	19 cm	19 x 20	8.5	7.4	19 x 20	6.0
	Block DT	14 cm	14 x 20	6.5	5.6	14 x 20	4.6
	block T	19 cm	19 x 20	7.6	6.6	19 x 20	5.4
	block T	14 cm	14 x 20	5.8	5.0	14 x 20	4.1
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 30	12.2	10.6	19 X 25	8.6
Las áreas de acero en este grupo valen para: primer piso de casa de 3 pisos	Block DT	14 cm	14 x 30	9.0	7.8	14 X 25	6.3
	Block DT	19 cm	19 x 25	9.5	8.2	19 x 20	6.7
	Block DT	14 cm	14 x 25	7.2	6.3	14 x 20	5.1
	block T	19 cm	19 x 30	8.5	7.4	19 x 20	6.0
	block T	14 cm	14 x 30	6.4	5.6	14 x 20	4.5
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 40	13.5	11.7	19 X 30	9.5
	Block DT o UT con graut	14 cm	14 x 40	10.0	8.6	14 X 30	7.0
1 # 5	1.9 cm2		ejemplos: 4 barras #4 son $4 \times 1.2 = 4.8 \text{ cm}^2$ 4 barras # 4 + 4 barras #3 son 7.6 cm^2 Refuerzo mínimo: 4 #3 = 2.8 cm^2				
1 # 4	1.2 cm2						
1 # 3	0.7 cm2						
<ol style="list-style-type: none"> la cantidad de acero fue calculada con barras A615 grado 40 La cantidad puede reducirse al 70 % usando acero grado 60 certificado La cantidad de acero DEBE aumentarse en 20 % usando acero sin certificación El acero de mochetas principales NO es sustituible por el acero llamado de "alta resistencia" (varillas de esa clase ya fueron estiradas en fábrica a su límite útil para endurecerlas, eso reduce su factor de seguridad por sismo - no deben usarse en mochetas principales) 							

Otro ejemplo de uso de los Cuadros 5-B y 5-C

Hay un levantado de pared de Block DT, Clase C, de 14 cm. ¿Cuánto refuerzo debe haber en las mochetas principales si la edificación es de 2 pisos? Respuesta: Para el primer piso de una construcción de dos pisos buscamos en la parte central del Cuadro 5-B: el levantado de 14 cm con Block DT clase C pide una mocheta de 14 x 19 cm con 4#4.

Si queremos cambiar el arreglo de refuerzo vamos al Cuadro 5-C y leemos que para el mismo caso que se necesitan 4.6 cm² de refuerzo; podemos poner las 4 varillas #4 que indicaba el Cuadro 5-B con lo que tendremos 4.8 cm² que cubre bien los 4.6 cm² necesarios. No serían suficientes 6#3 ya que $(6 \times 0.7) = 4.2$, que no alcanza a cubrir 4.6 cm². Si se resolvería con 8#3 = 5.6 cm² pero 8 barras quedan muy tupidas en una mocheta de 14 x 19cm.

5.4.2 Las soleras

Al igual que las mochetas, las soleras también hay principales y secundarias. Las principales van a la altura del piso de la casa (solera de humedad) a la altura de los entrepisos y en la azotea o la solera de remate para techos de lámina.

Las **soleras principales** junto con las mochetas principales forman marcos rectangulares que confinan los paños de levantado.

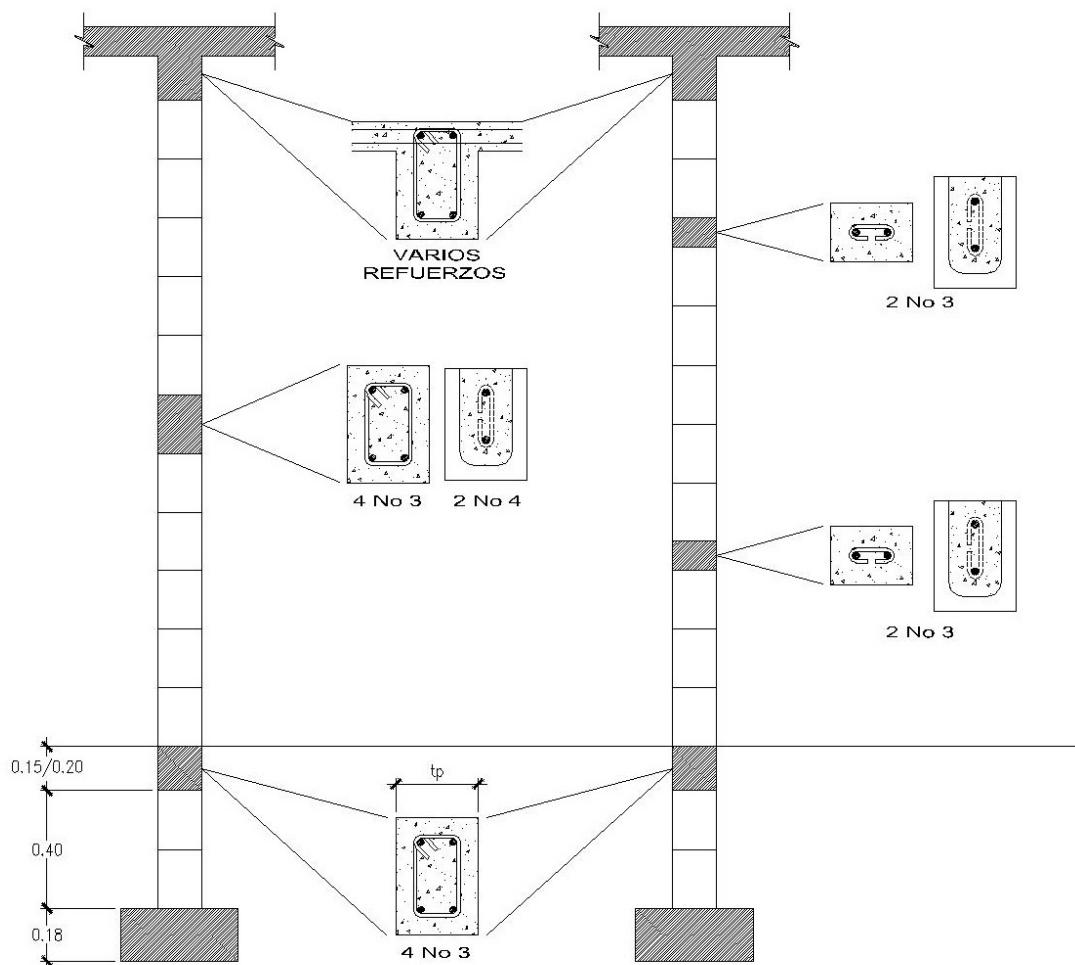
Véase el **Cuadro 5-D** con datos deposición, tamaño y refuerzo de soleras principales.

Las **soleras intermedias** van adentro del paño de pared y forman parte del “tejido” de refuerzo que debe llevar la mampostería sismo-resistente. Especialmente cuando hay dos soleras intermedias, una de ellas se puede poner a nivel de sillar de ventana. Ya hablamos de la importancia de las soleras intermedias para ayudar a mantener la unidad de la pared cuando ocurre un sismo intenso.

En la Figura 5-04 se ilustra la posición de las soleras. A la izquierda está el caso de 1 sola solera intermedia; a la derecha se ilustra el caso en que son 2 soleras. Como las paredes que se pueden manejar con las técnicas simplificadas varían entre 2.50 y 3.0 metros de altura sólo se dan los casos de una o bien dos soleras.

Observar lo siguiente: cuando la solera tenga 4 varillas se usará un estribo #2 (puesto por costumbre @ 20 cm y la solera tendrá el ancho de la pared y 15 o 20 cm de alto. Cuando la solera lleva solamente 2 varillas puede ser de 10 cm de alto; se usan eslabones #2 para mantener ordenado y alineado el refuerzo y estos pueden ir @ 30 o 40 cm de separación. Cualquier solera intermedia es reemplazable por una solera “U” en cuyo caso se usan solamente 2 varillas dispuestas una encima de la otra como se ilustra en la Figura 5-04.

Advertencia importante: Hay una técnica de colocar refuerzo horizontal sin utilizar soleras. Consiste en poner refuerzo entre las sisas de mortero, pero para Guatemala **desaconsejamos este método**. Usar refuerzo en la sisa de mortero es mucho menos confiable que usar solera intermedia; el mortero tiene una calidad más variable y hay más posibilidad de que la humedad alcance la barra o que esta quede expuesta por fuera o por dentro; en la solera, ya sea fundida o “U” la varilla queda metida en concreto.



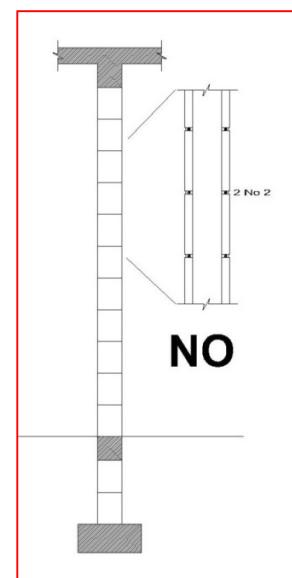
SECCIONES TIPICAS DE PARED

Figura 5-04

Dónde poner las soleras en la pared

Figura 5-04 A

Método desaconsejado para instalar refuerzo horizontal en la pared : varillas de 4.5 mm colocadas entre las sisas de mortero; están sujetas a problemas de colocación y corrosión por lo que se prefieren las soleras



El refuerzo que llevan las soleras

El refuerzo de las **soleras principales** se indica en el **Cuadro 5-D**.

Cuadro 5-D Soleras principales – tamaño y refuerzo			
	Ancho cm	Alto cm	refuerzo
Solera de humedad	14 o 19	20	4 #3 estribos #2 @ 20 cm
Soleras de entrepiso	14 o 19	20	4 #4 estribos #2 @ 20 cm
Solera de azotea	14 o 19	20	4 #3 estribos #2 @ 20 cm

Cuánto refuerzo deben llevar las **soleras intermedias** y cuál es la sección de concreto recomendable se explica en la siguiente **Sección 5.4.3 en los Cuadros 5-E(1) y 5-E(2)**).

¿Por qué el refuerzo para soleras está en los cuadros para mochetas intermedias? Porque ambos refuerzos están relacionados. Si ponemos menos refuerzo en las soleras, aumenta el refuerzo intermedio vertical, si aumentamos el refuerzo de soleras el otro refuerzo disminuye. Por eso hay dos cuadros, el 5-E(1) y el 5-E(2); ambos se diferencian por el refuerzo de las soleras intermedios y el diseñador puede utilizar el cuadro que más le convenga. Pero hablemos primero de las mochetas intermedias.

5.4.3 Las mochetas intermedias

El tamaño y refuerzo de las mochetas intermedias depende del espesor de la pared y de la separación entre mochetas principales. Si las mochetas principales están más cerca una de otra, la mocheta intermedia tiene menos refuerzo. Si están más separadas, la mocheta intermedia tiene más refuerzo.

Si la separación entre mochetas principales es menos de 2.0 metros se suprime la mocheta intermedia. Veremos que la metodología simplificada evita que las mochetas principales estén a más de 4.50 metros de separación si se ha aplicado correctamente el proceso de dividir la planta en tableros. La distribución de mochetas principales está dictada por la configuración en planta de la edificación como se indica en la Sección 6.5.1.

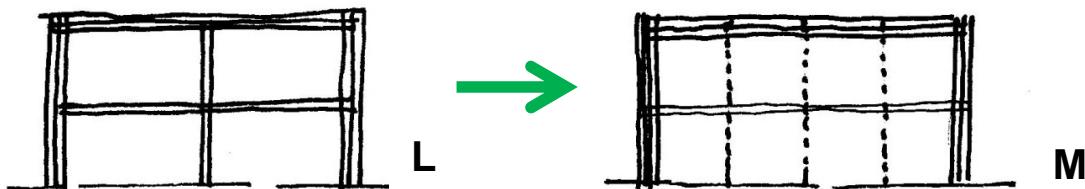
Nos esperaremos hasta entonces para hacer ejercicios de cómo poner mochetas porque primero se dispone dónde van las paredes; sólo cuando las hayamos dispuesto podemos ubicar la mochetas principales. Y sólo cuando ya sabemos dónde van las principales podemos poner las intermedias.

Entretanto hablemos un poco más de los refuerzos intermedios o secundarios de las paredes examinando el Cuadro 5-E.

Breve ejercicio: Supongamos que la distancia entre dos mochetas principales es 3.80 metros y que la pared es de 14 cm. Tenemos la opción de poner 2 soleras intermedias o una sola. Vamos al Cuadro 5-E y optemos por 2 soleras; según el cuadro cada solera intermedia tendrá 2#3 en pared de 14 cm; busquemos en la segunda columna del cuadro: para una separación de 3.80 m, redondeemos a $S = 4.0$ m; el cuadro indica que la mocheta intermedia debe ser de **11 x 14 cm con 1 #3 + 1 #4**.

5.4.4 Opción de usar refuerzo inter-block

Esta es una opción que no se ha usado mucho en Guatemala pero si deberíamos usarla. No se ponen mochetas intermedias y se sustituyen por “pines”; este criterio de usar pines fundidos entre mochetas principales produce paredes menos vulnerables a grietas sísmicas. Tal como indican los esquemas L y M, no deben eliminarse las mochetas principales porque si no, no aplican los métodos simplificados de este manual.



- Los blocks son huecos (y los ladrillos llamados “tubulares” también son huecos); cada unidad tiene 2 o más celdas que pueden alojar varillas de acero dentro de ellas; esos refuerzos inter-block se llaman en Guatemala “**pines**” o “**refuerzo pinneado**”. La varilla va adentro de la celda de block o ladrillo y se rodea con “graut” que es lo que liga la varilla con la mampostería.
- El **graut** es una mezcla especial, parecida al concreto, que se usa para llenar celdas en las unidades de mampostería; NO es concreto – el concreto es muy pastoso y no entra bien en las celdas -- tampoco es lechada ni concreto aguado –eso no logra buena resistencia.

El llamado “graut” que sirve para llenar la celda es un pariente del concreto; el llenado puede hacerse cada 3 o 4 hiladas para estar uno seguro que la celda llenó bien. Uno de los problemas del pin es que es difícil comprobar si toda la celda llenó. Es mucho más confiable desencofrar una mocheta y ver si el concreto quedó bien fundido.



Un Pin o Refuerzo Inter-block --
Hay quienes consideran que la fundición del graut del pin debe ser cada pocas hiladas y que debe interrumpirse un poco debajo de la sisa para mejorar engrape del siguiente tramo. Otros opinan que debe dejarse al ras para que la celda no se contamine de mortero. Otros prefieren dejar un registro abajo y fundir toda la celda de un tirón
Foto: Erik García

Los pines, bien logrados y bien repartidos producen levantados de calidad, especialmente cuando hay varios pisos y los ponemos por lo menos en el primero.

La separación entre pines y el calibre de la varilla de refuerzo depende del espesor de la pared y de la cantidad de refuerzo que se haya puesto en las soleras, como se indica en el **Cuadro 5-E**.

GRAUT

El graut se parece al concreto pero no lo es. Es más líquido y no tiene piedrín o sólo tiene una gravilla fina de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Use 1 parte de cemento y 2 $\frac{1}{2}$ a 3 partes de arena de río; si tiene la gravilla puede agregar 1 parte a la mezcla anterior; además puede agregar 1/10 de medida de cal hidratada para que sea más trabajable.

El graut debe quedar fluido para que penetre la celda, pero no tan líquido que se le vuelva una lechada aguada.

CUADRO 5-E**Soleras intermedias y Refuerzo Vertical Intermedio**

		espesor de pared			
		14 cm		19 cm	
Opción con Refuerzo inter-block	opción mocheta intermedia refuerzo y tamaño	1 solera	2 soleras	1 solera	2 soleras
		4#3 14x20	2[2#3] 2[14x10]	4#3 19x20	2[2#3] 2[19x10]
	pin #3 @	0.80	0.80	0.40	0.40
	pin #4 @	1.20	1.20	0.60	0.80
	pin #5 @	**	**	1.00	1.00
	S < 2.0	n/a	n/a	n/a	n/a
	S = 2.5	2 #3 11x14	2#3 11x14	2 #4 11x19	2 #4 14x19
	S = 3.0	2 #3 11x14	2#3 11x14	4 #3 14x19	4 #3 14x19
	S = 3.5	1#3+1#4 11x14	1#3+1#4 11x14	2#3+2#4 14x19	2 #3+2 #4 14x19
	S = 4.0	1#3+1#4 11x14	1#3+1#4 11x14	2#3+2#4 14x19	2 #3+2 #4 14x19
	S = 4.5	2 #4 11x14	2 #4 11x14	4 #4 14x19	4 #4 14x19

Nota 1: "S" es la separación que queda entre mochetas principales

Nota 2: n/a significa "no aplica"; si las mochetas principales quedaron a menos de 3.0 metros de distancia omita la mocheta intermedia

Nota 3: **Usar refuerzo inter-block generalizadamente como refuerzo inter-medio produce una mejor calidad de pared**

Ejemplo de cálculo de pines:

Igual que en el caso de las mochetas intermedias, la densidad y calibre de los refuerzos inter-block depende de la cantidad de refuerzo que hayamos puesto en las soleras intermedias. Por ejemplo, para una pared de 19 cm donde hayamos utilizado 2 soleras intermedias con 2 #3 cada una, el Cuadro 5-E indica que podemos **usar pines #4 @ 0.80 o bien debemos usar #3 @ 0.40.** ¿Qué ventaja nos puede traer la opción con pines @ 0.40? Pues, si es pared a la calle es más difícil perforarla.

5.5.5 Ilustraciones – colocación del refuerzo

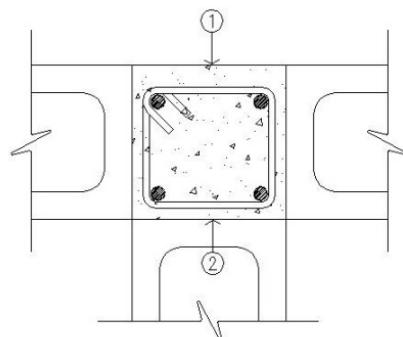
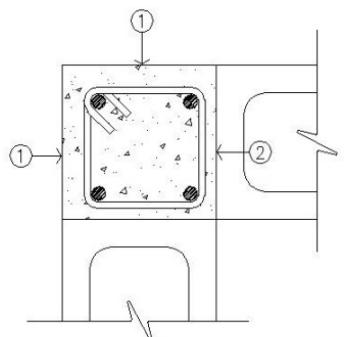
Colocación del refuerzo de mochetas

La **Figura 5-05** ilustra la colocación de barras de refuerzo en mochetas.

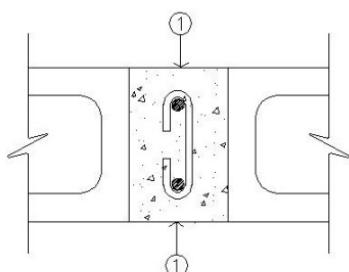
En las Mochetas Principales siempre se colocan de 4 a 8 varillas rodeadas por estribos. En la mayor parte de los casos bastarán 4 varillas. Ninguna varilla será menor que una #3 y el arreglo mínimo será de 4 #3 (2.8 cm^2); si los Cuadros 6-B o 6-C indican una cantidad de acero menor a 2.8 cm^2 de todos modos se pondrán por lo menos las 4 #3. Generalmente las varillas de mocheta principal serán #3, #4, o #5.

Los estribos se harán con refuerzo liso # 2 y por lo general se instalan a 20 cm. No son las mochetas principales las que cargan los pesos de la estructura como a veces se cree. Esos pesos los carga la propia pared; de allí la importancia de usar un buen block que no sea menos que clase D. Por lo tanto, poner acero de más en las mochetas no ayudará a que la edificación sea más fuerte. Sin embargo tampoco hay que poner menos de lo que indica el **Cuadro 5-C**: las mochetas principales tienen la importantísima función de absorber las “patadas” de las paredes sujetas a sismos. Las fallas en diagonal en los paños de mampostería demuestran que las cargas que producen los sismos bajan en diagonal por las paredes. Por lo tanto esas cargas “golpean” o “patean” la base de las mochetas principales y se “cuelgan” de las esquinas superiores de los paños confinados de pared. Para mejorar la resistencia de las mochetas en esas esquinas hay que instalar 5 estribos No. 2 @ 10 cm abajo y arriba de una mocheta principal. Esos estribos más tupidos se muestran en la **Figura 5-06**.

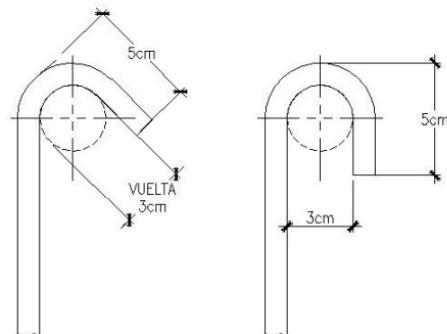
En el caso de las mochetas secundarias cuya función es parar grietas, bastan dos varillas con eslabones No. 2 @ 20 cm. No es necesario poner los eslabones @ 10 cm al pie y tope de una mocheta secundaria.



MOCHETA ESQUINERA y "T"



MOCHETA INTERMEDIA



GANCHOS DE ESTRIBO

PLANILLA DE TAMAÑOS DE ESTRIBO EN MOCHETAS	
PARED	ESTRIBO
19 con 19cm	13 x 16 cm
14 con 14cm	8 x 16 cm
9 con 9cm	SOLO ESLABÓN
14 con 19cm	16 x 11 cm

NOTAS:

- ① DEL LADO EXTERIOR DEJAR 2cm DE RECOBERTO
- ② DEL LADO INTERIOR SE PUEDE DEJAR MENOS (1cm)

Figura 5-05
Secciones en planta de mochetas principales e intermedias

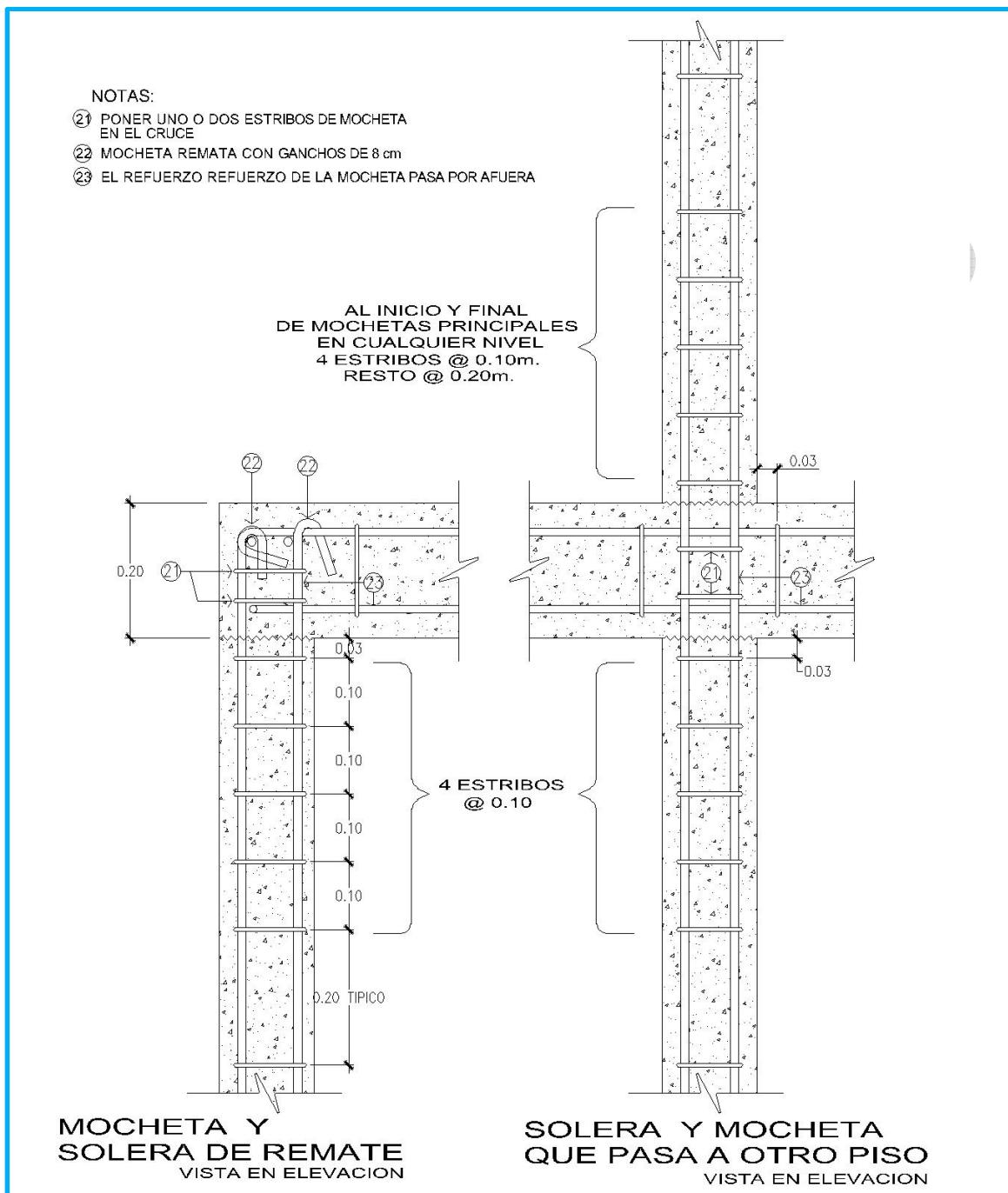


Figura 5-06
Desarrollo vertical de mochetas principales

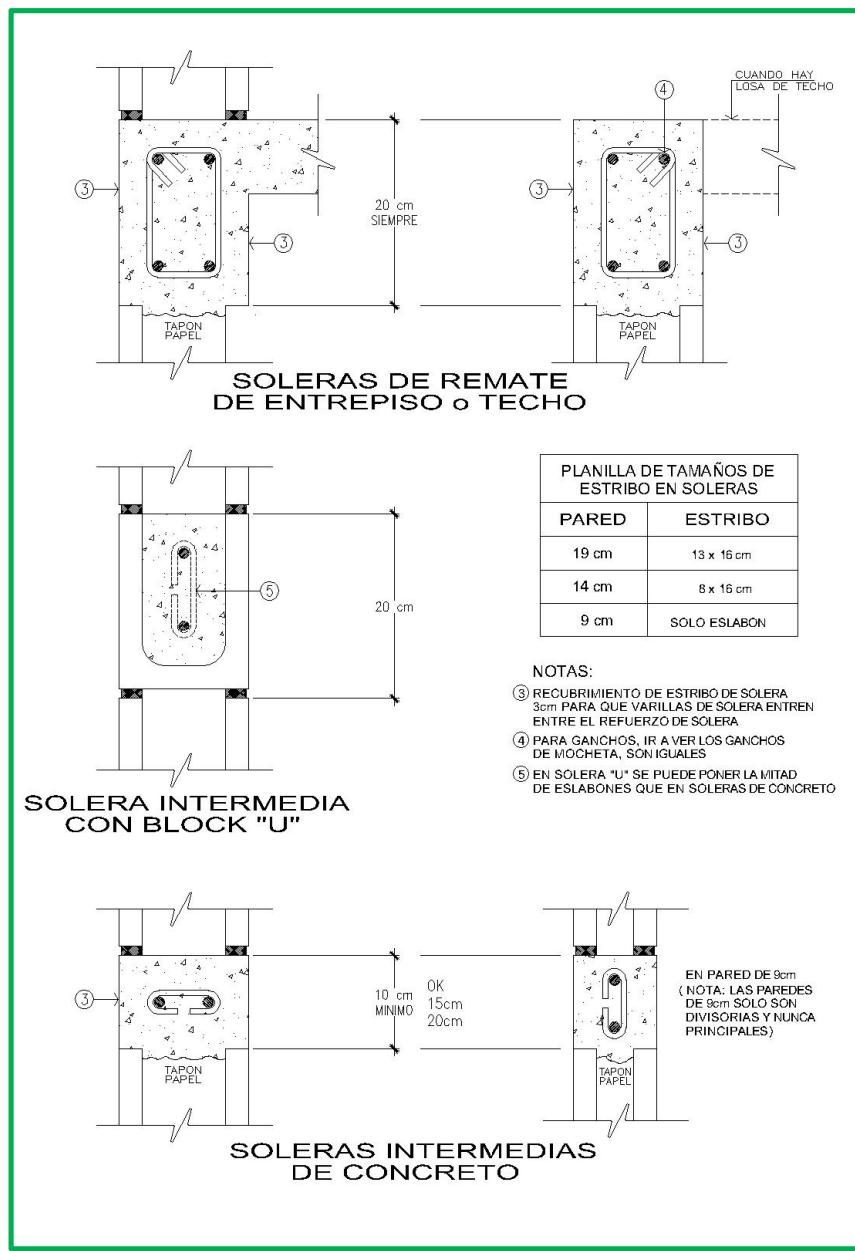


Figura 5-07
Secciones típicas de soleras

Ilustraciones - ¿Cómo deben unirse las mochetas con las soleras?

La interconexión de soleras con mochetas es de gran importancia. De nada sirve cuántas varillas pongamos y de qué calibre sean si no conectan bien unas con otras. Las fuerzas que producen los sismos sobre las mochetas y soleras son grandes y si no están bien empalmadas se zafarán durante un sismo intenso, el paño de pared ya no estará confinado y la pared perderá resistencia y se partirá o se desmoronará. Las **Figuras 5-08 y 5-09** ilustran cómo pueden hacerse empalmes efectivos.

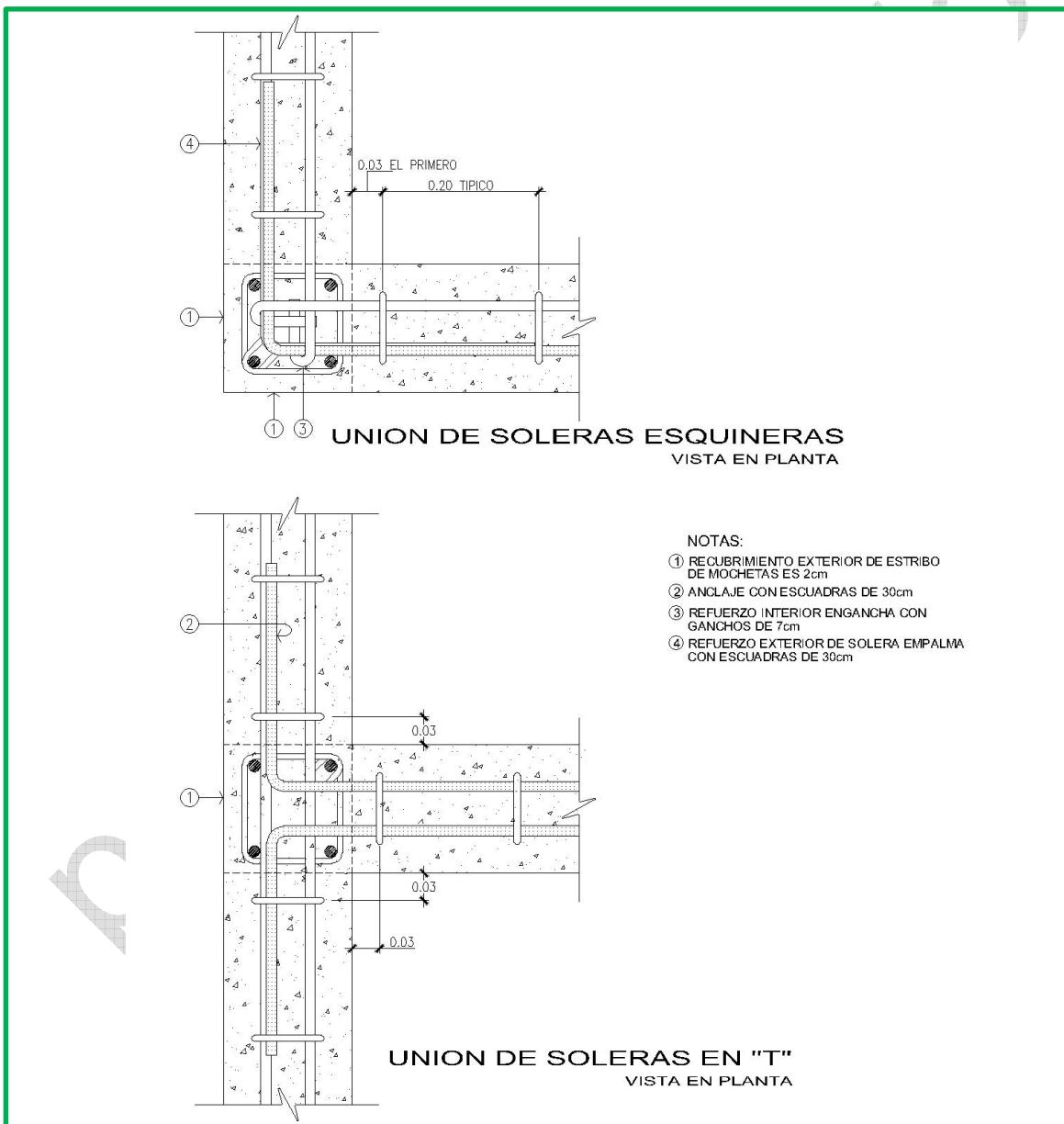
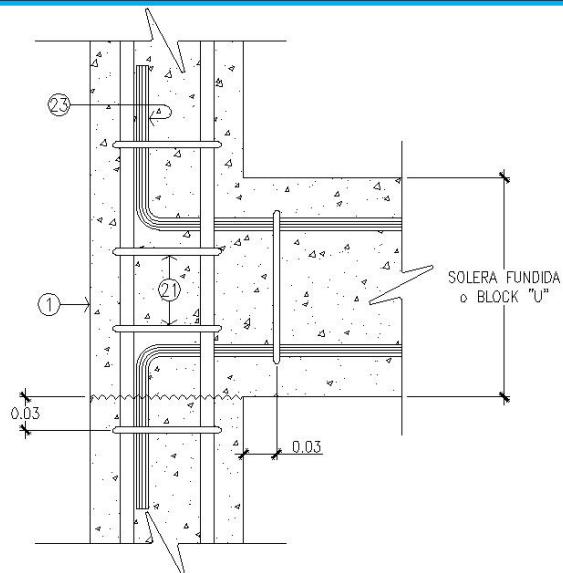
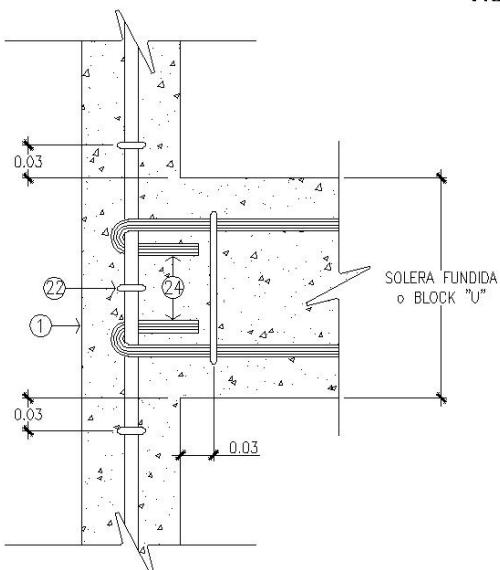


Figura 5-08
interconexión de soleras vistas en planta



**ANCLAJE DE SOLERA INTERMEDIA EN
MOCHETA DE PUERTA DE 4 VARILLAS**
VISTA EN ELEVACION



**ANCLAJE DE SOLERA INTERMEDIA EN
MOCHETA DE PUERTA DE 2 VARILLAS**
VISTA EN ELEVACION

NOTAS:

- ① RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE ESTRIBO DE MOCHETA ES 2 cm
- ② PONER UNO O DOS ESTRIBOS DE COLUMNA EN LA INTERSECCION
- ③ UN ESLABON EN LA INTERSECCION
- ④ ESCUADRAS DE 15 cm
- ⑤ GANCHOS DE 8 cm

Figura 5-09
interconexión de mochetas con soleras vistas en elevación

6. CÓMO FUNCIONAN LAS ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA

6.1 El concepto de una estructura de cajón

Las construcciones de mampostería con refuerzo son **estructuras de cajón**. Se llaman así porque son verdaderas cajas en las que la estructura soportante son las propias paredes de la edificación. Si están bien ensambladas son muy resistentes.

Las **estructuras de cajón** pueden ser de uno o más pisos; las losas de entrepiso ayudan a solidificar el cajón y si el techo es de losa de concreto, como se usa mucho en Guatemala, la estructura se vuelve aún mejor y puede llegar a ser extraordinariamente resistente.



Figura 6-01

Un buen ejemplo de una estructura de cajón, posiblemente hecha en dos etapas donde el primer piso es ladrillo y el segundo es de block –

Aquí queda claro: lo que carga son las paredes.

Las mochetas y soleras no cargan; su función es CONFINAR, es decir, amarrar unos con otros los paños de levantado para hacerlos más resistentes y que no se desarmen con los sismos.



Figura 6-02

En verdad, una estructura de cajón no es más que una casa de naipes.

Los naipes funcionan siempre que estén bien unidos por los bordes, como las cintas adhesivas en la ilustración.

Para que la estructura funcione bien, también se necesita que haya naipes en las dos direcciones.

Y las mejores “cajas de naipes” son aquellas que tienen otros naipes pegados como techo. Eso es lo que hacen las losas de concreto.

Figura 6-03

Esto es lo que sucede cuando los componentes de una estructura de cajón no están bien unidos entre sí.

Este caso ocurrió en Nicaragua durante un terremoto en 1972.



Figura 6-04

En este caso los componentes de la estructura de cajón (las paredes y la losa de techo) si estaban bien unidos.

La edificación se mantuvo bastante íntegra aunque perdiera soporte por debajo.

Socavamiento causado por erosión -
Cantel, Quetzaltenango – 2010
Foto: Melvin Pérez

Para edificaciones de 1 a 3 niveles de tamaño limitado, como viviendas y comercios pequeños, la solución constructiva más práctica es utilizar el sistema de cajón. Esto es válido tanto para construcción de alto costo como para construcción de costo moderado o bajo.

Una buena edificación de cajón se puede lograr con pocos cálculos numéricos siempre que sigamos las reglas fundamentales. Por supuesto, sí habrá que hacer algunas cuentas y respetar ciertos límites.

Las cuentas que tendremos que hacer no son más difíciles que las que hay que hacer para lograr un buen presupuesto. Cuando hacemos un presupuesto de costos de construcción calculamos cuánto va a costar la construcción para saber si alcanzan los fondos disponibles. Diseñar las paredes de una edificación es como hacer un presupuesto de las cargas que habrá para compararlas con las resistencias disponibles... En el fondo es lo mismo.

Vamos a ver en las siguientes secciones cómo se manejan las cargas. Primero hablaremos de los pesos (llamados “cargas gravitacionales”). Después veremos “cargas sísmicas”.

6.2 Estructuras de cajón ¿Cómo funcionan?

En una estructura de cajón los techos (ya sean artesonados o losas) llevan las cargas hasta las paredes internas y externas; los entrepisos igualmente recogen las cargas y las conducen a las paredes -- todas esas cargas bajan directamente por las paredes que las llevan a los cimientos que deben ser continuos bajo todas las paredes. Las mochetas y soleras no son ni columnas ni vigas sino que son parte integral de la pared y sirven para mantener los levantados amarrados entre sí – y para darle resistencia al levantado cuando tiembla.

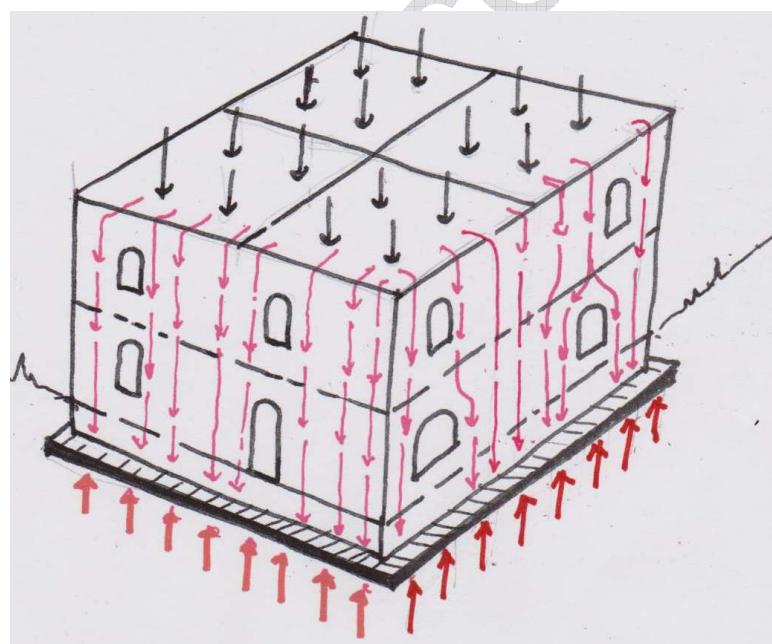
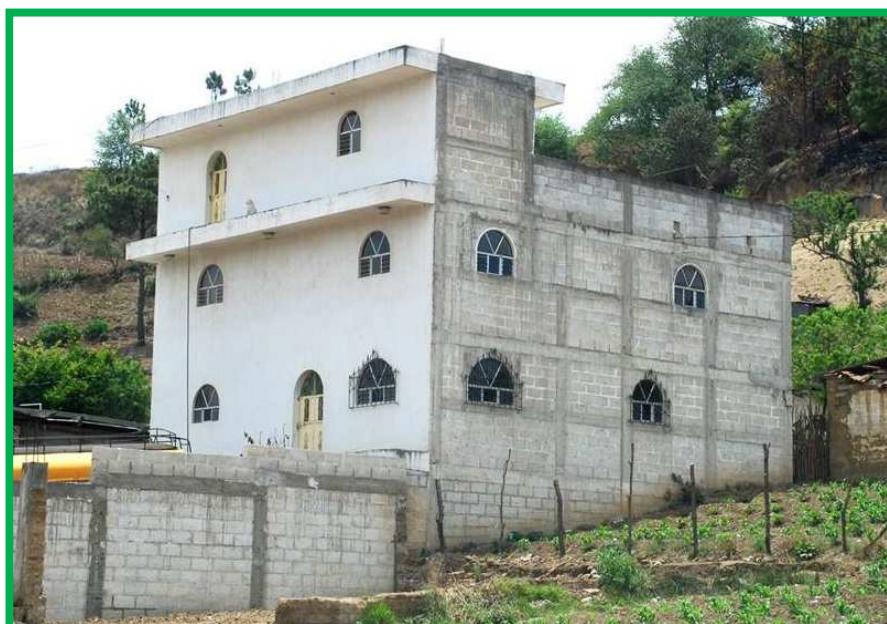


Figura 6-05 A y B

Casa de block con entrepiso y techo de concreto

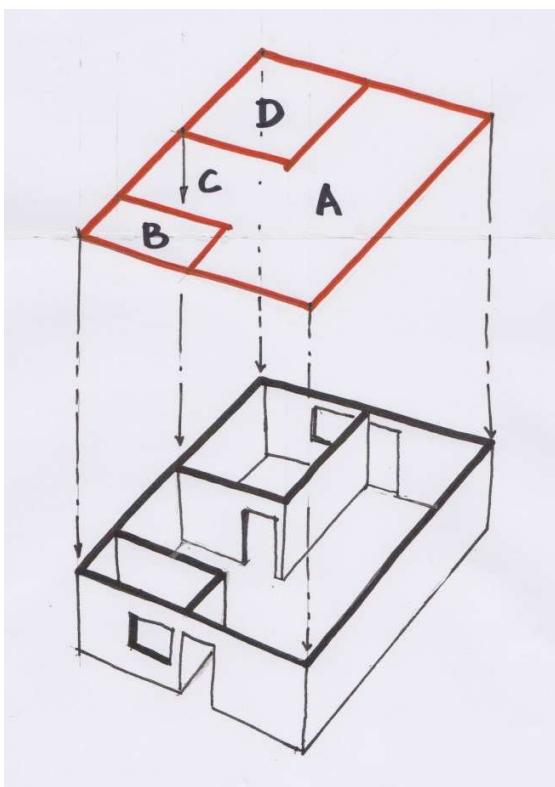
El esquema ilustra cómo bajan las cargas, incluyendo los pesos, por las paredes y cómo esas cargas las reciben los cimientos que deben ser corridos (no deben ser zapatas bajo las mochetas)

Ejemplo 1 – Vivienda de 2 niveles

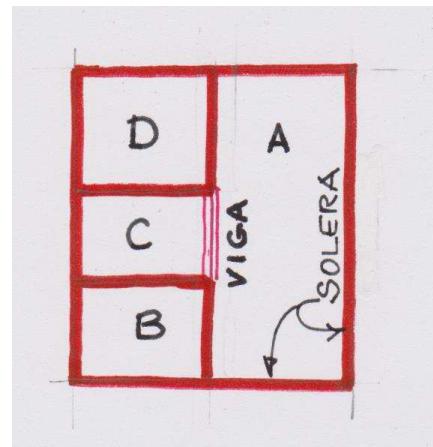
Vamos a desarrollar importantes ideas y conceptos aplicándolos de una vez por medio de ejemplos. Empecemos por diseñar una vivienda de mampostería confinada de block de dos niveles. Comencemos con un esquema general de lo que vamos a diseñar.

Por ahora nos enfocaremos principalmente en las ideas. En el próximo capítulo del manual se describirá como podemos desarrollar proyectos siguiendo una rutina formal que seguirá una serie de reglas a aplicar. En este capítulo se desarrollan las bases de esas reglas.

División de la planta de piso en “tableros”



Para distribuir bien pesos y cargas de la construcción hagamos lo siguiente: Dividamos la planta de la edificación en rectángulos. Los bordes de los rectángulos se alinean con las paredes. Cuando un borde pasa sobre una pared habrá una solera de remate; si pasa sobre una puerta o ventana habrá un dintel; si la orilla de un rectángulo pasa en el aire deberá ponerse una viga allí.



**Figura 6-06 -- Ejemplo 1 -- ilustración de trazo inicial de tableros
(hay que chequearlos para obtener el trazo final)**

Sigue Ejemplo 1 – Vivienda

En el ejemplo mostrado en la figura, se formaron 4 tableros en una primera pasada (uno de ellos lo tendremos que subdividir porque veremos que resultó muy grande)

Definir “tableros” es una forma de ordenar la estructura. El concepto de los “tableros” vale para el techo y para los entrepisos cuando hay varios niveles. Uno de los propósitos que perseguimos es que el orden y número de tableros sea el mismo en todos los niveles

de una construcción. Si perdemos ese orden se estropea la **ruta directa** de bajada de las cargas desde los techos y entrepisos y se generan problemas sísmicos.

Los “tableros” se pueden “llenar” o cubrir de 3 maneras:

- **con losa fundida de concreto** que es muy común en Guatemala, tanto para entrepisos como para techos;
- **con viguetas prefabricadas** recubiertas de concreto; es versátil y economiza en el uso de madera para tarima y formaleta;
- por supuesto una forma de cubrir la traza de tableros de techo es con lámina sobre artesonados de metal o madera.

El diseño del refuerzo de las losas fundidas y la opción de estructurar con losas de viguetas prefabricadas puede encontrarse en el Fascículo AGIES:

- Guía para Diseño de Losas de Concreto Reforzado para Edificación Menor
 - Incluye losas fundidas en sitio y con viguetas prefabricadas –

Las recomendaciones para construir techos enlaminados puede encontrarse en el Fascículo AGIES:

- Guía de Diseño para Edificación Menor con Techos de Lámina
 - Incluye artesonados de madera o metal –

Como la metodología de este manual es simplificada no será necesario que calculemos pesos y cargas en detalle; todo eso está pre-calculado en los cuadros y tablas; lo único lo que necesitamos averiguar son las llamadas “áreas tributarias” de losa que le corresponden a cada pared que nos interese.

Tampoco será necesario examinar todas y cada una de las paredes: por simple inspección identificaremos cuáles son las paredes y puntos clave que debemos chequear

Para quienes tengan interés en documentarse sobre las bases y suposiciones de los métodos simplificados desarrollados en este manual se les refiere a:

- **Fascículo informativo:**
¿Cuánto pesan las construcciones que hacemos?
- **Fascículo Técnico:**
Criterios usados para establecer la Metodología Simplificada en el Documento AGIES DSE 4.11 “Manual de Mampostería Reforzada para Guatemala –Metodología Simplificada”

En esta edición del manual vamos a diseñar solamente edificaciones de mampostería estructuradas con losas de concreto fundidas en el sitio, tanto para azoteas como entrepisos. Como se ha mencionado anteriormente, esta es una de las prácticas más comunes en Guatemala.

El objetivo del procedimiento que vamos a describir en esta sección es determinar cuánta área de tablero le toca cargar a una pared o a una viga. Eso nos permitirá resolver los proyectos planteados en este manual y determinar qué clase de levantado de block debemos usar para que resista la carga que le llega.

Definición de “áreas tributarias”

“Área Tributaria” es la porción del área de losas que “tributa” peso y cargas a una pared o a una viga. Para establecer “áreas tributarias” vamos a dividir en “tableros” cualquier estruc-

tura de cajón que planteemos. Cada piso de la construcción se dividirá en tableros. **Para usar los métodos simplificados de este manual seguiremos las siguientes reglas para establecer “tableros”:**

- los tableros en niveles superiores deben ser iguales a los tableros en niveles inferiores (puede haber excepciones pero esas las veremos más adelante, al examinar casos especiales);
- ningún tablero excederá 18 metros cuadrados y ninguno de sus lados será mayor que 4.50 metros de largo; en general es preferible usar tableros que no pasen de unos 14 o 15 metros cuadrados;
- Cuando un borde de tablero quede en el aire se pondrá una viga en ese borde;
- Los tableros donde se coloca losa prefabricada se parten en dos áreas mitad y mitad según donde se apoyan las viguetas; igual los artesonados;
- Los tableros donde se coloca losa fundida se parten en 4 áreas, excepto que si son tableros alargados se parten sólo en dos áreas alargadas (un tablero es alargado si el lado largo es más que 1.5 veces el lado corto).
- Se pueden agregar tableros en voladizo, pero no más de 1.20 metros – no hay necesidad de poner vigas en la orilla del voladizo – no hay que levantar paredes sobre el extremo de los voladizos.

Ejemplo 1 – establecer los tableros en una vivienda de 2 pisos

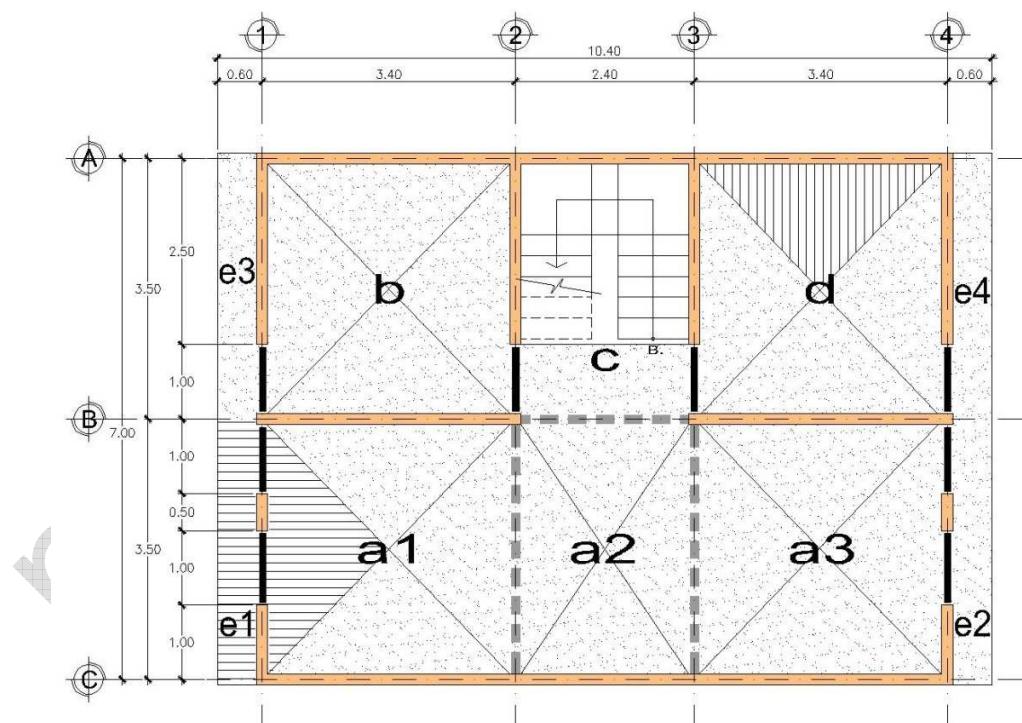


Figura 6-07 -- Planta del Ejemplo 1 con configuración final de tableros --
También se indican las paredes cuya área tributaria se calcula en el texto

En el paso inicial habíamos llegado a establecer 4 tableros para la planta de este ejemplo (ver Figura 6-06). Sin embargo el tablero "A" era muy grande, ya que tiene $3.50 \times 9.20 = 32.2$ metros cuadrados; según las reglas que acabamos de listar no podemos tener tableros tan grandes. Hay que subdividirlos con vigas intermedias de carga; si es muy grande la losa se deformaría como guacal con el tiempo; así que vamos a sub-dividir el tablero "A" en tres tableros más pequeños; la línea que une los tableros pequeños queda en el aire, así que ponemos una viga allí.

Observemos en la Figura 6-07 que en la segunda pasada el diseñador añadió tableros voladizos en cada extremo de la edificación; tienen 0.60 de largo que son adecuados según las reglas. Esos no se dividen en 4 porque son voladizos que tributan toda su área a un solo borde.

Observemos también en la Figura 6-07 que cada tablero se ha dividido en 4 cuarterones triangulares; los cuarterones son imaginarios y sólo indican cual área de la losa tributa hacia cada lado. En el dibujo se han sombreado dos cuarterones y un área de voladizo; los sombreados nos servirán en los ejemplos que siguen.

Verificar capacidad de carga de las paredes

Ejemplo 1 continúa – verificar que las paredes aguanten

Para aprender a chequear paredes, escojamos una pared cualquiera: por ejemplo la del eje A entre ejes 3 y 4; esta pared carga $\frac{1}{4}$ del Tablero "d" que tiene $3.50 \times 3.40 = 11.9 \text{ m}^2$, por tanto cada cuarterón imaginario de la losa tendría $11.9 / 4 = 2.98 \text{ m}^2$ de área tributaria. El área tributaria de la pared se muestra con un rayado sombreado en la planta de tableros.

La casa del ejemplo que estamos desarrollando tiene dos niveles y el área tributaria que nos interesa será entonces $2 \times 2.98 = 6.00 \text{ m}^2$: ¿aguanta el tramo de pared del eje A entre ejes 3 y 4 un área tributaria de 6.00 m^2 ? **Usemos el Cuadro 6-A:** Si usáramos block de 14 cm, tipo DT, Clase C y para hacer el levantado y si usáramos lecho parcial de mortero, leemos que 1 metro lineal de ese levantado soporta hasta **3.1 m²** de área tributaria. Por lo tanto ese tramo de pared de 3.50 m de largo puede admitir hasta

$$3.40 \times 3.1 = 10.54 \text{ m}^2 \text{ de área tributaria}$$

Como el área tributaria real no pasa de 6.0 m^2 (contando ya los dos niveles), el block que escogimos si está bien, por lo menos en ese tramo de pared.

Si la casa tuviera 3 niveles, el área que tributa a esa pared sería $3 \times 2.98 = 9.00 \text{ m}^2$ que sigue siendo menos que la capacidad de 10.54 m^2 de la pared.

Verificar capacidad de otra pared de soporte

En la práctica no es necesario que tengamos que chequear todas las paredes. No es difícil identificar los sectores críticos que es donde vemos que hay menos paredes dentro del área tributaria. En este caso deberíamos examinar las paredes del Eje 1 (o el Eje 4) entre ejes B y C. El área tributaria **At** para ese segmento es un cuarterón de losa de 3.40×3.50 más el área del voladizo según la Figura 6-07; esto es

$$[(3.40 \times 3.50) / 4] + [0.60 \times 3.50] = 5.16 \text{ m}^2 \text{ por cada nivel y } \mathbf{10.32 \text{ m}^2 \text{ para dos niveles.}}$$

Volvamos a usar el Cuadro 6-A: empleando el mismo tipo de block que ya usamos antes, las longitudes de pared de ese tramo son capaces de resistir

$$\text{capacidad} = [0.50 + 1.00] \times 3.1 = 4.65 \text{ m}^2$$

CUADRO 6 -A
MÉTODO SIMPLIFICADO

Área tributaria que puede soportar una pared

coeficientes del cuadro son el área tributaria en m²
que se permite que soporte 1 m lineal de pared

forma de uso:

Determinar Capacidad Tributaria $C_t = \text{longitud de pared} \times \text{coeficiente del cuadro}$

Comparar Capacidad (C_t) con Área Tributaria Real (A_t)

(At debe incorporar los m² tributarios del propio nivel y de pisos superiores cuando hay)

tipo block	espesor pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mor- tero	concreto clase 210			
			A	B	C	D					
block DT	19	0.53	9.1	6.9	4.5	3.4	lecho completo				
block DT	14	0.55	7.0	5.3	3.5	2.6	lecho completo				
block DT	19	0.53	8.2	6.2	4.1	3.1	lecho parcial				
block DT	14	0.55	6.3	4.7	3.1	2.4	lecho parcial				
block UT	19	0.50	7.8	5.9	3.9	2.9	lecho parcial				
block UT	14	0.51	5.9	4.4	2.9	2.2	lecho parcial				
block UT o DT	19	0.80	12.5	9.4	6.2	4.7	todas las celdas con graut	18.2 13.4 8.6 15.3			
block UT o DT	14	0.80	9.2	6.9	4.6	3.5					
pared concreto	19	1.00									
pared concreto	14	1.00									
columna	30 x 30							18.2 13.4 8.6 15.3			
columna	40 x 40										
notas											
block DT	tabique central de la unidad es doble										
block UT	tabique central de la unidad es simple										
Parámetros de cálculo	ver fascículo AGIES de soporte técnico										
	$W_u = 1800 \text{ lb/m}^2$										

Vemos que la capacidad del tramo es 4.65 m² y el área real que tributa es 10.32 m² o sea que la pared es insuficiente. Para tratar de remediar la situación probemos llenar de graut todas las celdas de esos dos "muñecos" de pared. Vamos nuevamente al **Cuadro 6-A** y

vemos que si rellenamos de grout todas las celdas del block de 14 cm, el coeficiente de tabla sube de **3.1** a **4.6**

$$\text{capacidad} = [0.50 + 1.00] \times 4.6 = 6.90 \text{ m}^2$$

Como la capacidad es 6.90 m² y tenemos 10.32 m² tributando, **esto todavía no es aceptable.**

Cambiamos de tipo de block en este tramo. Hagamos los muñecos con block DT, Clase A de 14 cm levantado con lecho completo; según el mismo Cuadro 6-A, la capacidad de este levantado es 7.0m por metro lineal de pared y ahora tendríamos

$$\text{capacidad} = [0.50 + 1.00] \times 7.0 = 10.50 \text{ m}^2$$

Esto ya alcanza. No es muy práctico de usar porque es sólo un poquito de block A entre tanto block C, pero si es posible porque el block viene marcado. Por el momento vamos a dejar el ejemplo aquí y lo vamos a retomar después de estudiar otro punto.

Observación: Alguien podría decir "yo he visto muñecos de pared de ese tamaño soportando 2 pisos, ¿por qué dice el resultado que no aguanta?" -- Es importante puntualizar que lo que dijimos es que "no es aceptable" que no es lo mismo que "no aguanta". Los resultados de las tablas tienen lo que se llama un "factor de seguridad", tienen un margen; no queremos que si le agregamos 100 libras de más la pared se rompa... hay también margen para algo de error y otro por si alguno de los blocks está malo... También los coeficientes de las tablas toman en cuenta que en momentos de crisis, como cuando está ocurriendo un terremoto todas las cargas se vienen juntas. No hay que confiarse y por eso hay que usar márgenes. Nada es perfecto.

Conclusión para este segmento del proyecto:

Si examinamos otros tramos de pared veremos que el block que supusimos sí alcanza para resistir los pesos. (Excepto que a los "muñecos" de los Ejes 1 y 4 hubo que darles tratamiento especial) Pero cuidado, este examen que hicimos fue para ver si las paredes aguantan el peso. Pero eso no quiere decir que aguanten también un sismo intenso (terremoto). Nunca hay que saltarse la evaluación sísmica de las paredes que veremos en la Sección 6.4.

De hecho, en la práctica, uno chequea primero el sismo ya que las paredes son más vulnerables al sismo que a los pesos. Pero aquí en el manual había que seguir este orden hasta que ganemos más experiencia de diseño

6.3 ¿Qué vigas hay que poner cuando no hay paredes bajo la losa?

Anteriormente en el Ejemplo 1 vimos que había que poner 3 vigas para configurar bien los tableros que se definieron. En esta sección del manual vamos a establecer el tamaño y refuerzo de esas vigas.

Todo lo que necesitamos calcular por ahora son Áreas Tributarias de las vigas, igual como se hizo para las áreas tributarias de las paredes en la sección anterior.

Diseño de vigas

Hagamos la viga del Eje B del Ejemplo 1

Según la **Figura 6-08**, las áreas tributarias son un cuarterón de un panel de 2.40×3.50 de un lado de la viga y otro igual del otro lado, o sea: $2 \times [(2.40 \times 3.40) / 4]$

El área tributaria suma entonces 4.20 m^2 y la longitud nominal de viga es 2.40

Leyendo el **Cuadro 6-B** para área tributaria de menos de 6 m^2 y longitud $L=2.50 \text{ m}$ se requiere una viga que puede ser de 14 cm de ancho y 30 cm de altura (incluido el espesor de losa); el refuerzo es simple: 2#4 abajo y 2#4 arriba y los estribos son #2 @ 15 cm.

Observemos que aquí **no se suman** áreas tributarias de 2 niveles porque la viga trabaja en un solo nivel. No es como la pared que recolecta carga de varios pisos.

Ahora hagamos la viga del Eje 2

La viga del Eje 2 (que se pondría también en el Eje 3) tiene una longitud nominal de 3.50 m y un área tributaria de

$$[3.5 \times 3.4] / 4 + [3.5 \times 2.4] / 4 = 5.08 \text{ m}^2$$

Eso se cubre con la viga indicada en el **Cuadro 6-B** de $20 \times 30 \text{ cm}$ con 3#4 arriba y 3#4 abajo y estribo #2@ 12 cm.

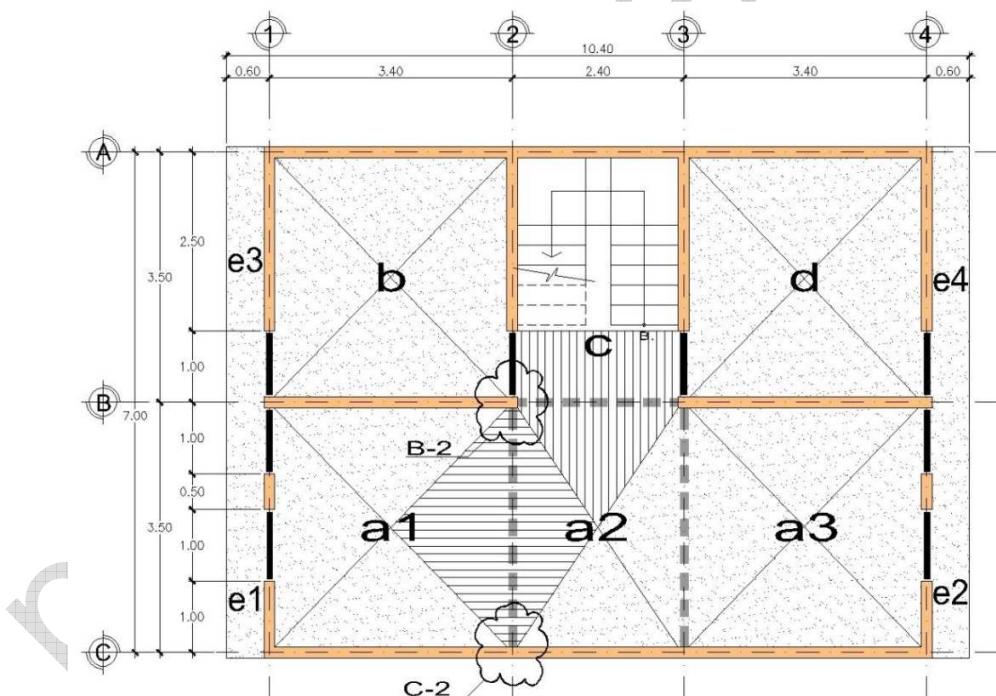


Figura 6-08 -- Planta para resolver las vigas del Ejemplo 1
se ilustran las áreas tributarias de las dos vigas que se diseñan en el texto.
Notar que la división en cuarterones imaginarios es exactamente la misma que usamos previamente para las paredes.

También se señalan (con nubes) los puntos donde llegan a apoyarse las vigas
Los apoyos de vigas los estudiaremos un poco más adelante donde hablaremos de mochetas de carga

CUADRO 6 - B**Tamaño y refuerzo de vigas para entrepisos y azoteas****concreto** clase 210**refuerzo** grado 40

Características de la viga (Longitud, ancho de viga, alto de viga incluyendo losa)							
Largo (m)	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5
b cm	14 o 19*	14 o 19*	19	19	19	19	19
h cm	30	30	30	35	35	35	35
Área Tributaria	Refuerzo arriba y refuerzo abajo especificado en cm ²						
13 m ²	3.0	3.8	4.6	3.8	4.5	5.2	5.9
12 m ²	2.8	3.5	4.3	3.5	4.1	4.7	5.4
10 m ²	2.5	2.9	3.5	3.1	3.4	3.9	4.4
8 m ²	2.5	2.5	2.8	3.1	3.1	3.1	3.5
6 m ² o menos	2.5	2.5	2.5	3.1	3.1	3.1	3.1

Área Tributaria	Refuerzo arriba y refuerzo abajo especificado en barras grado 40						
13 m ²	3#4	3#4	2#5+1#4	3#4	2#5+1#4	2#5+1#4	3#5
12 m ²	3#4	3#4	2#5+1#4	3#4	2#5+1#4	2#5+1#4	2#5+1#4
10 m ²	2#4	3#4	3#4	3#4	3#4	2#5	2#5+1#4
8 m ²	2#4	2#4	3#4	3#4	3#4	3#4	3#4
6 m ² o menos	2#4	2#4	2#4	3#4	3#4	3#4	3#4
estribo #2 @15				estribo #2 @ 12 cm			

w lb/m² (servicio) 1155

acero mínimo 0.005 bd

* Donde el ancho sea 14 o 19, usar 14 si solo se indican 2 varillas y 19 si se indican 3.

Importantes comentarios sobre vigas

Hay aspectos de suma importancia que se deben tomar en cuenta en todo proyecto:

- Las vigas NO deben cargar paredes que a su vez carguen otras losas encima. Esta situación se llama “transferencia de cargas” y NO debe ocurrir; esto se explica en la Figura 6-09.
- Hay que tomar precauciones cuando las vigas entran a escuadra en una pared o cuando varias se apoyan en el extremo de una pared. Hay varias ilustraciones en la Figura 6-10.

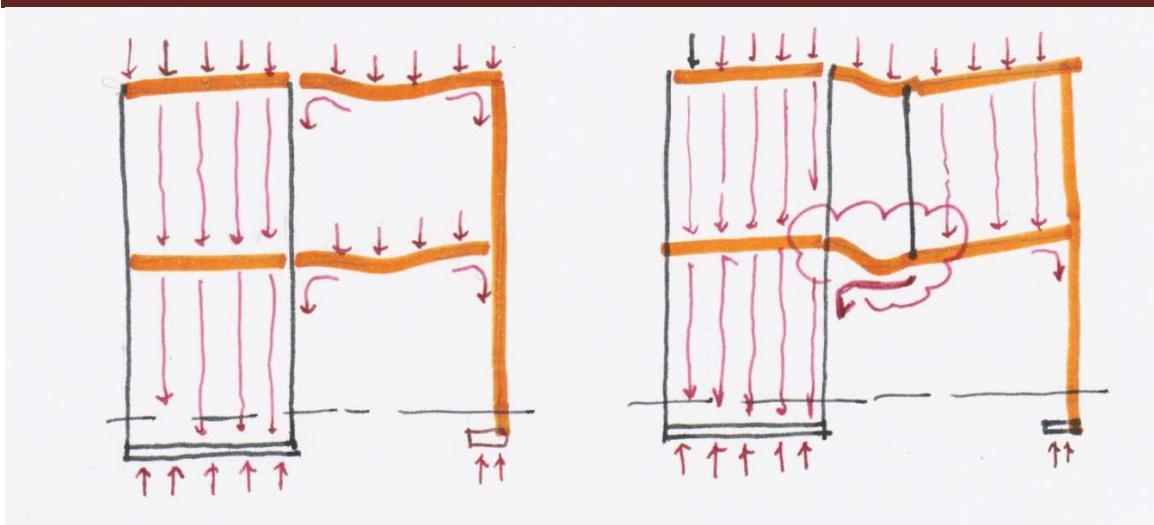


Figura 6-09 – Evitar vigas de transferencia

Las cargas y pesos propios de las losas de un nivel deben evacuarse en el propio nivel (eso se ilustra en el esquema a la izquierda). Cuando se suprime una pared en un nivel inferior y si no se suprime la pared en niveles superiores, las cargas de losas se “meten” en esas paredes y hay que “sacarlas” o “transferirlas” a través de las vigas. Las vigas normales de entrepiso no son capaces de transferir esas cargas extra con eficiencia, especialmente durante sismos intensos. La solución si necesitamos paredes encima pero no hay ninguna debajo es no usar mampostería sino tabiques de tablayeso. El tablayoso se usa alrededor del mundo para construir tabiques livianos y que bien hechos dejan pasar MENOS sonido de una habitación a otra.

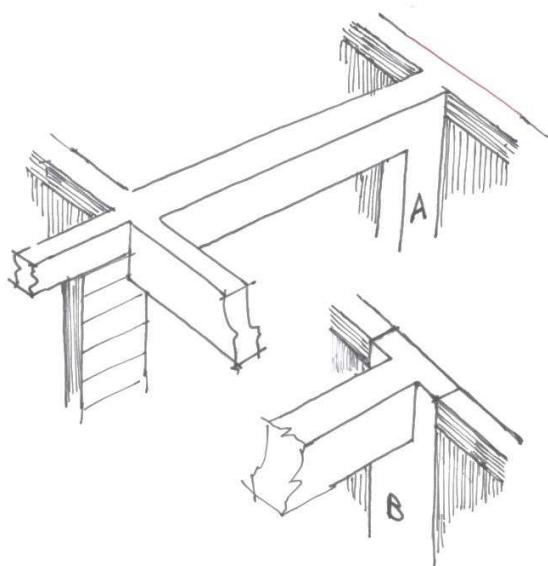


Figura 6-10
las vigas recolectan cargas de las losas y las conducen a soportes en sus extremos. Allí, a cada extremo llegan las cargas ya concentradas; por lo tanto hay que preparar ese receptor de carga; generalmente lo mejor es colocar un “muñeco” corto o una mocheta alargada que ayude a absorber las cargas como se muestra en la Opción A. Si no podemos hacer eso (meter un muñeco perpendicular) entonces puede ser suficiente instalar una mocheta ancha en la pared como se muestra en la Opción B del dibujo adjunto. En el texto principal se desarrolla un ejemplo.

Diseño de mochetas de carga

Continuemos resolviendo el Ejemplo 1. Ya determinamos cómo debe ser la viga sobre el Eje 2 (igual a la del Eje 3) y cómo debe ser la viga sobre el Eje B. Examinemos los puntos de apoyo de esas vigas porque allí se **concentran** cargas.

Hagamos referencia nuevamente a la Figura 6-08. Allí se marcaron ya los puntos que requerirán mocheta de carga.

La mocheta de carga en B-2

Al punto B-2 en la azotea le tributan 2 vigas. Esas vigas se apoyan en la mocheta que está en B2 y envían su peso y su carga por medio de la mocheta hacia abajo.

Ya sabemos que esta edificación tendrá dos niveles que son iguales entre sí. Por lo tanto en el entrepiso también se apoyan otras 2 vigas en la mocheta B2. Ahora esa mocheta en el primer nivel ya recolectó la carga de **cuatro** vigas.

¿Qué clase de refuerzo debemos poner en ese punto, del entrepiso para abajo? El Cuadro 6-C nos da una respuesta práctica:

La casilla para construcción de dos niveles correspondiente a 2 vigas ya toma en cuenta que realmente la carga que transporta la mocheta hacia abajo es el efecto de 4 vigas. En la casilla se indica que si las paredes son de 14 cm, se ponga allí una mocheta de 14 x 20 cm con refuerzo de 6#4.

La mocheta de carga en C-2

Al punto C-2 (o C-3) le tributa una sola viga por nivel. Pero la casilla para construcción de dos niveles correspondiente a 1 viga ya toma en cuenta que la mocheta transporta hacia abajo la carga de 2 vigas, una en cada nivel. La casilla indica que si las paredes son de 14 cm, se ponga allí una mocheta de 14 x 14 cm con refuerzo de 4#4. Nada muy especial pero ya sabremos que ese refuerzo es suficiente, por lo menos para los pesos y otras cargas gravitacionales.

¿Qué debe ponerse en las restantes esquinas y extremos de pared?

Nada en especial por causa de pesos y cargas verticales. Excepto cuando la mocheta esté cargando vigas, lo que va a controlar es el sismo y se colocará lo que indique el **Cuadro 5 A** de refuerzos sísmicos. Ese cuadro nos servirá para diseñar las demás mochetas de la casa cuando terminemos el análisis.

Ya repasamos los diseños básicos que se tienen que hacer para que la construcción resista su propio peso y las cargas que contenga. No examinamos punto por punto de la construcción porque los diseños por sismo van a controlar el diseño de la mayor parte de la casa. Eso lo veremos en la próxima sección 6.4 del manual.

**Cuadro 6-C
MOCHETAS DE CARGA**

Para colocar en extremos y esquinas de paredes que reciben vigas Instalar la mocheta de este Cuadro o las del Cuadro 5 A según la que sea mayor

Construcción de 1 nivel

Número de vigas que llegan a la mocheta		pared 14 cm		pared 19 cm	
1	viga	14 x 14	4#4	19 x 15	4#4
2	vigas	14 x 14	4#4	19 x 15	4#4
3	vigas	14 x 20	4#4	19 x 20	4#4

Construcción de 2 niveles

Número de vigas que llegan a la mocheta		pared 14 cm		pared 19 cm	
1	viga	14 x 14	4#4	19 x 20	4#4
2	vigas	14 x 30	6#4	19 x 20	4#4
3	vigas	25 x 25	8#4	25 x 25	8#4

Construcción de 3 niveles

Número de vigas que llegan a la mocheta		pared 14 cm		pared 19 cm	
1	viga	14 x 20	6#4	19 x 20	6#4
2	vigas	25 x 25	8#4	25 x 25	8#4
3	vigas	30 x 30	8#4	30 x 30	8#4

COLUMNAS AISLADAS

Para áreas libres soportadas en columnas, portones y corredores

Advertencia: las columnas son para resistir pesos encima de ellas
NO cuentan para resistir sismo, solo las paredes pueden

Número de vigas que llegan a la columna aislada		1 nivel	2 niveles	3 niveles
2	vigas	25 x 25	4#5	25 x 25
3	vigas	25 x 25	4#5	25 x 25
4	vigas	25 x 25	4#5	30 x 30
estribos		arreglos de 4 barras		Estribo #2 @ 10 cm
		arreglos de 8 barras		Estribo #2 @ 10 cm + bocadillo #2 @ 10

6.4 ¿Cómo hacen las estructuras de cajón para resistir sismos?

¿Cómo actúan los sismos sobre las edificaciones?

Los sismos actúan sobre las construcciones según su tamaño y peso – mientras más pisos tengan las edificaciones, más fuerzas sísmicas se desarrollan dentro de sus paredes y soportes cuando ocurre un sismo.

Una manera de visualizar las acciones de un sismo es suponer que hay unas fuerzas de sismo exteriores que empujan la edificación y ésta tiene que resistir esas fuerzas. El sismo es una oscilación más menos desordenada, de manera que esas fuerzas externas que estamos postulando cambian de sentido de un lado a otro y también cambian de dirección.

Para poder diseñar y estimar cuántas paredes debe tener la edificación hay que simplificar la situación en nuestra mente y sobre el papel. De manera que, de aquí en adelante cuando hablemos de los efectos de los sismos hablaremos de fuerzas de intensidad constante que empujan horizontalmente la construcción, una vez en una dirección (digamos norte-sur) y otra vez en la otra dirección (digamos este-oeste). La Figura 6-11 lo ilustra.

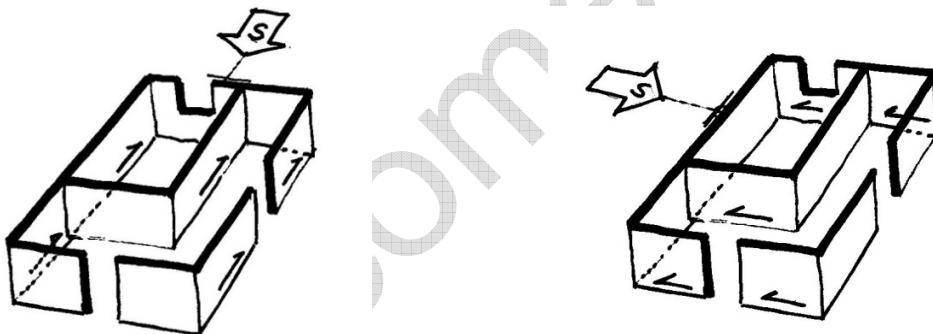
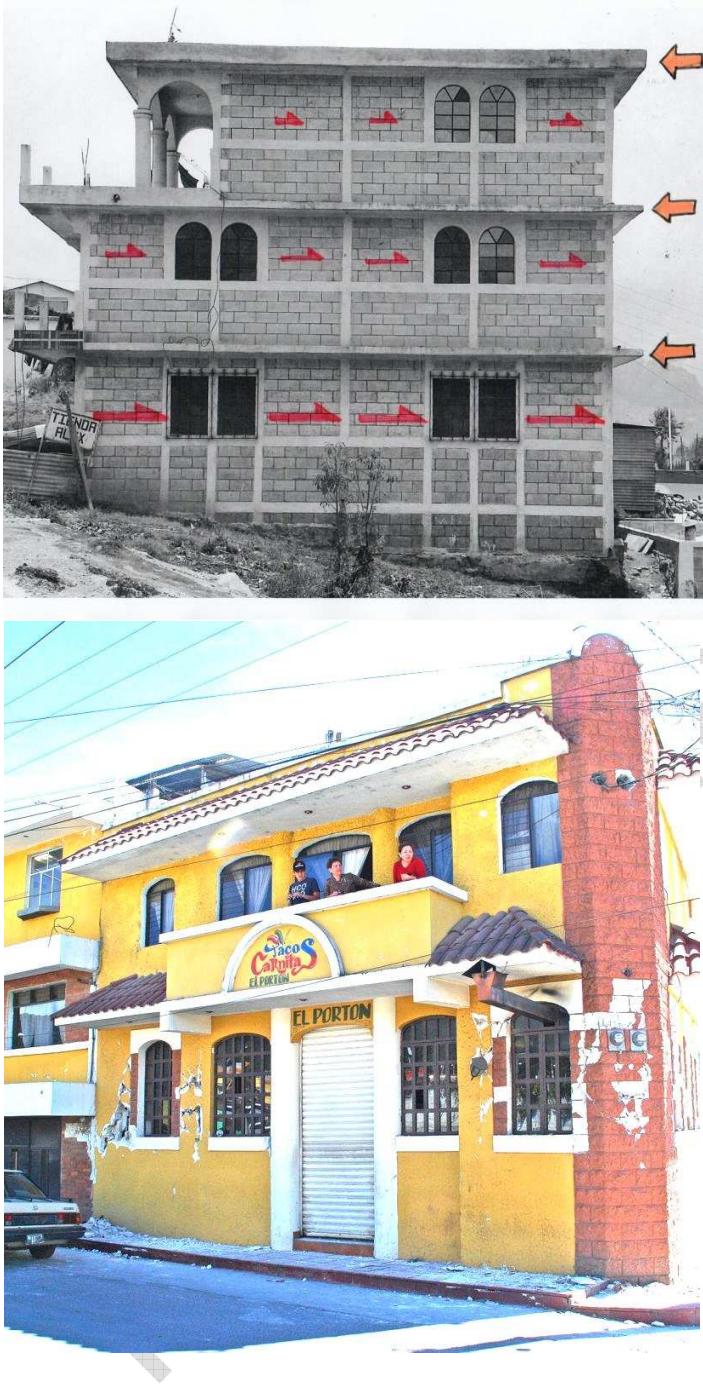


Figura 6-11 ¿Cómo actúan los sismos?

- Imaginemos que el sismo es una gran fuerza horizontal empujando la edificación; mientras más alta sea la sismicidad de la zona, más grande es la fuerza que se supone; mientras más pisos haya más grande es la fuerza que actúa.
- Primero consideraremos una dirección; vemos en el dibujo que son las paredes en esa dirección las que deben resistir la fuerza del sismo.
- Despues consideraremos la otra dirección; vemos que son las paredes en la otra dirección las que trabajan.
- Resulta obvio que en las zonas de mayor sismicidad vamos a necesitar poner más paredes; también resulta evidente que si hay más pisos deberá haber más paredes y más robustas.
- En esta sección del manual aprenderemos a poner el número apropiado de paredes con la clase adecuada de block según el tamaño del proyecto y según el municipio donde se localice.



Figuras 6-12 A y B

En la imagen adjunta se ilustran las acciones de un sismo sobre una edificación: es como aplicar fuerzas horizontales en cada nivel de la edificación (flechas naranja); esas fuerzas externas son resistidas por las paredes de la edificación que desarrollan esfuerzos internos (flechas rojas); esos esfuerzos internos se van intensificando en cada piso porque las paredes van acumulando los esfuerzos que vienen de los pisos altos más las fuerzas nuevas que van entrando en cada nuevo nivel, hasta que finalmente las fuerzas se descargan al suelo.

Adicionalmente, el sismo es una vibración, o sea que las flechas naranja cambian constantemente de sentido y también de dirección y por lo tanto los esfuerzos internos también cambian constantemente, lo que es un castigo adicional para las paredes.

Figura 6-13

Un ejemplo real que muestra cómo los esfuerzos internos en las paredes causados por un sismo se van acumulando en los pisos bajos. Vemos que las paredes del piso alto si resistieron pero las del piso bajo fallaron por haber acumulado más carga.

Sismo de San Marcos en 2012

¿Cuántas paredes debe haber en una edificación de mampostería?

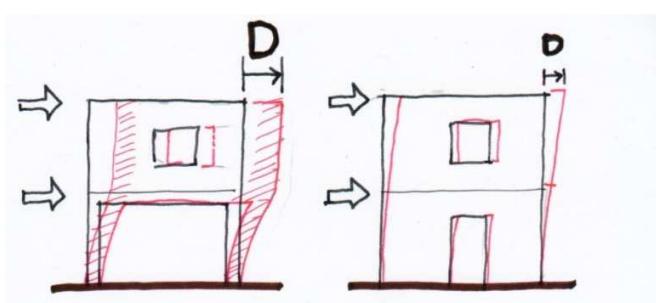
Queda claro de las imágenes anteriores que mientras más paredes haya en la construcción más capacidad tiene la edificación de soportar sismos intensos.

¿Cómo se mide la “cantidad” de paredes?

Procedimiento: En una planta de paredes del nivel de interés debemos medir y sumar los metros lineales de pared (vistos en planta), descontando los vanos (medidos en planta) de ventanas, de puertas y de otras aberturas. La cuenta se saca por aparte para las paredes en una dirección y en la otra.

Sin embargo, hay un concepto que debemos comentar antes de ponernos a sumar longitudes de pared.

Hay paredes que NO participan para resistir sismos



Observemos los esquemas adjuntos: La construcción a la izquierda está sobre sobre esos segmentos de pared muy angostos llamados “muñecos” en Guatemala; la construcción a la derecha es igual pero soportada en paredes más largas. -- vemos claramente que la construcción que descansa sobre esos angostos “muñecos” se moverá más con un sismo.

Las paredes cortas prestan menos oposición al desplazamiento lateral.

El punto es que cuando hay paredes cortas y paredes largas juntas en el mismo nivel de la edificación, **las paredes largas no permiten que las paredes cortas tomen sismo. Por lo tanto al sumar las longitudes de paredes debemos descartar los segmentos que no son aptos para trabajar bien**

Según la norma NSE 4.1 – 2014, solo las paredes cuya longitud en planta sea 1.2 metros o más cuentan para resistir sismo (aunque si cuentan para resistir pesos y cargas verticales).

Las paredes muy cortas tienen un problema adicional: estos “muñecos” de mampostería hueca no sólo son malos para tomar sismos intensos sino que también tienden a rajarse, o aún a quebrarse, cuando tiembla fuerte. Esto se ha visto una y otra vez en los sismos recientes que ha habido en el país, como se ilustró en la Figura 6-13 y se ve en detalle adicional en las Figuras 6-14 A y B.

¿Qué podemos hacer para aliviar este problema? “Aliviar” no es “resolver” pero ayuda. Lo que se puede hacer es llenar las celdas de las paredes cortas con grout para que se forme una mampostería sólida. O mejor aún, reemplazar las paredes muy cortas por “muñecos” de concreto fundidos.

Como un incentivo para que los diseñadores usen relleno de grout y así lograr “muñecos” sólidos, o para que los fundan en concreto, se permite usar la mitad de la longitud del muñeco en la cuenta de paredes sismo-resistentes que veremos a continuación.



Figuras 6-14 A y B
“Muñecos” dañados por sismos
 Izquierda: Centro de Salud de Uspantán – 1985
 Derecha: casa-comercio en San Marcos - 2012

El conteo de paredes

Hagamos una planta del proyecto que estemos resolviendo y midamos, en cada dirección independientemente, cuantos metros lineales horizontales de pared hay:

- **sólo cuentan la paredes que van de piso a cielo, o sea las paredes que aparecen entre vanos de ventanas y puertas; los sillares no cuentan.**
- **Toda pared que tenga menos de 1.20 m de largo NO cuenta; es demasiado corta para trabajar bien.**
- **Si las celdas huecas de las paredes cortas se llenan de grout, o se funden completas en concreto, entonces se permite sumar a la cuenta de paredes la mitad de su longitud horizontal.**

Continúa Ejemplo 1 -- cálculo de resistencia sísmica

Seguimos con el mismo ejemplo que iniciamos en la Sección 6.3. Recordemos que la edificación tendrá 2 niveles. Estableceremos la sismo-resistencia del proyecto y haremos modificaciones en nuestro planteo hasta obtener resultados satisfactorios

La planta en las Figuras 6-07 o 6-08 nos servirá para el cálculo de longitud de paredes. El 2º nivel no se muestra; sabemos que será exactamente igual al primer nivel.

Establezcamos entonces cuál es la longitud total de paredes para evaluar en seguida la sismo-resistencia de la casa.

En la dirección de los **ejes letra** es fácil hacerlo:

$$\text{Suma Lp (ejes letra)} \quad [9.50 + 3.50 + 3.50 + 9.50] = 26.0 \text{ m}$$

Ya se indicó en la Sección 6.3, cuando se habló de vigas de entrepiso, por qué es tan recomendable que los tableros de los niveles superiores sean **iguales** a los inferiores. Esto es para que las cargas bajen directamente por las paredes. De lo contrario algunas losas superiores terminan apoyándose en vigas o losas inferiores lo cual acarrea problemas.

En la dirección de **los ejes número** hay paredes cortas en varios ejes. Conforme criterios previamente descritos, las paredes de 1.0 metro o menos no cuentan en el esquema sísmo-resistente (si cuentan como soporte vertical de losas o vigas pero no funcionan bien contra sismos). Hagamos las cuentas en los ejes número.

Suma Lp (ejes número) [2.50+0+0] + [2.50] + [2.50] + [2.50+0+0] = 10.0 m

¿es esto suficiente? Vamos a averiguarlo en el siguiente punto.

Resistencia sísmica de las paredes de mampostería

En esta sección se presentan los cuadros 6-D1, 6-D2 y 6-D3 que nos indican la longitud de paredes de block que debemos poner como mínimo en nuestro proyecto según el tipo y clase de block que decidimos utilizar y según el municipio donde esté localizada la construcción.

Selección y verificación de tipo de block

Continuando con el Ejemplo, supongamos que está localizado en San Mateo Ixtatán. Según la lista de municipios del **Anexo 1**, San Mateo se encuentra en zona sísmica intermedia (color amarillo) de manera que vamos a recurrir al Cuadro 6-D2 en esta sección.

Establezcamos el área de construcción para los 2 niveles:

$Ac1 = [10.40 \times 7.00] + [10.40 \times 7.00] = 146 \text{ m}^2$ para el primer nivel puesto que soporta ambos pisos

$Ac2 = [10.40 \times 7.00] = 72.8 \text{ m}^2$ para el segundo nivel solamente

Probemos Block DT, 14 cm, Clase C, pegado con lecho parcial de mortero. Según el Cuadro 6-D2, el coeficiente correspondiente en el cuadro es **10.6**, por lo tanto la capacidad de las paredes será:

- En dirección de los ejes letra en que hay 26.0 metros lineales horizontales de pared

CP ejes letra = 26.0 x 10.6 = 275 m²

La capacidad de las paredes previstas en la dirección de ejes letra es suficiente hasta para 275 m² de área construida. Las dos plantas combinadas sólo tienen 146 m², de manera que esas paredes son suficientes para sismos en esa dirección. No hay otro block de menor capacidad en los cuadros, así que nos quedaremos con el block Clase C (marca verde) previsto.

- En la dirección de los ejes número hay 10.0 metros de paredes efectivas y su capacidad usando el block Clase C de 14 cm es:

CP ejes número = 10.0 x 10.6 = 106 m²

La capacidad de las paredes previstas en la dirección de ejes número solo alcanza para 106 m² de construcción. Esto es suficiente para el 2º nivel que tiene 72.8 m² de área construida. Pero para el primer nivel no alcanzan las paredes porque deben retener los 146 m² de la casa completa y las paredes sólo tienen capacidad para 106 m².

Hay que arreglar el primer nivel. Necesita más paredes o mejores paredes.

Supongamos que en la dirección de los ejes número vamos a usar la misma cantidad de paredes (10.0m) pero vamos a mejorar la calidad: **usaremos block DT de la misma Clase**

C pero de 19 cm de ancho y pegados con lecho completo de mortero. En ese caso, el Cuadro 6-D2 indica un coeficiente de 14.6

CP ejes número = $10.0 \times 14.6 = 142 \text{ m}^2$

Ya alcanza porque la construcción tiene 146 m². La diferencia es pequeña; dejémoslo estar así.

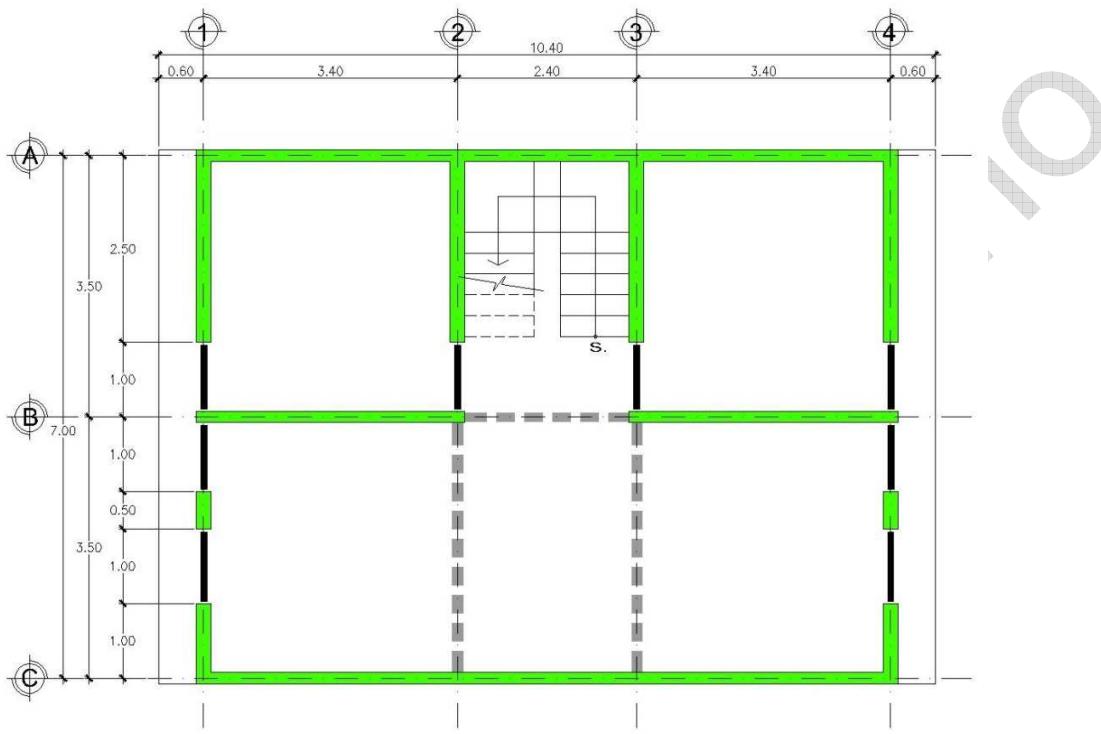


Figura 6-15 A – Configuración final de paredes para el Primer Nivel del Ejemplo 1

La figura muestra los resultados obtenidos para municipios en zona sísmica amarilla. Block clase C (marca verde) de 14 cm, lecho parcial, en ejes letra y block clase C de 19 cm, mortero lecho completo en ejes número.

Possible cambio de paredes al cambiar de zona sísmica

Ejemplo 2 – La misma construcción del Ejemplo 1 en diferente municipio

Tomemos el mismo Ejemplo 1 anterior pero para ser construido en el municipio de San Francisco El Alto. Según la lista de municipios del Anexo 1, este municipio está en zona sísmica anaranjada. **Entonces hay que consultar el cuadro 6-D1.**

- Recordemos que en la dirección de los **ejes letra** teníamos 26.0 m de pared hecha con **block DT Clase C de 14 cm levantado con lecho parcial de mortero**. Según el Cuadro 6-D1, este levantado tiene ahora un coeficiente de **7.6** y como tenemos los mismos 26.00 metros lineales de pared en esta dirección, estas paredes tienen capacidad para retener

Capacidad ejes letra = $26.0 \times 7.6 = 198 \text{ m}^2$

Esta modalidad de levantado, en esta dirección todavía alcanza para los 146 m² de área construida que tenemos, aunque lo hayamos cambiado de zona sísmica. Incluso alcanzaría el block Clase D que con un coeficiente de solo 6.6 aún alcanzaría para retener hasta 171 m². (Este block clase D que es el que se vende con marca color negro no está incluido en la norma 41 054actual y por eso no lo empleamos en ejercicios del manual).

- Examinemos la otra dirección, la de los **ejes número**. Recordemos que en la zona sísmica amarilla, el block DT Clase C de 19 cm y levantado con lecho completo estaba justo; podemos suponer entonces que en zona anaranjada no va a ser suficiente. Mejoremos la calidad del levantado usando block Clase A en vez de C. Vemos en el Cuadro 6-D1 que el coeficiente para este levantado es 14.8; entonces

$$\text{Capacidad ejes número} = 10.00 \times 14.8 = 148 \text{ m}^2$$

Esta capacidad sí alcanza para los 146 m² que necesitamos.

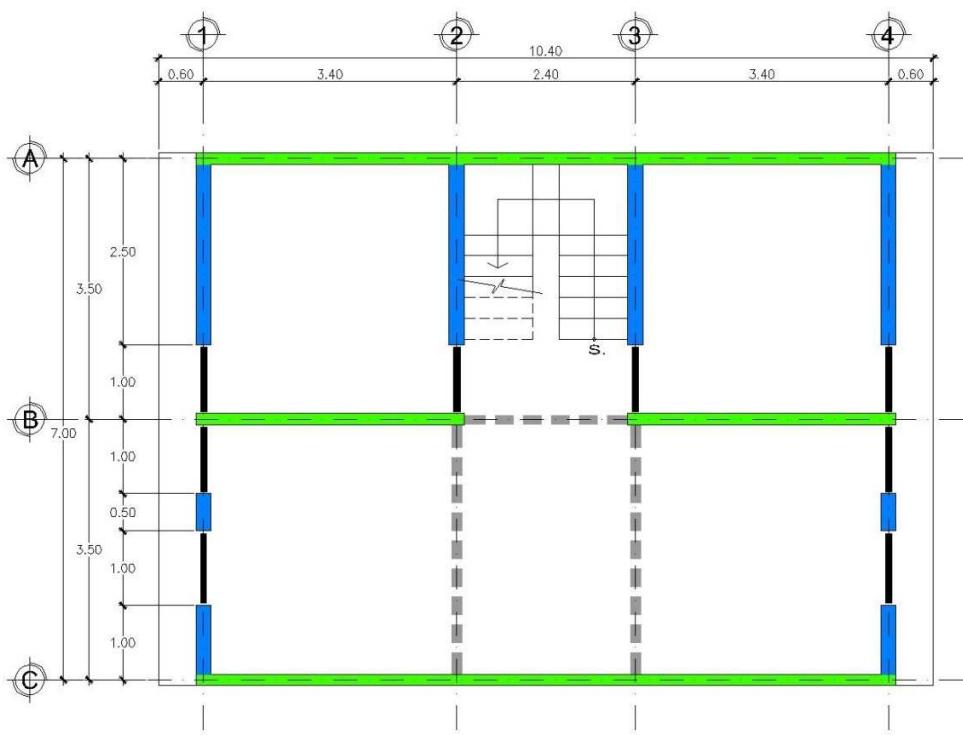


Figura 6-15 B – Configuración final de paredes para el Primer Nivel del Ejemplo 2

La figura muestra los resultados obtenidos para municipios en zona sísmica naranja. Block clase C (marca verde) de 14 cm, lecho parcial, en ejes letra y block clase A (marca azul) de 19 cm, mortero lecho completo en ejes número.

Observemos que no es necesario que todo el block de la construcción sea del mismo tipo. En el Ejemplo 1 habíamos usado block DT Clase C de 14 cm en una dirección de la casa y block DT Clase C pero de 19 cm y pegado con lecho completo en la otra dirección donde había menos paredes. El Ejemplo 2 sólo logramos resolverlo cambiando la clase de block en una dirección. En la práctica sería posible hacerlo porque los blocks vienen marcados con colores diferentes. Eso sí hay que ser cuidadosos y ordenados.

Siempre hay varias posibles soluciones

Ejemplo 3 – Misma construcción en la misma zona sísmica resuelta de otro modo

Lo resuelto en el Ejemplo 2 era una solución. Pero supongamos que queremos resolver todo con la misma clase de block, en este caso Clase C. Busquemos otra solución: Cambiemos un poco nuestra planta, reduzcamos un poco los vanos de puertas y ventanas en los ejes 1 y 4 como se muestra en el nuevo dibujo. El área de construcción sigue igual pero la distribución de paredes en los ejes 1 y 4 mejora; las paredes próximas a C1 y C4 tienen ahora casi 1.40 de largo y ya podremos contar con su aporte sismo-resistente porque tienen más de un metro de longitud en planta. Aunque el “muñeco” de 50 cm se redujo a 30 cm, eso no importa porque de todos modos ya era muy corto; y ahora de 30 cm de largo nos quedará muy bien fundido en concreto en vez de usar pedacero de block.

Para los ejes número probemos entonces **block DT, Clase C de 19 cm y sigamos especificando el levantado con lecho completo de mortero**; esto es buena práctica ya que hay pocas paredes y deben trabajar con la mayor eficiencia posible. Para esta condición el Cuadro 6-D1 indica un coeficiente de **10.5**.

La longitud de paredes en ejes número será:

$(2.50+1.36)+(2.50)+(2.50)+(2.50+1.36)$ totalizando 12.72 metros de longitud en planta.

Capacidad ejes número = $12.72 \times 10.5 = 134 \text{ m}^2$ -- aun es menor que 146 m^2 .

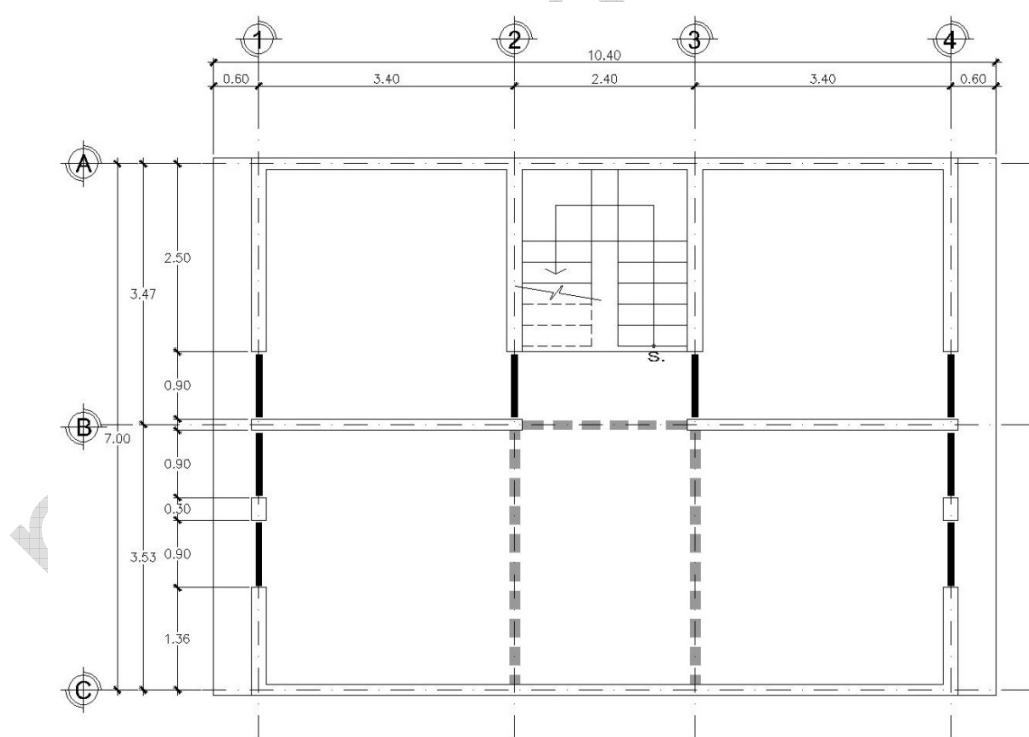


Figura 6-16 -- Ejemplo 3 - Primer Nivel
Modificación del Ejemplo 2 cambiando la distribución de paredes para obtener una solución alterna de paredes.

La nueva capacidad aún queda algo corta para los 145 m² de la construcción que estamos diseñando. Sin embargo hay más recursos de apoyo. Por ejemplo se pueden llenar de grout todos los agujeros de las paredes en C1 y C4. Hay dato para esto en el Cuadro 6D-1 y el coeficiente para levantado de 19 cm Clase C con grout es **15.0**

Las capacidades de las paredes en ejes número se incrementan de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad ejes número} = [4 \text{ segmentos de } 2.50] \times 10.5 + [2 \text{ segmentos de } 1.36] \times 15.0 = 146 \text{ m}^2$$

Ahora las paredes tienen finalmente la capacidad para retener los 146 m² que tiene la construcción. El diseñador tendrá que ser muy cuidadoso al especificar dónde se usa cual block, dónde se requiere rellenarlo y dónde tiene levantados especiales de lecho completo. Por su parte, el contratista de construcción (si es diferente del diseñador) tendrá que ser muy cuidadoso durante la construcción de que se cumpla lo previsto.

Como se ha ilustrado en los ejemplos, este manual da varios recursos para poder decidir entre los diferentes tipos y clases de block que hay. Se han resuelto varios casos y se han explorado varias soluciones para la misma situación.

Los ejemplos tal vez resultan ser largos al comentarlos. Pero seguramente, muchos diseños reales resultarán mucho más fáciles y directos sin tener necesidad de estar haciendo tantos tanteos numéricos.

Hay dos mensajes importantes de este manual:

Para planificar una construcción, por simple o pequeña que pueda parecer, hay opciones entre las que el diseñador tiene que escoger: no hay respuestas únicas. Por eso los ejemplos se hacen largos.

Para cualquier construcción, pequeña o grande, hay una cierta cantidad mínima y calidad mínima de paredes que deben ponerse. Hay que tomarse el trabajo de calcular cuántas paredes deben ser para no tener sorpresas después, especialmente a la hora de los terremotos...

CUADRO 6-D Zona sísmica Anaranjada
Método Simplificado – Capacidad Sismo-resistente
de paredes de mampostería confinada de block
Cantidad de metros cuadrados de construcción
Que puede retener 1 metro lineal de pared

forma de uso:

Conforme a la clase de block y modalidad de levantado que tenga en su proyecto
 sume [longitudes de paredes x coeficientes de tabla] = área posible a construir
 compare el área posible obtenida con el área real a construir -- debe ser mayor o igual

Cuadro para municipio en zona sísmica anaranjada

tipo block	espesor de pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mortero
			A	B	C	D	
block DT	19	0.53	14.8	12.9	10.5	9.1	lecho completo
block DT	14	0.55	11.4	9.9	8.0	7.0	lecho completo
block DT	19	0.53	14.1	12.2	9.9	8.6	lecho parcial
block DT	14	0.55	10.8	9.4	7.6	6.6	lecho parcial
block UT	19	0.50	13.3	11.6	9.4	8.2	lecho parcial
block UT	14	0.51	10.1	8.8	7.1	6.2	lecho parcial
block UT o DP	19	0.80	21.3	18.5	15.0	13.1	todas las celdas con graut
block UT o DP	14	0.80	15.7	13.6	11.1	9.6	

notas

block DT tabique central de la unidad es doble

block UT tabique central de la unidad es simple

El block Clase D está actualmente fuera de la norma NTG 41054 – está puesto como referencia

Parámetros de cálculo

ver fascículo AGIES de soporte técnico

Cf = 0.28	Wu = 1800 lb/m²
------------------	-----------------------------------

de paredes de mampostería confinada de block
Cantidad de metros cuadrados de construcción
que puede retener 1 metro lineal de pared

forma de uso:

Conforme a la clase de block y modalidad de levantado que tenga en su proyecto
 sume [longitudes de paredes x coeficientes de tabla] = área posible a construir
 compare el área posible obtenida con el área real a construir -- debe ser mayor o igual

Cuadro para municipio en zona sísmica amarilla

tipo block	espesor de pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mortero
			A	B	C	D	
block DT	19	0.528	20.8	18.0	14.6	12.7	lecho completo
block DT	14	0.549	15.9	13.8	11.2	9.8	lecho completo
block DT	19	0.528	19.7	17.1	13.9	12.1	lecho parcial
block DT	14	0.549	15.1	13.1	10.6	9.3	lecho parcial
block UT	19	0.5	18.7	16.2	13.2	11.5	lecho parcial
block UT	14	0.514	14.1	12.3	10.0	8.7	lecho parcial
block UT o DT	19	0.5	29.9	25.9	21.0	18.3	todas las celdas con graut
block UT o DT	14	0.514	22.0	19.1	15.5	13.5	

notas

block DT tabique central de la unidad es doble

block UT tabique central de la unidad es simple

El block Clase D está actualmente fuera de la norma NTG 41054 – está puesto como referencia

Parámetros de cálculo

ver fascículo AGIES de soporte técnico

Cf = 0.20	Wu = 1800	lb/m ²
-----------	-----------	-------------------

CUADRO 6-D Zona Sísmica Blanca
Método Simplificado – Capacidad Sismo-resistente
de paredes de mampostería de block confinada
Cantidad de metros cuadrados de construcción
Que puede retener 1 metro lineal de pared

Conforme a la clase de block y modalidad de levantado que tenga en su proyecto sume [longitudes de paredes x coeficientes de tabla] = área posible a construir

compare el área posible obtenida con el área real a construir -- debe ser mayor o igual

Cuadro para municipio en zona sísmica blanca

tipo block	espesor de pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mortero
			A	B	C	D	
block DT	19	0.528	32.0	27.7	22.5	19.6	lecho completo
block DT	14	0.549	24.5	21.2	17.3	15.0	lecho completo
block DT	19	0.528	30.3	26.3	21.4	18.6	lecho parcial
block DT	14	0.549	23.2	20.2	16.4	14.3	lecho parcial
block UT	19	0.5	28.7	24.9	20.2	17.6	lecho parcial
block UT	14	0.514	21.8	18.9	15.3	13.3	lecho parcial

notas

block DT tabique central de la unidad es doble

block UT tabique central de la unidad es simple

El block Clase D está actualmente fuera de la norma NTG 41054 – está puesto como referencia

Parámetros de cálculo

ver fascículo AGIES de soporte técnico

$$C_f = 0.13$$

$$W_u = 1800 \text{ lb/m}^2$$

6.5 Ubicación y Refuerzo de las Mochetas y Soleras

Por fin, después de un largo recorrido que se inició en el Capítulo 5 llegamos al punto en que podemos ubicar las mochetas principales y ponerles refuerzo. Ya ubicadas las mochetas principales procedemos a poner mochetas secundarias o mejor, pines inter-block. finalmente procedemos a especificar el refuerzo horizontal que son las soleras.

Ubicación de Mochetas Principales

Resolvamos el Ejemplo 3

Recordemos que esta era la vivienda localizada en San francisco el Alto (zona sísmica naranja) la cual habíamos resuelto de dos maneras. Este es el refuerzo donde logramos que todo el block fuera clase C. Ya están decididos la clase y tipo de block y dónde van las paredes de este proyecto con esta solución.

Tomemos entonces la planta final y reforcémosla.

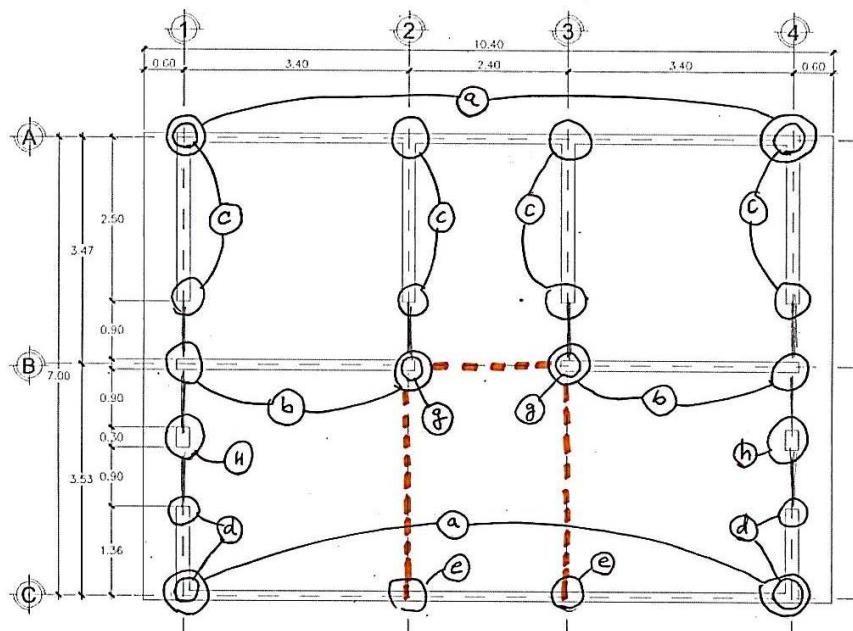


Figura 6-17 A -- Hoja de trabajo para decidir las mochetas que hay que poner para el Ejemplo 3.

Recordemos del Capítulo 5 que las mochetas trabajan en pares. Cuando el sismo empuja un paño de levantado de pared se necesita un par de mochetas, una en cada extremo de la pared. Cada par se define sobre tramos de pared continuos, sin interrupciones. En la Figura 6-17 A señalamos los pares “a”, “b”, “c”, “d”. Notemos que el par “a” va del eje 1 al 4 porque la pared larga no tiene interrupciones. El par “d” tiene las mochetas próximas porque es muy corto (tan corto que el tramo de pared no pudo contarse como contribuyente efectivo a

la sismo resistencia, pero de todas formas habrá que ponerle mochetas principales). Además se han señalado algunas mochetas individuales “e” y “g”; estas mochetas deben ponerse porque cargan extremos de vigas como vimos en la sección 6.3. La mocheta “h” resulta necesaria porque es la única forma de resolver ese tramo de la pared. Reforcemos las mochetas de cada caso.

Para reforzar los pares vamos a recurrir al Cuadro 5-B o si se prefiere al 5-C (un cuadro tiene arreglos de barras ya propuestos y el otro tiene el refuerzo en cm^2). Recordemos que si no queremos estar buscando cuadros en el texto todos pueden encontrarse rápidamente en el Anexo 2.

La construcción del Ejemplo 3 es de 2 niveles. Ya que diseñaremos el primer nivel, learemos los datos del sector de los cuadros que se refiere al primer nivel en casa de 2 pisos.

Par “a”: el paño de pared es de Block DT Clase C de 14 cm. El Cuadro 5-B indica **mocheta de 14 x 20 con 4#4**

Par “b”: el paño de pared es de Block DT Clase C de 14 cm. Igual que el anterior par, el Cuadro 5-B indica **mocheta de 14x20 con 4#4**

Par “c”: el paño de pared es de Block DT Clase C de 19 cm. Para este caso el Cuadro 5-B indica **mocheta de 19x20 con 4#4 + 2#3**

Par “d”: el paño de pared es de Block DT Clase C de 19 cm pero relleno con graut. El Cuadro 5-B de refuerzos en el grupo de 2 niveles para paredes con graut indica **mocheta de 19 x 25 con 4#5 + 2#3**.

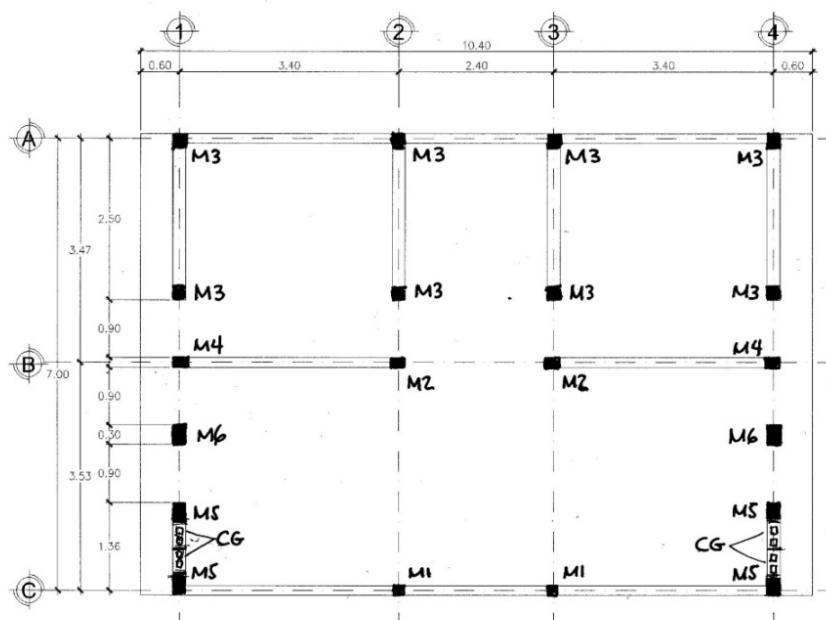
Vemos que para las esquinas A1, A4, C1 y C4 tenemos respuestas dobles – aquí colocaremos el mayor de los dos resultados. En A1 y A4 el resultado fue 4#4 en ambos casos para el par “a” y para el par “c”. Pongamos entonces la mocheta de mayor sección (**19 x 20) con 4#4+2#3** (OJO, **no sume** los refuerzos de los dos resultados – seleccione el mayor). En C1 y C4 controla el par “d” y pondremos la mocheta de 19 x 25 con 4#5+2#3.

Mocheta de carga “e”: vamos al Cuadro 6-C que indica que para 2 niveles donde llegue 1 viga pongamos una mocheta de 14x14 con 4#4. Este resultado ya lo habíamos obtenido en la Sección 6.2, Ejemplo 1 parte D.

Mocheta de carga “g”: vamos al Cuadro 6-C que indica que para 2 niveles donde lleguen 2 vigas pongamos una mocheta de 14x20 con 6#4. (Este resultado ya lo habíamos obtenido en la Sección 6.2, Ejemplo 1 parte D). Esta mocheta es mayor que el resultado correspondiente al par “b”; en la metodología simplificada hemos optado por escoger la mocheta mayor y por lo tanto pondremos esa mocheta “g” en vez de la “b”.

Mocheta de carga “h”: es de concreto de 20 x 30 cm -- pongamos el resultado para columnas aisladas en el Cuadro 6-C que es 4#5.

Todos estos resultados deben plasmarse en un plano como el que se presenta en la Figura 6-17 A. La tabla de mochetas con su refuerzo debe ir incorporada al plano.



**Figura 6-17 B -- Plano de localización de mochetas principales para el Ejemplo 3
(aún no se han puesto los refuerzos verticales secundarios)**

EJEMPLO 3 - Planilla de Mochetas Principales

Que están dibujadas en la Figura 6-17 B

mocheta	Sección (cm x cm)	refuerzo	estribo
M1	14 x 15	4#4	#2@15
M2	14 x 20	6#4	#2@15
M3	19 x 20	6#4	#2@20
M4	14 x 20	4#4	#2@20
M5	19 x 25	4#5+2#3	#2@10
M6	19 x 30	4#5	#2@10
CG	Celda con graut	No Indispensable	no

Ejemplo 2 continuación – mochetas principales con la solución del Ejemplo 2

Recordemos que la diferencia entre el Ejemplo 2 y el 3 es el cambio del block en el primer nivel de la vivienda. En el Ejemplo 3 logramos que todo el block fuera Clase C y acabamos de diseñar las mochetas principales que le corresponden. Volvamos al Ejemplo 2 donde el uso de block era mixto, combinando Clase C y Clase A y veamos cómo cambian algunas

mochetas principales. Recordemos que las plantas no son exactamente iguales porque en el Ejemplo 3 usamos una distribución más eficiente al alargar las paredes cortas. Hagamos la hoja de cálculo para los pares de mochetas del Ejemplo 2

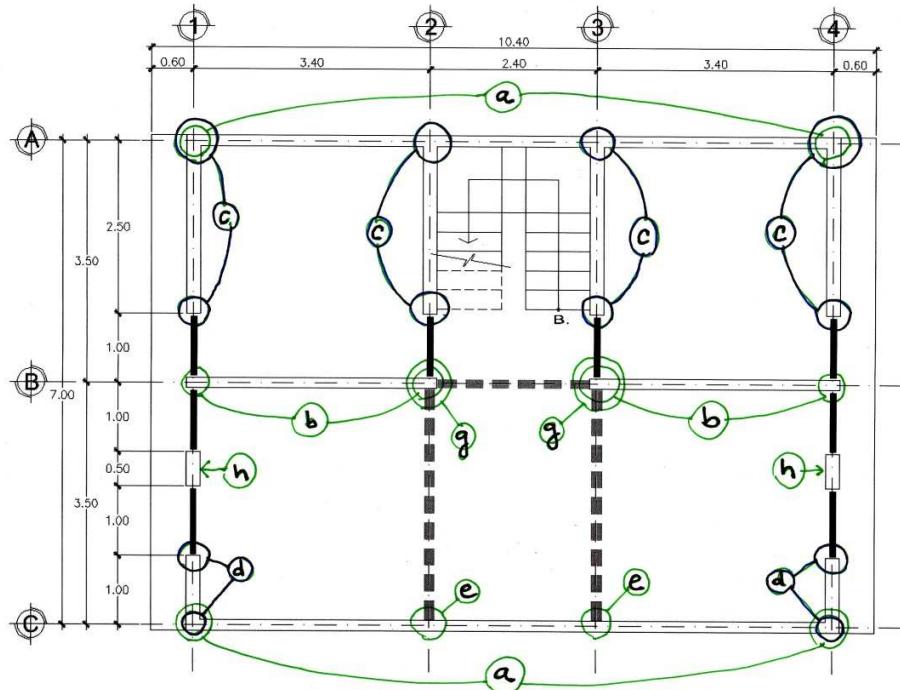


Figura 6-18 A -- Hoja de trabajo para decidir las mochetas que hay que poner para el Ejemplo 2.

Repitamos el proceso de ir buscando par por par y por último las mochetas de carga:

Para reforzar los pares vamos a recurrir nuevamente al Cuadro 5-B. La construcción del Ejemplo 2 es de 2 niveles. Ya que diseñaremos el primer nivel de dos, leeremos los datos del sector de los cuadros que se refiere al primer nivel en casa de 2 pisos.

Par “a”: el paño de pared es de Block DT Clase C de 14 cm. El Cuadro 5-B indica **mocheta de 14x20 con 4#4**

Par “b”: el paño de pared es de Block DT Clase C de 14 cm. El Cuadro 5-B de refuerzos en el sector naranja indica **mocheta de 14x20 con 4#4**. Esto no cambió del caso anterior.

Par “c”: el paño de pared es de Block DT Clase A de 19 cm. El Cuadro 5-B de refuerzos en el sector naranja indica **mocheta de 19x20 con 4#5+2#3**.

Par “d”: el paño de pared es de Block DT de 19 cm; es un tramo menor de 1.20 y no lo pudimos meter en la cuenta de paredes resistentes a sismo; en teoría le podríamos poner cualquier clase de block pero guardemos un orden y pongámosle el mismo block clase A de 19 cm que estamos usando sobre los ejes 1 y 4. El Cuadro 5-B de refuerzos en el grupo de 2 niveles para paredes de esta clase indica **mocheta de 19x20 con 4#5 + 2#3**.

Vemos que para las esquinas A1, A4, C1 y C4 tenemos respuestas dobles – aquí colocaremos el mayor de los dos resultados. En A1 y A4 el resultado mayor fue 4#5+2#4. En C1 y

C4 controla el par “d” y pondremos la mocheta de 19 x 20 con 4#5+2#3.

Mocheta de carga “e”: vamos al Cuadro 6-C que indica que para 2 niveles donde llegue 1 viga pongamos una mocheta de 14x15 con 4#4. Este resultado ya lo habíamos obtenido en la Sección 6.2, Ejemplo 1 parte D.

Mocheta de carga “g”: vamos al Cuadro 6-C que indica que para 2 niveles donde lleguen 2 vigas pongamos una mocheta de 14x19 con 6#4. (Este resultado ya lo habíamos obtenido en la Sección 6.2, Ejemplo 1 parte D). Esta mocheta es mayor que el resultado correspondiente al par “b”; en la metodología simplificada hemos optado por escoger la mocheta mayor y por lo tanto pondremos esta mocheta “g” en vez de la “b”.

Mocheta de carga “h”: el tamaño es de 20 x 50 cm – un tamaño difícil de construir ya que los blocks tienen 40 cm. Podemos hacer el muñeco de concreto y pongamos el resultado para columnas aisladas en el Cuadro 6-C que es 4#5. También podríamos usar medio block y 2 mochetas de 15 x 20 cm y reforcemos a criterio con 2#5 en cada mocheta. Ya sabemos que estos muñecos se rajan con sismos.

Todos estos resultados deben plasmarse en un plano como el que se presentó en la Figura 6-17 B con la planilla de mochetas incorporada al plano. Nos saltaremos este paso porque ya sabemos qué hacer.

Colocación de refuerzos horizontales de la mampostería

El refuerzo horizontal se vio en la Sección 5.4.2. Apliquemos las reglas al Ejemplo 3.

Ejemplo 3 - Soleras principales

Estarán en tres posiciones y podemos **leer los datos del Cuadro 5-D: La solera de humedad** cerca del suelo será del espesor de la pared x 20 cm de alto con 4 #3; corre bajo todas las paredes incluso los vanos de puertas (ver también el cimiento corrido más adelante – donde haya cimiento corrido, habrá solera de humedad encima porque ambos forman la estructura del cimiento). **La solera de entrepiso** será del espesor de la pared x 20 cm de alto con 4 #4; corre sobre todos los bordes de tablero que estén sobre pared, incluyendo sobre vanos de puertas y ventanas. Finalmente **la solera de azotea** será del espesor de la pared x 20 cm de alto con 4 #3; corre sobre todos los bordes de tablero que estén sobre pared, incluyendo sobre vanos de puertas y ventanas.

Ejemplo 3 – soleras intermedias

Hay que escoger entre poner 2 intermedias o una: **escojamos poner 2**. Hecha esta decisión vamos al Cuadro 5-E que nos indica que **pongamos 2 #3 en cada solera intermedia**, por lo tanto tenemos que seguir usando ese mismo cuadro para determinar el refuerzo vertical intermedio. Esto aplica tanto a las paredes de 14 cm como a las de 19 cm de espesor.

Ubicación de refuerzos verticales intermedios

Vamos ahora poner los refuerzos verticales intermedios. Como vimos en la Sección 5.3 y 5.4, estos refuerzos son para control de agrietamiento. En algunos países no se utilizan. En el caso de Guatemala, gracias a las Normas FHA si se utilizan desde hace 50 años y nadie las cuestiona. Simplemente así se hace. Este refuerzo secundario aplica por igual a la Zona Sísmica Anaranjada que a la Zona Sísmica Amarilla. Puede dejar de ponerse en la Zona Blanca.

Hemos venido viendo que no hay soluciones únicas. Por lo regular hay varias opciones. Ahora nos enfrentamos a una opción más: ¿ponemos refuerzo intermedio inter-block (piñeado) o mochetas intermedias? Resolvamos ambos casos.

Ejemplo 3 resuelto con refuerzo intermedio inter-block

La solución depende de lo que hayamos puesto de soleras intermedias. En la sección anterior nos decidimos por usar 2 soleras intermedias que deben reforzarse con 2 #3 según el Cuadro 5-E.

El mismo cuadro nos indica que para aquellas paredes que tienen block de 14 cm de espesor, usemos pines #4 @ 1.20 m; al distribuirlos tendremos que compartirlos entre mochetas principales de modo que queden @ 1.40 m o menos. En la Figura 6-19 A se indican estos refuerzos inter-block en las paredes de los ejes A, B y C. También hubiéramos podido poner pines #3 @ 0.80. Es nuestra elección: los pines #3 @ 0.80 por estar más cercanos producirían mejor control de fisuras, pero el resultado #4 @ 1.20 es perfectamente aceptable.

El cuadro nos indica que para aquellas paredes que tienen block de 19 cm de espesor y dos soleras intermedias con 2 #3 c/u, usemos pines #4 @ 0.80 m; al distribuirlos tendremos que compartirlos entre mochetas principales de modo que queden @ 0.80 m o menos.

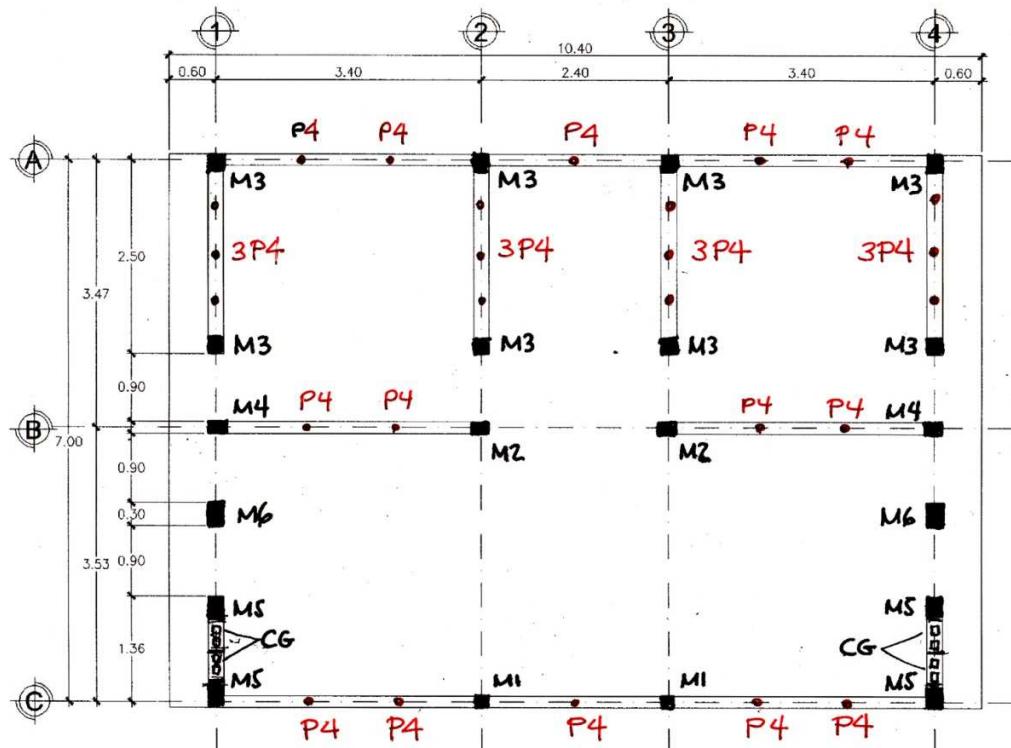


Figura 6-19 A -- Plano de localización de pines para el Ejemplo 3
 También se indican las mochetas principales
 que han sido copiadas de la Figura 6-17 B

Ejemplo 3 resuelto con mochetas intermedias

Habíamos decidido usar 2 soleras intermedias que van reforzadas con 2 #3 c/u.

Tomemos la Figura 6-19 B donde ya marcamos las mochetas principales y examinemos las distancias entre mochetas principales.

Hay 6 paños de pared de 14 cm de espesor (sobre los ejes A, B y C) en las que la distancia entre mochetas principales es 3.40; vamos al Cuadro 5-E que nos indica que para $S=3.50$ (lo más próximo a 3.40) se use 1 #4 + 1#3 en mochetas de 11x14; estas han sido marcadas en la planta (Figura 6-19 B) con la designación M11.

Hay 2 paños de pared de 14 cm de espesor (sobre los ejes A y C) en las que la distancia entre mochetas principales es 2.40; vamos al Cuadro 5-E que nos indica que para $S=2.50$ (lo más próximo a 2.40) se use 2#3 en mochetas de 11x14; estas han sido marcadas en la planta (Figura 6-19 B) con la designación M12.

Finalmente hay 4 paños de pared de 19 cm de espesor (sobre los ejes 1, 2, 3, y 4) en las que la distancia entre mochetas principales es 2.40; vamos al Cuadro 5-E que nos indica que para $S=2.50$ (lo más próximo a 2.40) se use 2#4 en mochetas de 11x19; estas han sido marcadas en la planta (Figura 6-19 B) con la designación M13.

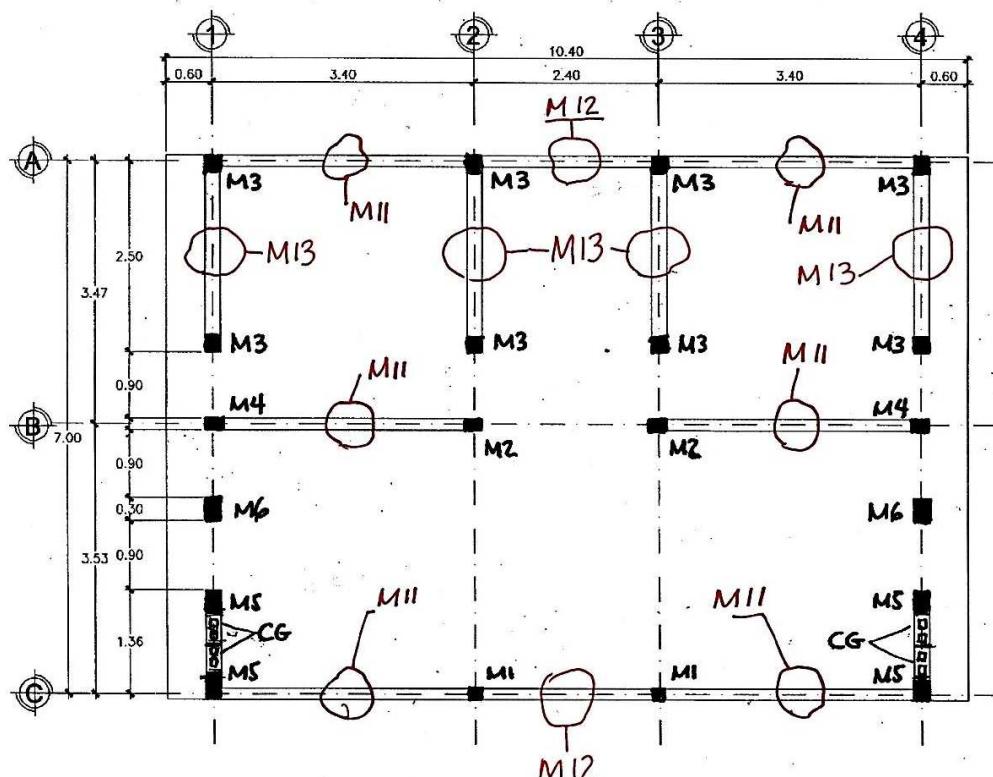


Figura 6-19 B -- Plano de localización de mochetas intermedias para el Ejemplo 3
También se indican las mochetas principales
que han sido copiadas de la Figura 6-17 B

6.6 ¿Cómo deben distribuirse las paredes?

En la Sección 6.4 aprendimos cuántas paredes debe haber. Pero además hay que saber dónde ponerlas en nuestro proyecto lo cual no siempre está claro.

Las paredes deben estar bien repartidas en toda la planta de la edificación. En los ejemplos desarrollados en la Sección 6.4, aunque no se mencionó, las paredes estaban razonablemente repartidas en toda la planta de la edificación. Sin embargo, eso de "bien repartidas" es fácil decirlo, pero ¿cómo saber si de veras están bien distribuidas?

En esta sección estudiaremos los criterios para que queden bien repartidas.

Paredes bien y mal repartidas - la idea básica

Las construcciones tienen paredes exteriores e interiores. Para juzgar si las paredes están bien repartidas nos vamos a preocupar PRIMERO de las paredes EXTERIORES. Veamos la Figura 6-21. Se muestran 4 casos básicos de distribución de paredes exteriores: El "cuadro", la "C", el "Túnel" y el "esquinero".

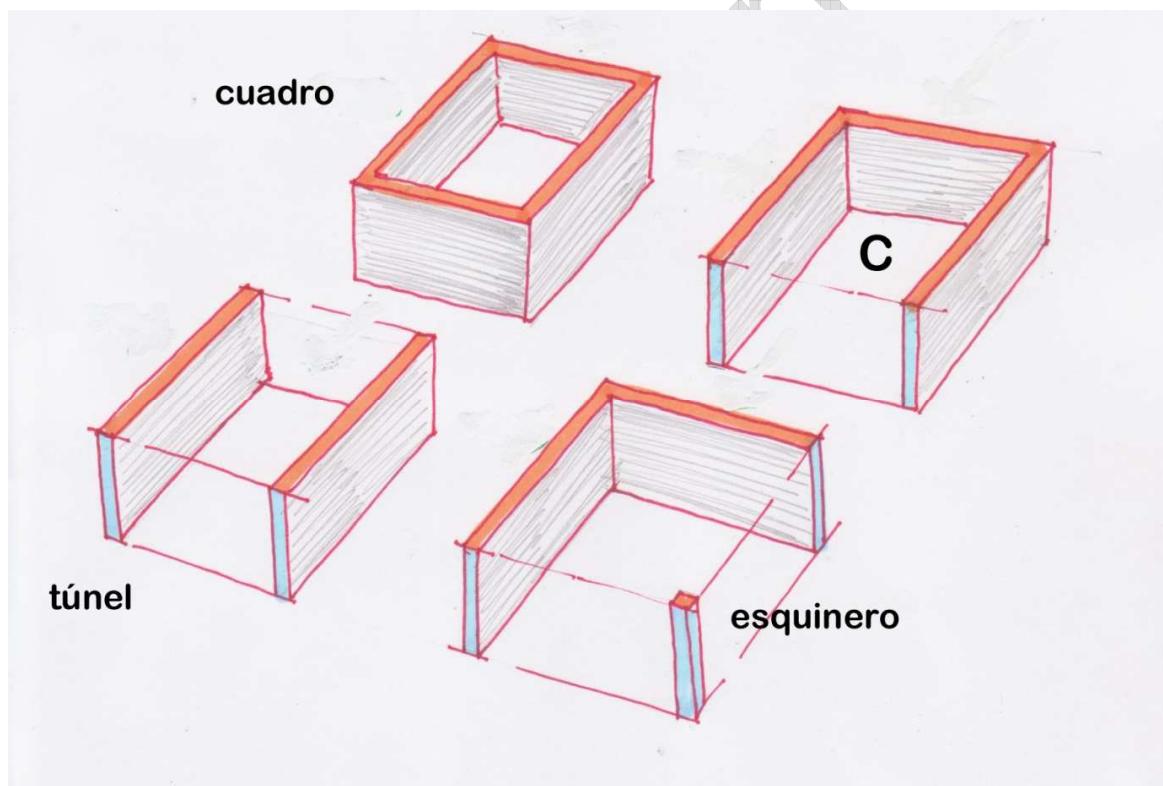


Figura 6-21 – Cuatro casos básicos de distribución de paredes en una construcción

Por supuesto los dibujos de la Figura 6-21 son conceptos abstractos. En la realidad hay puertas, ventanas y otras aberturas. Hay que aprender a reconocer las distribuciones básicas de paredes exteriores cuando tenemos un caso real frente a nosotros. Estudiemos los

dibujos de la Figura 6-21 A. Ahí se muestran 6 configuraciones de paredes exteriores un poco más realistas. Hemos repetido el “cuadro”, la “C”, el **esquinero** y el **túnel**, pero dispuestas de otra manera. Añadimos otras 2 configuraciones: la “**cruz**” donde todas las paredes están en medio de la construcción y la “**pared exterior sonta**” donde quedan 3 lados desprotegidos

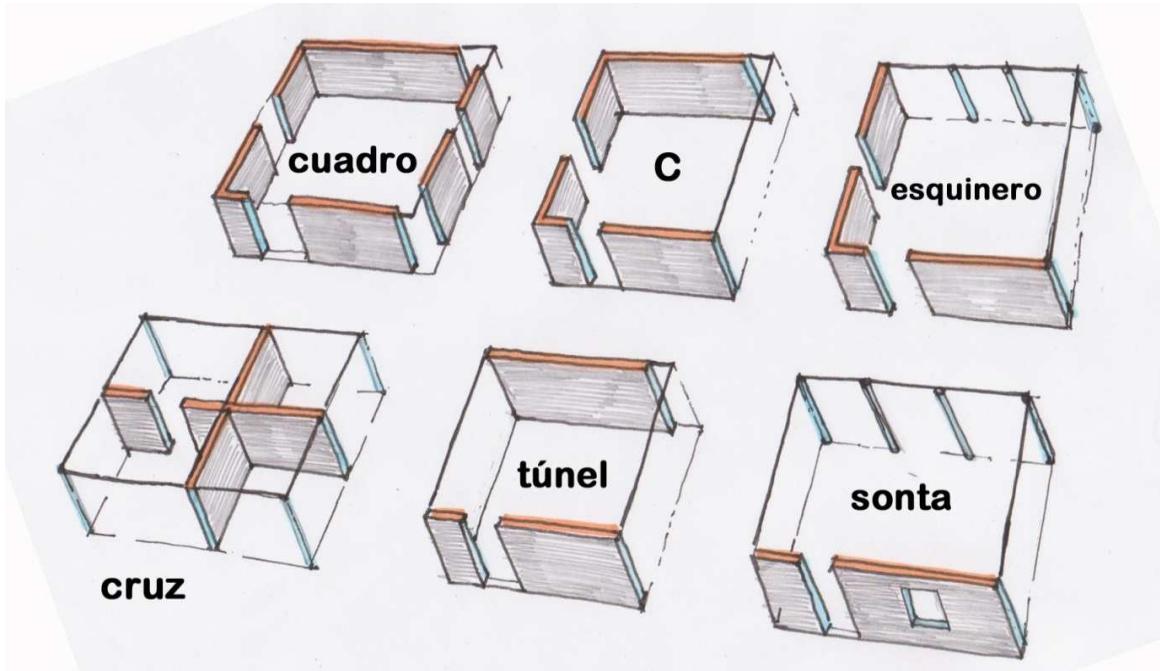


Figura 6-21 A -- Más esquemas de distribución de paredes en una construcción

Pero, ¿por qué tanto ocuparse de que haya o no haya paredes exteriores? Es porque nuestro país es sísmico y para resistir sismos ya se dijo que además de que haya suficientes paredes deben estar “bien” distribuidas. Y bien distribuidas significa que **debe haber paredes suficientes en el exterior de la construcción** y también una cierta cantidad en el interior para no dejarle todo el trabajo de resistir sismos al “cascarón” exterior.

Observemos que el “CUADRO” es la única configuración de paredes que tiene paredes exteriores en todo el perímetro en los 4 lados. Esta es la configuración que siempre buscaremos obtener para mejor protección sísmica de las edificaciones.

Como el CUADRO es la configuración que mejor trabaja en las dos direcciones, entonces lo que queremos es que **TODAS** nuestras edificaciones se parezcan al CUADRO. El CUADRO no necesita ser perfecto: sólo queremos que haya suficientes PAREDES EXTERIORES repartidas en la planta de la edificación.

La mala configuración de la construcción y los malos blocks fueron las causas principales de daño en construcciones de mampostería reforzada durante el sismo de noviembre de 2012 en el área de San marcos y San Pedro

En esta sección aprenderemos a hacer “cuadros” suficientemente buenos para resistir sismos.

¿Existen las otras configuraciones en la realidad? Desafortunadamente sí, y son planteadas por los propios constructores por varias circunstancias.

Por ejemplo la configuración “**esquinera**” es común en áreas urbanas al hacer construcciones para comercios en los lotes de esquina.

Más frecuente y muy vulnerable a los sismos es la configuración “**en túnel**” en predios angostos y largos donde hay muy poco espacio para poner paredes transversales.

La configuración “**en C**” se da en proyectos donde se quiere un garaje o un comercio al frente y hay poco espacio para puertas y portones.

Empecemos a trabajar con estos problemas de configuración.

Un proyecto de esquina

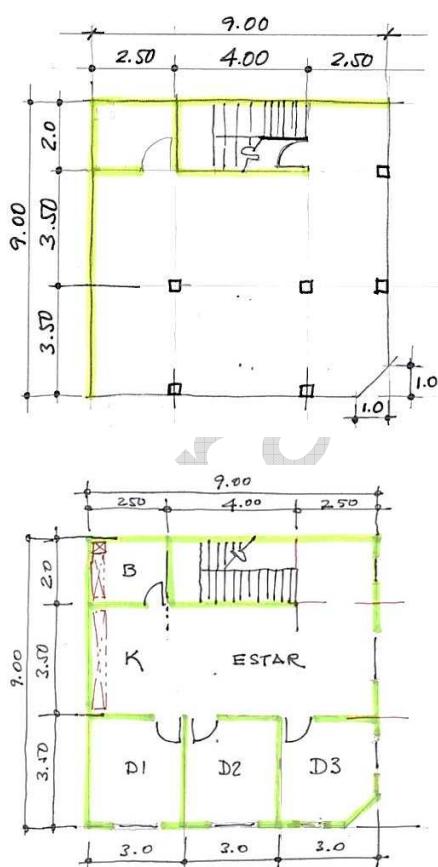


Figura 6-22
planteo esquemático inicial
de un proyecto

Ejemplo 4

Supongamos que en el municipio de Patzún hay un lote de esquina de 9.0 x 9.0 metros y el dueño quiere construir dos niveles:

Se requiere un nivel de 3.0 metros de altura para comercio y otro nivel encima de 2.60 metros de altura para vivienda. Tanto el entresuelo como la azotea serán de losa de concreto como la generalidad de esas construcciones en la población.

El propietario contrata al maestro constructor para que diseñe y construya el local con vivienda. Lo que el dueño quisiera es lo que se ve en los dibujos: cerrado hacia las vecindades y un primer nivel tal vez totalmente abierto al frente.

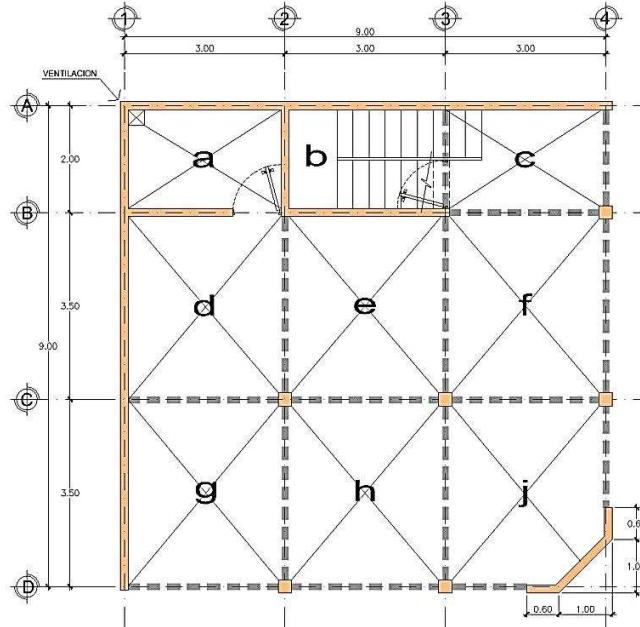
Muchos comercios en el país están construidos así. Pero nosotros sabemos que esta es una distribución en esquina que no trabaja bien para terremotos. Más estando en Patzún que según la lista de municipios del Anexo 1 está en zona sísmica anaranjada.

Inicio del diseño:

Primero planteemos los tableros.

Al examinar el segundo nivel vemos que hay una falta de coincidencia entre los soportes planteados en el primer nivel y el módulo de los dormitorios.

Ya se comentó en los ejemplos de la Sección 6.3 que debe haber una coincidencia de tableros en los diferentes niveles.



Figuras 6-24 A y B

Primera corrección de las plantas del Primer y Segundo Nivel – ya coinciden los soportes con las distribuciones de cada piso. El Segundo Nivel mostrado aquí todavía a nivel esquemático pero con modificaciones en la escalera y baño

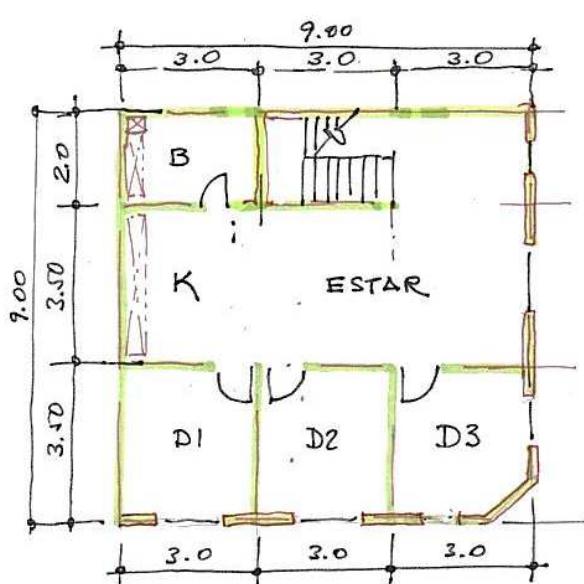
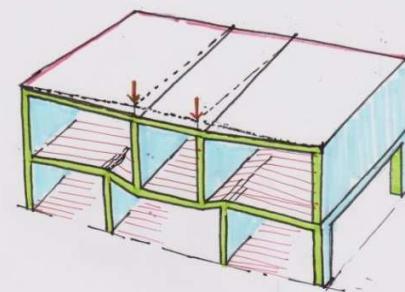


Figura 6-23 -- Esquema de uuperior no coinciden con el inferior caso en que las paredes de un nivel s estos casos deben evitarse

La solución en este caso es fácil: amoldemos el primer nivel a los cuartos del segundo piso.

Pongamos ejes para poder entenderlos, como se muestra en la Figura 6-24 A. Ya hemos visto en secciones anteriores como se plantean tableros que es de los primeros pasos para empezar a trabajar un proyecto. (Cómo plantear tableros está explicado en el Ejemplo 1 en la Sección 6.3) Vemos que los tableros planteados para este proyecto tienen tamaños

adequados. El más grande es de $3.50 \times 3.00 = 10.5 \text{ m}^2$, menor que 18 m^2 y ningún lado tiene más de 4.50 metros.

Ajustes en tableros del segundo nivel

Al ajustar los tableros del primer nivel a los dormitorios del segundo, se produce la necesidad de un compromiso entre los tableros de ambos niveles: hay que ajustar el área de las escaleras y el baño tal como se observa en el nuevo trazo preliminar del segundo nivel.

Ya estamos listos para trabajar las paredes. Sin embargo vamos a resolver primero el nivel más difícil que es el primero antes de entrarle al segundo que dejaremos pendiente por ahora.

Diseño del primer nivel:

En los ejemplos que hemos resuelto hasta ahora empezamos por chequear que las paredes resistieran los pesos y cargas y después verificamos su capacidad de resistir sismos. Allí notamos que lo más difícil fue lograr tener suficientes paredes para resistir sismo. Así que en este ejemplo vamos a empezar por chequear las paredes para sismo. En general es lo más práctico al diseñar, primero asegurémonos de lograr la capacidad sísmica. Despues diseñamos las vigas y mochetas de carga.

La primera planta es un comercio. Naturalmente queremos que las paredes sean pocas. Para poner la menor cantidad de paredes escojamos un block de mayor resistencia. Ese block va a tener un costo mayor, pero nos permitirá poner menos longitud de paredes.

Vamos a al Cuadro 6-D1 para zona sísmica anaranjada ya que estamos en el municipio de Patzún. **Escojamos el levantado más robusto: Block DT de 19 cm de ancho Clase A levantado con lecho de mortero completo.** El cuadro dice que cada metro horizontal de levantado de esta selección puede retener⁷ hasta 14.8 m^2 de área construida.

Nuestra área a construir es $2 \text{ niveles} \times [9.0 \times 9.0] = 162 \text{ m}^2$

Si cada metro horizontal de levantado retiene 14.8 m^2 , entonces como mínimo vamos a necesitar:

$$[162 \text{ m}^2 / 14.8] = 10.94 \text{ m en cada dirección.}$$

Pareciera que ya lo tenemos, o que casi lo tenemos, pero no es así de fácil. **Las paredes tienen que estar BIEN distribuidas y nuestra planta se debe parecer lo más posible a un cuadro.** **Eso todavía no lo hemos logrado.** Queremos lograr una configuración en "cuadro" y lo que tenemos en este momento es una configuración de "esquina".

⁷ Notar que estamos usando la palabra "retener". Como el sismo es un empuje horizontal, decimos que las paredes "retienen" la construcción para que el sismo no la tumbe, o simplemente, no la raje. Cuando hablamos de pesos y cargas entonces decimos que la pared "soporta" o "aguanta".

Regla para lograr buena distribución de paredes

- **Dividir la planta de la edificación en tres franjas imaginarias de igual ancho en cada dirección.**
- **En cada una de las franjas debe quedar por lo menos el 25% de las paredes que se necesitan en la dirección examinada.**
- **Puede haber más paredes de las que se necesitan pero nunca menos**

Sigue el Ejemplo 4 – mejorar la distribución de paredes en la planta

La Figura 6-25 A muestra las paredes que ya estaban previstas hasta ahora y tres franjas de igual ancho paralelas a los ejes letra. Las franjas son imaginarias y como son tercios de la construcción, que en total tiene 9.0 m, tienen entonces 3.0 m cada una.

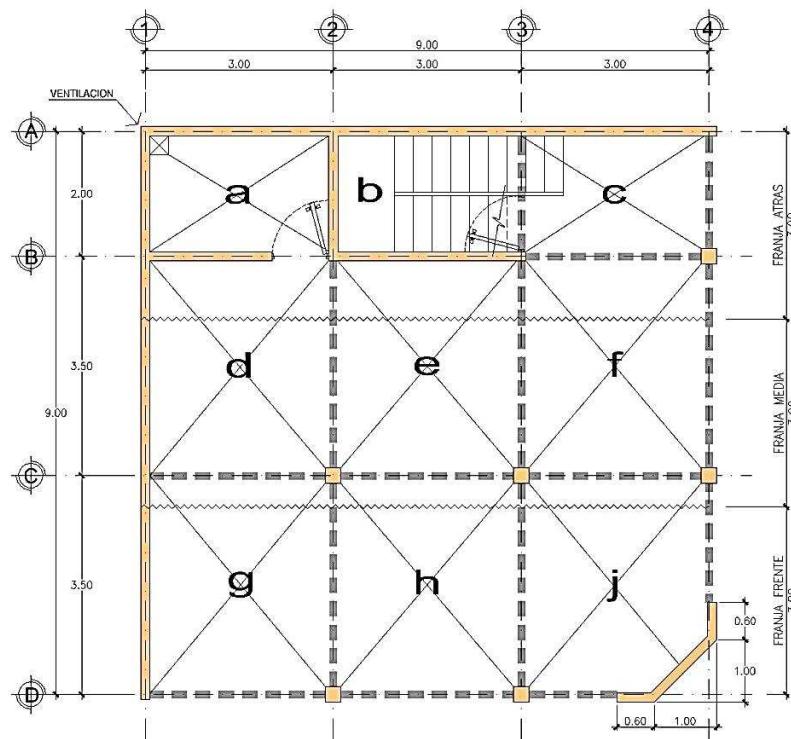


Figura 6-25 A
esquema del primer nivel dividido en tres franjas iguales en la dirección de los ejes letra.
Cada franja es de 3.00 m de ancho = 9.00 / 3

En cada franja debe quedar por lo menos el 25% de las paredes **que se necesitan**. Fijarse que no es el 25% de las paredes que hay, sino de las que se necesitan conforme al Cuadro 6D que corresponda a la zona sísmica del municipio. Para el levantado escogido en la página anterior se necesitaban 10.94 m por todo en cada dirección.

Por eso en cada franja hay que chequear que queden al menos **25% x 10.94 = 2.73 m** de levantado de block DT, Clase A, de 19 cm.

Vemos que en la **Franja del Frente** del local NO hay paredes. Sobre el Eje D que es el que cae dentro de esa franja habrá que poner al menos 2.73 m de levantado

Clase A. Observemos que las paredes diagonales NO cuentan y que el corto "muñeco" de 0.60 tampoco cuenta. Habría que poner 2 tramos de pared de 1.40m o mejor, uno sólo de 2.75 m. Recordemos que los tramos deben ser mayores que 1.0 m.

En la Franja Media tampoco hay paredes. Como vemos el plan original no estaba muy bueno... Vamos a tener que poner al menos 2.80 metros lineales de pared Clase A sobre el Eje C que es el que cae dentro de la franja media. Habrá que decidir en qué lugar sobre el eje C: lo indicado será ponerlo entre los ejes 1 y 2.

Todas las paredes originalmente previstas cayeron en la **Franja de Atrás**. Aquí hay $[9.00 + 2.0 + 3.00] = 14.00$ m de pared;

Es más de lo necesario si usamos block Clase A, así que usaremos un levantado de menor costo. Probemos block DT Clase C, de 14 cm de grueso, incluso con levantado con mortero de lecho parcial.

Según el Cuadro 6-D1 ese levantado retiene 7.6 m² de área construida por cada metro lineal de levantado.

Tendremos entonces en total:

Eje D [2.80 x 14.8] + Eje C [2.80 x 14.8] + Ejes B y A [14.00 x 7.6] = 189 m² > Ac 162 m². Sí alcanza para el sismo.

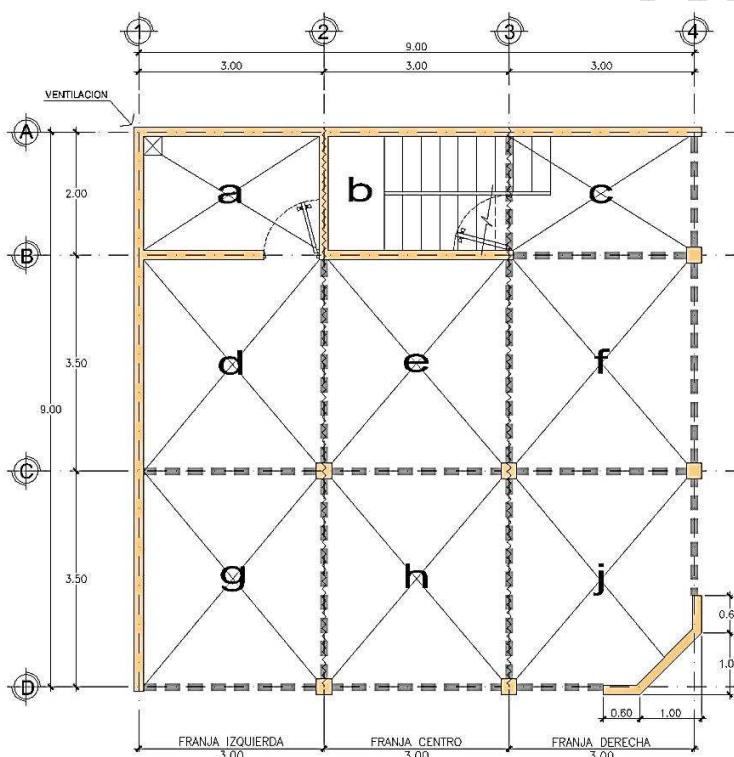


Figura 6-25 B
esquema del primer nivel dividido en tres franjas iguales
en la dirección de los ejes número.
En este caso las fronteras entre franjas coincidieron con
los ejes 2 y 3 – eso no importa – ahí pondremos las
paredes que sean necesarias

No las dibujaremos todavía sino hasta que chequeemos la otra dirección.

Examinemos la dirección de los ejes número.

Cuando reorganizamos los ejes al comienzo de este ejercicio que estamos haciendo corrimos los ejes 2 y 3 para que coincidieran con las paredes de las habitaciones del segundo nivel. De manera que las franjas puestas a tercios de los 9 metros de la edificación caen justo sobre los ejes. Eso está bien, no importa.

Examinemos la Figura 25 B a ver qué pasa con esas franjas.

Vemos que la **Franja Derecha** no tiene paredes y necesita tener al menos 2.80 m de pared Clase A. (eso es el 25% de las paredes que se necesitan como vimos anteriormente para este

mismo ejemplo) **Se los pondremos sobre el eje 4.** También se podría sobre el Eje 3 pero quedaría a medio local y no conviene.

Podemos ver que en toda la **Franja Central** solo hay una pared que es la del Eje 2. Pero solo tiene 2.0 m y necesitamos al menos 2.80 metros de pared de block DT de 19 cm Clase A. Podríamos alargarla un poco, pero eso invade el espacio que estamos dejando para local comercial.

Sin embargo también podemos hacer más robustos los 2.0 m de pared que tenemos en el Eje 2 ¿Cómo? Llenando de grout las celdas del block. El Cuadro 6-D1 nos indica que el block de 19 cm Clase A con grout retiene 21.3 m² de área construida. Ya vimos que el mismo block DT Clase A de 19 cm que estamos usando, pero sin grout retiene 14.8 y necesitábamos 2.80m de largo. Sustituyamos uno por otro

$$[2.00 \times 21.3] = 42.6 \text{ m}^2 \text{ que resultan equivalentes a } [2.80 \times 14.8] = 41.4 \text{ m}^2$$

Examinemos la última franja, la **Franja Izquierda**; como ya “usamos” la pared del Eje 2, en esta franja ya solo quedan los 9.0 m de pared que están sobre el Eje 1. Es más larga que lo mínimo así que podemos considerar construirla con block DT Clase C de 14 cm, lecho parcial.

Chequeando lo que tenemos ahora nos daría una capacidad de retener sismo de:

$$\text{Eje 1 } [9.00 \times 7.6] + \text{Eje 2 } [2.00 \times 21.3] + \text{Eje 4 } [2.80 \times 14.8] = 152 \text{ m}^2 \text{ de área construida,}$$

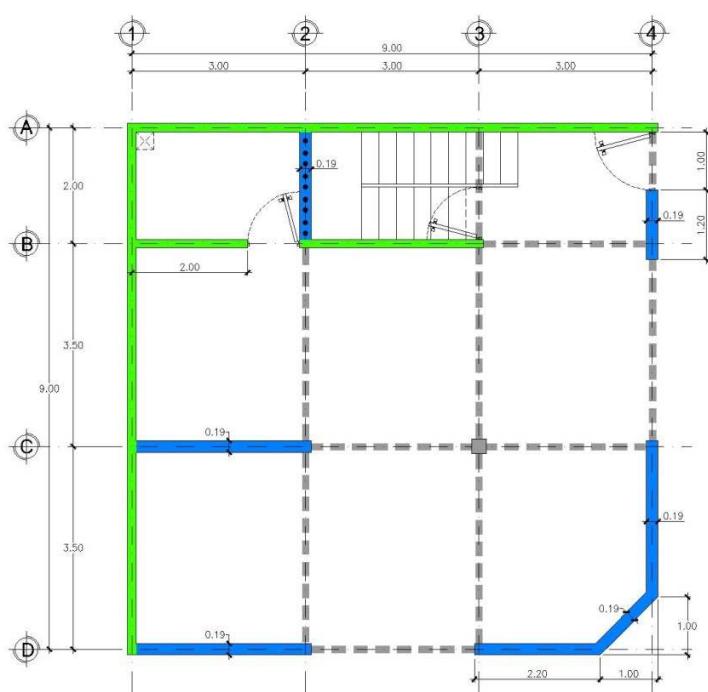


Figura 6-26 A -Ejemplo 4
esquema del Primer Nivel con la distribución final de
paredes conforme se describe en el texto
el block color azul es DT de 19 cm Clase A
el verde es DT de 14 cm Clase C

un poco corto de los 162 m² que necesitamos retener, aunque al menos ya tenemos criterio para hacer el planteo final de paredes que se muestra en el nuevo esquema de distribución de paredes en el cual aumentaremos un poco las paredes del Eje 4.

Distribución final de paredes

Examinemos la planta que se muestra en seguida. Ya pasamos el examen de franjas y ya se hicieron las correcciones adecuadas para que todas y cada una de las franjas tengan por lo menos el 25% del total de las paredes necesarias y todas en conjunto cumplan con lo que se necesita.

En resumen, en la planta final usaremos dos clases de block: DT Clase A (señalado con color azul) de 19 cm levantado con lecho completo de mortero (señalado con color azul) y

DT Clase C (marca verde) de 14 cm con lecho parcial de mortero (señalado con color verde). [Recordar que los coeficientes respectivos están en el Cuadro 6-D1].

En la dirección de los ejes letra tenemos ahora:

Eje A [9.00x**7.6**]

+ Eje B [2.00x **7.6** + 3.00x **7.6**]

+ Eje C [**3.00x14.8**]

+ Eje D [**3.00x14.8** + 2.20x**14.8**] esto retiene 236 m² > Ac 162 m²

Más que suficiente en esta dirección

En la dirección de los ejes número tenemos ahora:

Eje 1 [9.00x**7.6**]

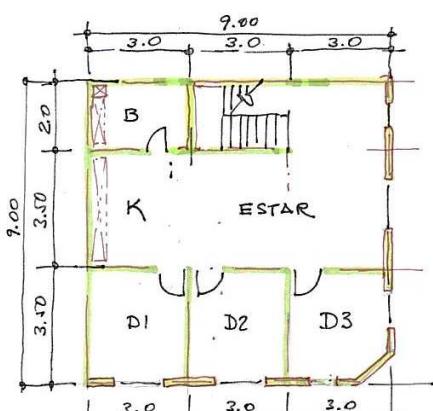
+ Eje 2 [2.00x**21.3**]

+ Eje 3 [0.00]

+ Eje 4 [**1.20x14.8** + 2.50x**14.8**] = 165 m² OK comparado con Ac=162 m² que necesitamos

Las paredes planteadas en el primer nivel son suficientes.

Segundo Nivel:



En el Segundo Nivel el área construida **Ac** es **9.00 x 9.00 = 81 m²**. Los tableros que se han definido son exactamente iguales a los del Primer Nivel.

Si examinamos nuevamente el diagrama preliminar (vuelto a mostrar adjunto) nos da la impresión de que hay suficientes paredes, tal como está, como para poder resistir el sismo.

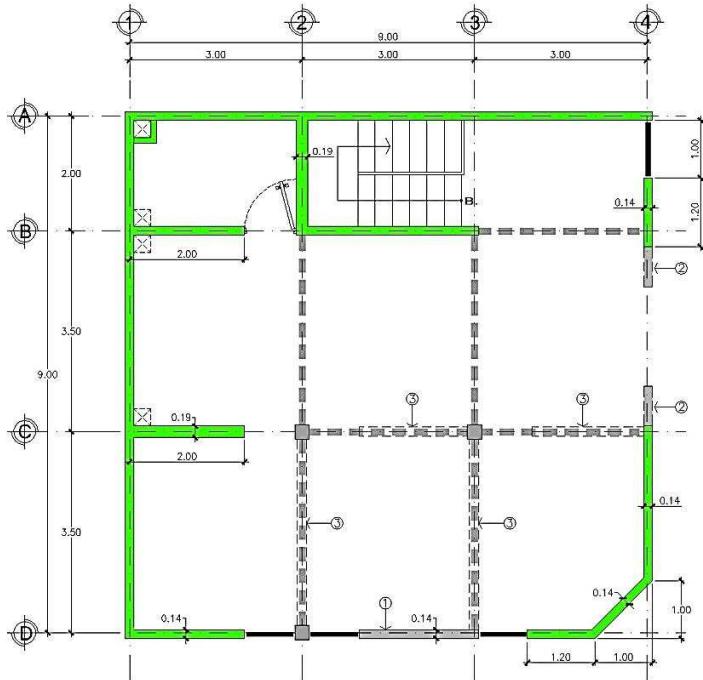
Sin embargo no es conveniente que la distribución de paredes sea radicalmente diferente a las del primer nivel. Al contrario, las paredes sismo-resistentes deberían ser continuas de techo a cielo. ¿Por qué? Porque así hay **continuidad** de las mochetas principales lo que es muy importante para el comportamiento de las paredes cuando las empuja un sismo.

Tratemos de “copiar” las paredes de la planta baja en la planta alta. La “copia” no va a ser exactamente igual porque ambos niveles sirven diferente propósito. Habrá algunas diferencias.

Como la segunda planta tiene solo 81 m² hemos podido usar block de menor resistencia reduciéndonos a block DT de 14 cm Clase C levantado con lecho parcial. Sin embargo en los ejes 2 y C hubo que conservar block DT de 19 cm, lecho completo aunque sí se pudo bajar a Clase C; veremos por qué en la explicación abajo.

Recordemos que el block de 14 cm tipo DT, Clase C, Lecho Parcial de mortero retiene 7.6 m² de área construida por metro de levantado según el Cuadro 6-D1

El block de 19 cm Tipo DT, Clase C, Lecho Completo retiene 10.5 m² de área construida por metro de levantado.



**Figura 26 B – Ejemplo 4
Segundo Nivel Vivienda – configuración final**
Block DT Clase C 14 cm L Parcial (verde)
Block DT Clase A 19 cm L Completo (azul)

Nota 1 – pared secundaria puede sustituirse por ventana

Nota 2 – Paredes opcionales para reducir ventana

Nota 3 – Paredes divisorias se recomienda usar tablayeso pero puede usarse block Clase D

cubre el 25% de 81 m² que es la capacidad mínima que necesitamos en nuestra banda central tan escasa de paredes.

Ejes Número:

Eje 1 [9.00 x 7.6] + Eje 2 [2.0 x 10.5] + Eje 4 [1.20 x 7.6] + [2.5 x 7.6] = 117 m² mayor que 81 m² necesarios como mínimo.

Obsérvese que el levantado en el Eje 2 se puso con el mismo criterio que el del Eje C para tener la suficiente capacidad en la parte central de la edificación: [2.00 x 10.5] = 21.0 m² que cubre el 25% de 81 m² que es la capacidad mínima que necesitamos en la franja central que tiene tan pocas paredes. Si no hubiera alcanzado todavía podríamos llenar de grout las celdas para aumentar el coeficiente de retención a 15.0 (según el Cuadro 6-D1)

¿Y las demás paredes del Segundo Nivel?

Las paredes que no tienen contraparte en el piso de abajo son una carga en vez de una

Al examinar la planta de paredes vemos que hay paredes en todas las franjas de chequeo. Cada quien puede comprobarlo por sí mismo, así no alargarnos este texto más de la cuenta.

Pero sí hagamos el ejercicio de sumar la longitud de paredes cuidando de descontar los vanos de puertas y ventanas.

Ejes Letra:

Eje A [9.00 x 7.6]

+ Eje B [2.00 x 7.6]

+ [3.00 x 7.6]

+ Eje C [2.00 x 9.9]

+ Eje D [2.00 x 7.6] + [0.00] + [1.20 x 7.6]

esto es mayor que 81 m² que necesitamos.

Observemos que en el Eje D no se contó la pared entre los ejes 2 y 3 porque no tiene contraparte en el primer nivel.

Observemos que la pared del Eje C se puso DT Clase C pero de 19 cm para alcanzar un coeficiente de 10.5 porque [2.00 x 10.5] = 21.0 m² que

ayuda. Las paredes de fachada que no cargan hay que hacerlas de mampostería por protección de intemperie. **Sin embargo, se recomienda que las paredes internas se reemplacen por paredes de tablayeso.**

Uso del tablayeso

El tablayeso para paredes interiores que no cargan es más económico, más rápido de hacer, se puede cambiar de sitio con el tiempo; y se puede poner en cualquier parte del piso; en cambio las paredes de block que no están sirviendo estructuralmente, como son pesadas es mejor ponerlas sobre vigas en los bordes de los tableros.

A veces se piensa que el tablayeso limita la privacidad de una habitación a otra. Si el tablayeso se trabaja bien, eso no es cierto y aún puede funcionar mejor que una pared delgada de mampostería o madera. Simplemente use una plancha simple de un lado del tabique y una plancha doble del otro lado; evite que las cajas eléctricas de un lado y otro queden en contacto; sepárelas a lo largo del tabique. Y si dos planchas de un lado parece demasiado, pues una plancha de cada lado es suficiente pero la plancha doble es la que mejora el aislamiento

Comentario importante – precaución con los errores y confusiones --

Hemos visto en este ejemplo cómo hay que hacer para distribuir paredes y que queden cubiertos todos los flancos en las dos direcciones. No hay soluciones únicas. Depende de la creatividad y la imaginación de cada uno cómo lograr un resultado satisfactorio.

Combinamos blocks robustos con blocks de menor capacidad pero que pueden ser un poco más económicos. Al final resultamos con blocks de dos espesores y varias resistencias (Clase A y Clase C); también en algunos casos usamos lecho de mortero completo y en otros parcial. La verdad es que todas estas combinaciones son posibles **pero pueden prestarse a confusiones en la obra**, sobre todo si nuestros planos y ayudas gráficas se hacen a la carrera.

Tenemos que ser precavidos para evitar errores. Distinguir las Clases de block es fácil porque en Guatemala vienen marcadas con colores. Pero de todos modos simplifiquemos en la medida de lo posible.

Por ejemplo, en este proyecto que acabamos de resolver es muy fácil especificar lo siguiente:

- **Todos los blocks de 14 cm serán DT Clase C unidos con lecho parcial.**
- **Todos los blocks de 19 cm serán DT Clase A unidos con lecho completo.**

Sabemos que en el segundo nivel hay unas pocas paredes de 19 cm que pueden ser Clase C pero se evitan errores si las levantan con block Clase A por simplicidad de especificación.

Ejercicio de cálculo de Mochetas y soleras

Dejaremos que el lector resuelva como ejercicio, sólo o con la ayuda del capacitador, qué refuerzo hay que usar. Hay que seguir los lineamientos expuestos en las Secciones 6.5.1, 6.5.2 y 6.5.3.

Presentamos aquí un resultado para refuerzo vertical del recién resuelto Ejemplo 4. Resuélvanlo y vean si llegan al mismo resultado. Puede haber variaciones entre una solución y otra pero no deben ser demasiadas.

6.7 Cimientos de estructuras de mampostería confinada

En este manual haremos énfasis en diseñar los detalles estructurales del cimiento que es conveniente utilizar para las edificaciones de mampostería que estamos estudiando aquí. Casi no nos ocuparemos de hablar sobre la identificación de la clase de suelo que haya en el sitio. Para eso hay otra literatura y otros fascículos instructivos más apropiados.

El suelo en el sitio

Al planear hacer una construcción en un predio hay que ver el sitio de dos maneras: apreciar la forma general del terreno y establecer la calidad del suelo que podemos encontrar.

Al examinar el sitio de construcción hay que ver su condición general: puede ser horizontal o inclinado; puede ser plano o escarpado e irregular; puede estar a la orilla de un cauce de inundación, cerca de la corona de una ladera de barranco, o quizás al pie de una ladera inclinada. Conforme se construye en este país los mejores sitios van escaseando y es cada día más frecuente tratar de utilizar terrenos que hace 20 años ni hubiéramos tomado en consideración para hacer construcción. Para aumentar nuestro conocimiento sobre la condición general del lote se recomienda consultar el Fascículo AGIES titulado “**En Busca de Terrenos Seguros para Construir**”.

En cuanto a la calidad del suelo que se pueda encontrar en el predio, habrá que hacer un poco de exploración previa, como abrir uno o varios pozos de 1.50 metros de profundidad. Así nos daremos cuenta si el suelo es tierra orgánica de siembra, o un relleno malo, o ripio. Veremos si es “talpetate” firme o el excelente suelo de cenizas volcánicas densas llamado “selecto”, o arena suelta o barro; veremos si es húmedo o seco. Sin embargo tampoco nos ocuparemos aquí de identificar esas condiciones. Encontraremos criterios de identificación en el mismo fascículo “**En Busca de Terrenos Seguros para Construir**”.

¿Cómo puede tantearse si el suelo está aceptable?

Este método que muchos tildan de poco adecuado sirve solo como **tanteo**, no es exacto: Tome una varilla #5 de 75 cm de alto, métase en la zanja, apoye la punta y cárquese en la varilla, si no se hunde más de 1 o tal vez 2 cm, el fondo está “aceptable”

Si se hunde más el suelo puede ser cuestionable. Tiene la opción de excavar más para ver si mejora el suelo; o tal vez consultar al Departamento de Construcción de su municipio o buscar otra asistencia.

Si la zanja se anega también hay problemas los cuales no abordamos en este manual.

Este recuadro debe tomarse como un comentario colateral – El procedimiento descrito puede considerarse como un indicador, pero no es una prueba rigurosa de la capacidad del suelo.

Consultar existencia de Planes de Ordenamiento Territorial

Cada vez son más los municipios que cuentan con planes de ordenamiento territorial en donde se indica qué se permite construir en una cierta zona. Una parte de los criterios de ordenamiento se basa en la identificación de sitios peligrosos. Consulte si el municipio hizo ya estudios de identificación de amenazas naturales como zonas de crecidas, zonas de inundación, laderas inestables, terrenos cenagosos, cauces de flujos volcánicos, terrenos

que se licúan durante sismos fuertes y en las playas del Océano Pacífico, el raro pero temible tsunami, que es una marejada de origen sísmico.

Tipo de cimiento a utilizar – el cimiento corrido

Ya se ha dicho en varios lugares en este Manual que la carga de las estructuras de cajón **baja por la pared** y no solamente por las mochetas.

De manera que los cimientos adecuados para las estructuras de cajón deben ser lineales bajo la pared, llamados “cimientos corridos”. Una sección típica de un cimiento corrido se ilustra en la Figura 6-13.

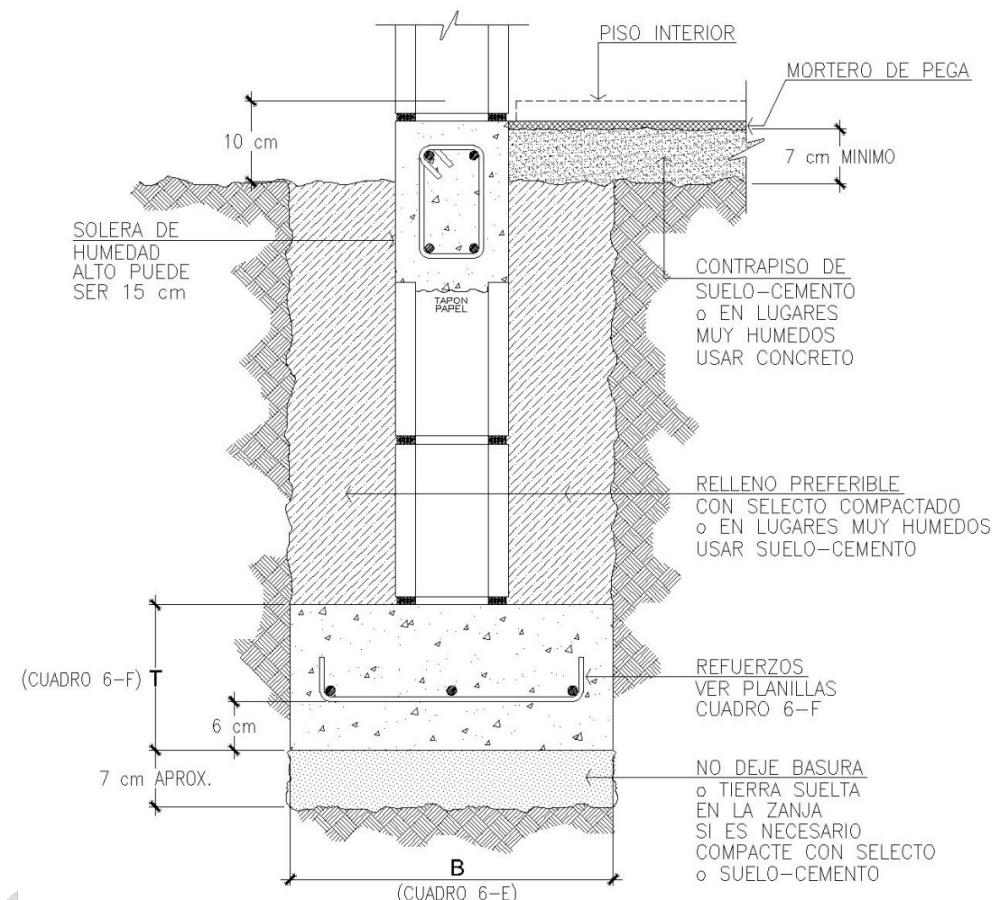


Figura 6-28 A
Detalles de Cimiento Corrido

Hay varios puntos importantes a mencionar.

- La profundidad del cimiento debe ser de unos 60 u 80 cm. Cimientos de menos de 50 cm no siempre trabajan bien en los suelos típicos de este país porque el terreno no es siempre suficientemente bueno y firme a esa profundidad.

- El suelo debe estar sano y la zanja debe estar recién abierta; si la zanja se va a quedar abierta varios días hay dos formas de proteger el fondo: **A)** deje los últimos 5 cm para quitarlos justo antes de poner el armado y fundir; **B)** puede poner una plantilla o un sello en el fondo de la zanja, que puede ser concreto de mezcla pobre, pero claro es más caro poner plantillas que terminar de abrir la zanja lo más próximo al día de la fundición;
- Nunca ponga ripio ni pedazos de blocks en el fondo; no ponga materiales sueltos; no deje que caigan materiales sueltos entre la zanja; no deje que la tierra amontonada a la par de la zanja se caiga entre la zanja, menos si puede volverse lodo; Todo el lodo y material suelto que se meta en la zanja hay que sacarlo; no lo deje allí nunca.

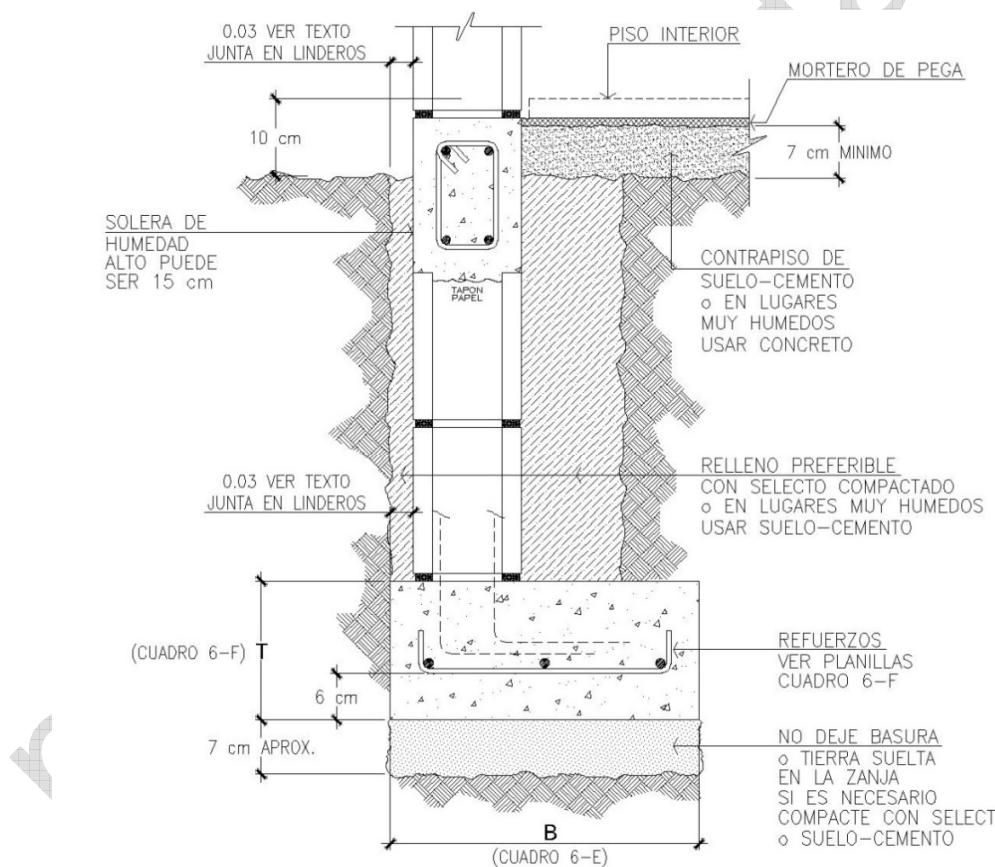


Figura 6-28 B
Detalles de Cimiento Corrido Excéntrico
cuando la pared está junto al lindero de terreno

Forma, dimensiones y refuerzo de los cimientos corridos

Algo que **NO** es necesario para las edificaciones de cajón de las cuales estamos hablando es poner zapatas debajo de las mochetas de las esquinas. No es necesario hacer ese gasto porque son las paredes las que están cargando.

Solamente habrá necesidad de poner una zapata cuando haya una columna aislada que no sea mocheta de pared o cuando sea una mocheta de carga que recibe varias vigas. Pero esos son casos especiales que trataremos en los ejemplos.

Configuración del cimiento corrido:

- El fondo de la zanja sólido y limpio, si es necesario ponga la plantilla de concreto pobre que se mencionó antes o una capa de "savieta"; no importa si el acabado queda rugoso;
- El cimiento continuo de concreto Clase 210 (Concreto 3000) con su refuerzo. El tamaño de la pastilla y el refuerzo están en el Cuadro 6-E; no deje que el refuerzo se asiente en el suelo o se pegue a las orillas de la zanja; esta es receta segura para que le entre la corrosión al refuerzo y nadie podrá darse cuenta del problema con los años;
- Dos hiladas de block del mismo tipo y clase que la pared que son las que le dan la profundidad correcta al cimiento – a veces habrá que poner 3 hiladas hasta encontrar buen suelo, especialmente si el terreno tiene un poco de inclinación.
- Una solera con 4 barras de refuerzo a la que llamamos "solera de humedad" o "soleira hidrófuga"; la solera tiene 2 funciones muy importantes: dificultar el paso de humedad del suelo hacia las paredes y formar un anillo cerrado debajo de la construcción que le da solidez a todo el cajón y reduce asentamientos de paredes.
- Todo el conjunto de cimiento, hiladas de block y solera de humedad pasa corrido debajo de puertas y otros vanos; mientras más interconectados queden todos los cimientos mejor se comportará todo el inmueble con menos grietas por posibles asentamientos donde haya un bache de suelo malo o alguna sobrecarga localizada que esté bajando de la estructura.

Guía para estimar la disposición de cimientos corridos

El ancho, espesor y refuerzo de los cimientos corridos se hace depender de la capacidad y robustez del levantado de block. Por ejemplo si la clase del block es más alta, el block es capaz de aguantar más carga y necesita más ancho el cimiento. Si el block es más ancho, puede soportar más carga y el cimiento se amplía. Si el levantado es el menos robusto, entonces el cimiento corrido correspondiente puede ser menor.

¿El ancho del cimiento depende del número de pisos de la edificación? Pues sí, pero piense lo siguiente: si escogió bien el tipo y clase de block que necesita según lo que se ha estudiado previamente en este manual, ya sabe que ese block si es capaz de aguantar la carga de los pisos que tenga encima. Así que bastará con escoger el ancho que le toca al tipo y clase de block conforme al Cuadro 6-E.

El **Cuadro 6-E** aplica a cimientos corridos tendidos en zanjas de unos 70cm de profundidad donde el suelo en el fondo de la zanja se considere aceptable. No obstante el autor y los promotores de este manual se inhiben de proporcionar en este texto criterios para calificar los suelos como "aceptables" o no. Eso se debe calificar en campo para cada caso.

En esta edición del manual no se consideró adecuado dar opciones de diseño para suelos de calidad baja. La metodología está disponible para suelos de calidad menor a la promedio pero en un manual para diseñar la estructura no podemos incursionar en la identificación de la calidad de los suelos. El posible usuario de la metodología deberá recurrir a la asesoría apropiada en suelos donde el sentido común indica problemas como los enumerados al inicio de esta Sección 6.7.

Ejemplo de diseño

Tomando los resultados de distribución de paredes del Primer Nivel del Ejemplo 4 determinemos qué cimientos aplican utilizando los Cuadros 6-E y 6-F.

Veamos el proceso a seguir:

Seleccionemos los cimientos concéntricos de las paredes interiores usando el Cuadro 6-E1.

- para las paredes de block DT, Clase C de 14 cm levantadas con lecho completo de mortero sobre el Eje B, el cuadro indica un cimiento CC1; vamos al cuadro 6-F1 que nos da todas las características de ese cimiento (ancho 0.30, espesor 0.18, e indica el refuerzo).
- Para la pared de block DT, Clase A de 19 cm y levantado con lecho completo el Cuadro 6E-1 indica un CC6 y nuevamente el Cuadro 6-F1 nos indica las dimensiones y refuerzo de ese cimiento.
- Para el levantado de Block Clase A de 19 cm y todas las celdas con graut, el mismo cuadro indica un cimiento CC7.
- Los detalles gráficos de los cimientos concéntricos están indicados en la Figura 6-13

Para las paredes exteriores que dan al lindero con el vecino hay que poner cimiento excéntrico. Igual para las paredes que dan a la vía pública. Seleccionemos estos cimientos excéntricos de lindero del Cuadro 6-E2.

- para las paredes de block DT, Clase C de 14 cm levantadas con lecho completo de mortero sobre los ejes A y 1, el cuadro indica un cimiento CC2-L; vamos al cuadro 6-F2 que nos da todas las características de ese cimiento (ancho 0.40, espesor 0.18, e indica el refuerzo).
- Para la pared de block DT, Clase A de 19 cm y levantado con lecho completo que da a la vía pública, el Cuadro 6E-2 indica un CC8-L y nuevamente el Cuadro 6-F2 nos indica las dimensiones de ese cimiento.
- Los detalles gráficos de los cimientos excéntricos están indicados en la Figura 6-14.

Ya tenemos los cimientos generales. **Veamos cimientos especiales donde haya puntos cargados que reciban vigas.** Veamos caso por caso:

- Hay una columna aislada en C3 que recibe 4 vigas en la primera planta y si vemos el esquema de la segunda planta, confirmamos que allí tributan otras 4 vigas. Si examinamos el Cuadro 6-G veremos que para esta construcción de 2 pisos, el cimiento de una columna donde tributan 4 vigas es una zapata cuadrada Z6; el Cuadro 6-H indica que una zapata Z6 tiene 1.4 x 1.4 metros y proporciona los datos de espesor y refuerzo.
- ¿Habrá que examinar otros puntos de este Ejemplo? En C2 tributan 3 vigas por planta y satisface una zapata Z5.
- En el cruce B3 confluyen 3 vigas y se necesita una zapata Z5

- Los nodos D2, D3, C4 reciben 2 vigas cada uno y como están en el lindero se satisfacen con una zapata Z4-L
- Los nodos B2 y B3 reciben 1 viga cada uno y como la edificación es de 2 niveles se satisfacen con una zapata Z2. Por lo tanto hay que ampliar un poco los cimientos en esos nodos.

Como resultado de lo anterior queda configurada la cimentación como se indica en la Figura 6-29

Es importante hacer notar que las zapatas que se añaden no necesitan quedar debajo del cimiento corrido sino pueden quedar en la misma superficie de cimentación, unidos los dos cimientos, el corrido y la zapata. Si hay diferencias de espesor, por ejemplo si la zapata es de 25 cm y el cimiento corrido es de 18 cm es aconsejable que los dos tengan el mismo nivel de arrastre y para la zapata se excavan unos centímetros más.

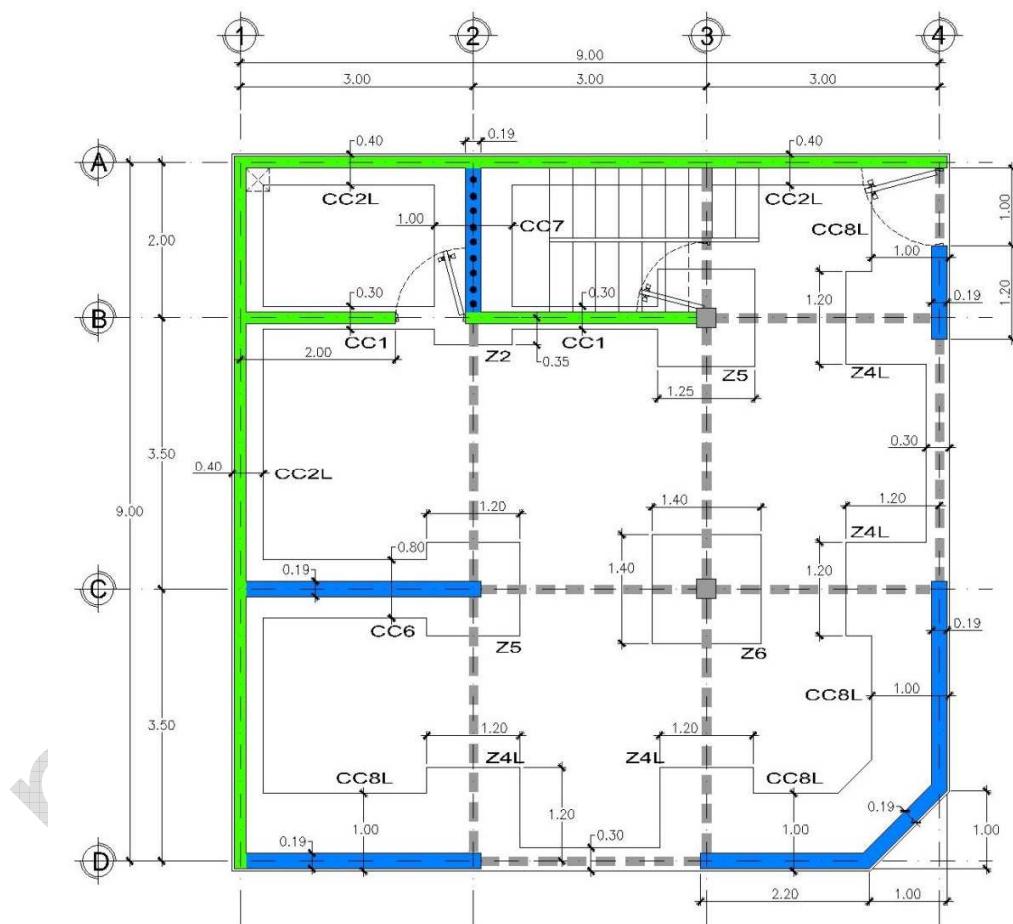


Figura 6-29 -- Planta de cimentación obtenida con el auxilio de los Cuadros 6-E1, 6-E2 y 6-F. No se muestran las mochetas que normalmente deberían estar representadas en esta planta -

CUADRO 6-E1							
método simplificado							
Ancho de cimiento corrido según el levantado de block							
Para suelos de calidad aceptable – capacidad 10 Tm/m² o mayor							
forma de uso: Según las características del levantado de block leer el tipo de cimiento corrido, después busque en el Cuadro 6-F el ancho, espesor y refuerzo -- otras características del cimiento en Figura 6-28 A							
tipo block	espesor de pared cm	Clase de block				colocación del mortero	
		A	B	C	D		
block DT	19	CC6	CC4	CC2	CC1	lecho completo	
block DT	14	CC4	CC3	CC1	CC1	lecho completo	
block DT	19	CC5	CC3	CC2	CC1	lecho parcial	
block DT	14	CC3	CC2	CC1	CC1	lecho parcial	
block UT	19	CC5	CC3	CC1	CC1	lecho parcial	
block UT	14	CC3	CC2	CC1	CC1	lecho parcial	
block UT o DT	19	CC7	CC6	CC3	CC2	todas las celdas con graut	
block UT o DT	14	CC6	CC4	CC2	CC1	todas las celdas con graut	
notas							
block DT	tabique central de la unidad es doble						
block UT	tabique central de la unidad es simple						
Parámetros de cálculo	ver fascículo AGIES de soporte técnico Peso estructura = 1,800 lb/m ² ancho de cimiento calculado conforme a capacidad del levantado Capacidad soporte = 10 Tm/m ²						

CUADRO 6-E2**método simplificado****Ancho de cimiento corrido excéntrico de lindero
según el levantado de block**Para suelos de calidad aceptable-- Capacidad 10 Tm/m² o mayor**forma de uso:** Según las características del levantado de block

leer el tipo de cimiento corrido, después

busque en el cuadro 6-F2 el ancho, espesor y refuerzo --

Busque otras características del cimiento en Figura 6-28 B

Tipo block	Espesor de pared cm	Clase de block				Colocación del mortero
		A	B	C	D	
block DT	19	CC8-L	CC6-L	CC3-L	CC2-L	lecho completo
block DT	14	CC6-L	CC4-L	CC2-L	CC1-L	lecho completo
block DT	19	CC7-L	CC5-L	CC3-L	CC2-L	lecho parcial
block DT	14	CC5-L	CC3-L	CC2-L	CC1-L	lecho parcial
block UT	19	CC7-L	CC5-L	CC2-L	CC1-L	lecho parcial
block UT	14	CC5-L	CC3-L	CC1-L	CC1-L	lecho parcial
block UT o DT	19	CC9-L	CC8-L	CC5-L	CC3-L	todas las celdas con graut
block UT o DT	14	CC8-L	CC6-L	CC3-L	CC2-L	

notas

block DT tabique central de la unidad es doble

block UT tabique central de la unidad es simple

Parámetros de cálculo	ver fascículo AGIES de soporte técnico Peso estructura =1,800 lb/m ² ancho de cimiento calculado conforme a capacidad del levantado
	Capacidad soporte = 10 Tm/m ² con sobre-esfuerzo de 50%

Cuadro 6-F1**DIMENSIONES Y REFUERZOS DE CIMIENTOS CORRIDOS****Forma de uso:** Determine el tipo de cimiento con el Cuadro 6-E1Geometría del cimiento en **Figura 6-28 A**

Concreto 210 -- refuerzo Grado 40

tipo	B	T	Refuerzo transversal	Refuerzo longitudinal
CC7	1.00	0.20	#3@0.18	5#3
CC6	0.80	0.18	#3@0.20	4#3
CC5	0.70	0.18	#3@0.22	4#3
CC4	0.60	0.18	#3@0.25	4#3
CC3	0.50	0.18	#3@0.25	3#3
CC2	0.40	0.18	#3@0.25	3#3
CC1	0.30	0.18	#3@0.25	3#3

CUADRO 6-F2**DIMENSIONES Y REFUERZOS DE CIMIENTOS CORRIDOS DE LINDERO****Forma de uso:** Determine el tipo de cimiento con el Cuadro 6-E2Geometría del cimiento en **Figura 6-28 B**

Concreto 210 -- refuerzo Grado 40

tipo	B	T	Refuerzo transversal	Refuerzo longitudinal
CC9-L	1.35	0.22	#4@0.28	6#3
CC8-L	1.00	0.20	#3@0.18	4#3
CC7-L	0.90	0.18	#3@0.20	4#3
CC6-L	0.80	0.18	#3@0.25	4#3
CC5-L	0.70	0.18	#3@0.25	3#3
CC4-L	0.60	0.18	#3@0.25	3#3
CC3-L	0.50	0.18	#3@0.25	3#3
CC2-L	0.40	0.18	#3@0.25	3#3
CC1-L	0.30	0.18	#3@0.25	3#3

Cuadro 6-G Zapas para mochetas de carga y columnas aisladas						
número de vigas que llegan a la mocheta de carga	zapata interior			zapata de lindero		
	1 nivel	2 niveles	3 niveles	1 nivel	2 niveles	3 niveles
1 viga	Z1	Z2	Z3	Z1-L	Z2-L	Z3-L
2 vigas	Z2	Z4	Z5	Z2-L	Z4-L	Z5-L
3 vigas	Z3	Z5	Z7			
número de vigas que llegan a la columna aislada						
1 viga	Z1	Z2	Z3	Z1-L	Z2-L	Z3-L
2 vigas	Z2	Z4	Z5	Z2-L	Z4-L	Z5-L
3 vigas	Z3	Z5	Z7	Z3-L	Z5-L	Z6-L
4 vigas	Z4	Z6	Z8			

Cuadro 6-H Planilla de zapatas-tipo						
zapata interior				zapata de lindero		
tipo	tamaño L x L	espesor T	refuerzo	tipo	tamaño L x L	espesor T
Z1	0.50	0.18	#3 a 20	Z1-L	0.60	0.18
Z2	0.70	0.18	#3 a 20	Z2-L	0.80	0.20
Z3	0.85	0.20	#4 a 30	Z3-L	1.00	0.20
Z4	1.00	0.20	#4 a 30	Z4-L	1.20	0.25
Z5	1.20	0.25	#4 a 25	Z5-L	1.40	0.30
Z6	1.40	0.30	#4 a 20	Z6-L	1.70	0.40
Z7	1.50	0.35	#5 a 28			
Z8	1.70	0.40	#5 a 25			

7 RECAPITULACIÓN

En este último capítulo del manual de diseño de mampostería reforzada vamos a recapitular la serie de PASOS o etapas de diseño que deben seguirse ordenadamente para lograr una planificación adecuada. Ya se han desarrollado en capítulos anteriores los conceptos y las bases para desarrollar la actividad de diseño estructural que se resume aquí.

El contenido de este capítulo es el texto inicial del fascículo **Cuaderno de Ejercicios y Ejemplos Resueltos para uso con el Manual de Diseño Simplificado de Mampostería de Block de Concreto** (en preparación). Este manual y el Cuaderno de Ejemplos Resueltos se complementan.

7.1 La secuencia de trabajo

Para diseñar estructuralmente una edificación de mampostería confinada de block con los métodos desarrollados en este manual se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1:

Decidir si aplica la metodología simplificada a nuestro proyecto; comprobar que se está dentro de los límites de aplicación de la metodología

Paso 2:

Modular la estructura; Definir los Tableros, establecer configuración de losas. Revisar que todos los segmentos de pared soporten los pesos y las cargas de la edificación

Paso 3:

Establecer dónde hubiera necesidad de poner vigas para sostener losas no apoyadas en paredes; ahí donde se apoyan las vigas definir las mochetas de carga y posibles columnas aisladas.

Paso 4:

Identificar las paredes que formarán el sistema sismo-resistente, comprobar que están bien distribuidas; seleccionar los tipos y clases de block a utilizar; configurar el esquema sismo-resistente final

Paso 5:

Ubicar y seleccionar el refuerzo de la mampostería: mochetas y soleras

Paso 6:

Configurar la cimentación del proyecto; determinar cimientos corridos y zapatas.

Paso 7:

Reforzar las losas

7.2 Guía para proceder

Paso 1 -- Las reglas de juego

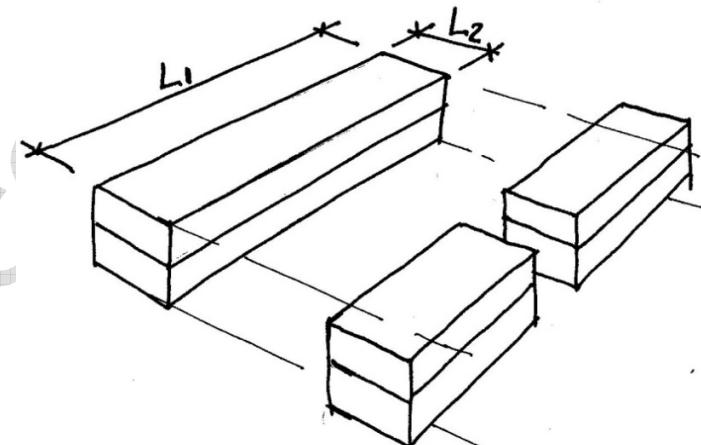
Los conceptos constructivos contenidos en este Manual aplican solamente a lo siguiente:

- Edificaciones con un **sistema estructural de cajón**; en este sistema la estructura principal de soporte son las propias paredes de mampostería con refuerzo de barras de acero (el llamado “hierro” de construcción); un constructor guatemalteco está familiarizado con las generalidades del sistema que es el que normalmente se usa para hacer casas de mampostería desde hace más de medio siglo; lo que suele desconocerse son las capacidades y los límites del sistema; llenar este vacío es el objetivo del manual.
- La edificación **no debe sobrepasar 3 niveles** para que apliquen las reglas simplificadas de diseño de la estructura.
- La altura máxima de cualquiera de los niveles **no excederá 3.0 metros**;
- La altura sumada de 3 niveles **no excederá 8.0 metros**
- El área sumada de todos los niveles será generalmente menor a 300 metros cuadrados pero **no hay** una limitación estricta de área;

Comprobar las siguientes limitaciones geométricas:

Evitar edificaciones alargadas
 $L_1 / L_2 \leq 3.0$

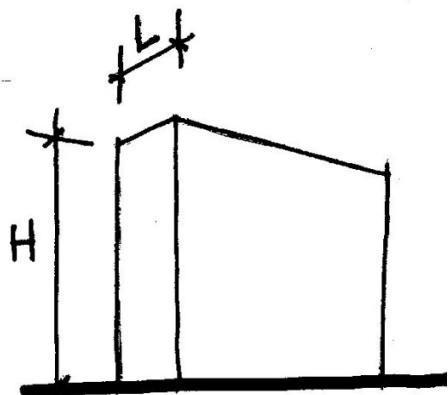
Si son demasiado alargadas hay que partirlas



Evitar edificaciones esbeltas

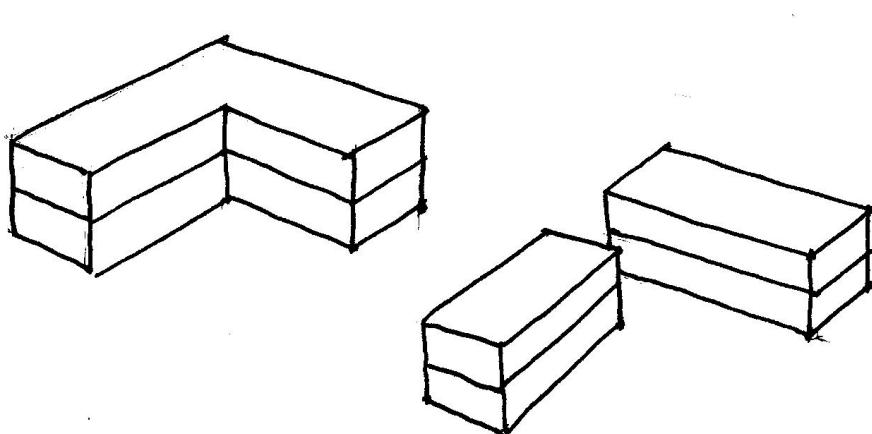
La altura H no debe ser mayor que dos veces el ancho L

$H / L \leq 2.0$

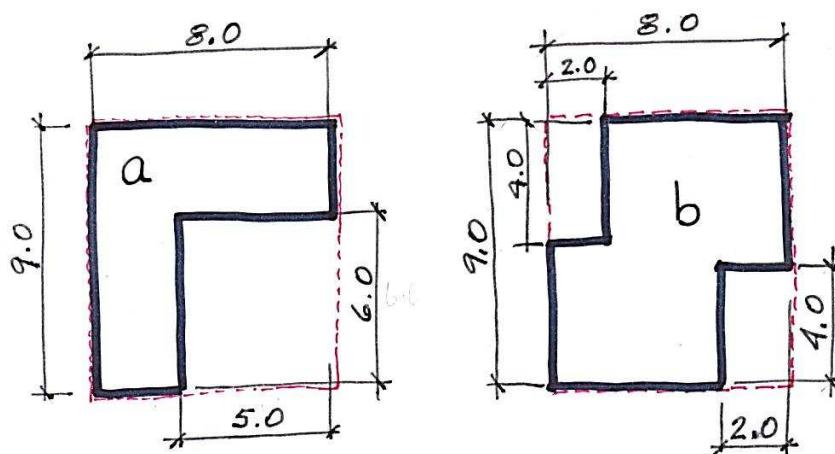


Evitar edificaciones con la planta irregular

Pueden dar problemas durante un sismo muy intenso. La recomendación más común es que se divida la planta de la estructura irregular en dos cuerpos regulares como se ilustra en el siguiente esquema. Separe los cuerpos un buena distancia: evite simplemente ponerlos contiguos; si los pone contiguos tendrá problemas de humedad y nidos de animales.



Pero aquí cabe preguntar ¿cuánto es "irregular"? No todas las plantas pueden ser perfectamente regulares. Abordemos los siguientes esquemas que son edificaciones que tienen plantas irregulares.



Comparemos las **áreas vacías** con el área del **rectángulo envolvente** (rectángulo rojo) en los esquemas anteriores. Si dividimos **A vacía** entre **A envolvente** y el resultado **es mayor que 0.25** hay mucho vacío y se considera que la edificación no es regular.

En el caso "**a**", $A_v / A_e = [5.0 \times 6.0] / [8.0 \times 9.0] = 0.41$ que es mayor que 0.25 y **no cumple**

En el caso “**b**”, $A_v / A_e = [4.0 \times 2.0 + 4.0 \times 2.0] / [8.0 \times 9.0] = 0.22$ que es menor que 0.25 **si cumple el criterio** y se considera regular

Si no cumple debe reorganizarse la planta de la edificación o partir la construcción en 2 partes regulares como se mostró en la penúltima figura. **Cuando sí cumpla**, simplemente seguir el procedimiento general.

Paso 2 -- Modular la estructura, y verificar capacidad de paredes

Inicialmente, si queremos familiarizarnos con el tipo de construcción que vamos a diseñar, podemos recurrir al **Numeral 6.1 – El concepto de una estructura de cajón**.

Para detalles ir al **Numeral 6.2 - Estructuras de cajón ¡Cómo funcionan?** Veremos que hay primero hay que modular la estructura dividiéndola en “tableros” como lo indica la sección “**división de la planta de piso en tableros**”

Definición de Tableros

- El área de un Tablero no debe ser mayor que 18.0 metros cuadrados
- Ningún lado de Tablero debe más largo que 4.50 metros
- Si un Tablero quedó grande hay que dividirlo o reacomodarlo
- Los bordes de Tableros caerán sobre paredes o se definirán vigas
- Los extremos de vigas caen sobre mochetas de carga o columnas aisladas
- Todos los niveles tendrán la misma configuración de Tableros

En el **Numeral 6.2** se define el concepto de **áreas tributarias** que nos permite revisar si las paredes que tenemos planteadas resisten los pesos y cargas que les imponen los tableros que acabamos de definir. Esto se hace con el auxilio del **Cuadro 6-A**.

Importante: Este chequeo de capacidad de carga vertical de paredes lo podemos demorar hasta que hayamos terminado el **Paso 4** y estemos seguros de dónde es que se necesitan las paredes por causa de sismos.

Paso 3 – Definir las vigas y mochetas de carga que pudieran ser necesarias

Para esto será necesario recurrir al **Numeral 6.3 - ¿Qué vigas hay que poner cuando no hay pared bajo el borde de losa?** El cuadro 6-B permitirá seleccionar las vigas que se necesiten y su refuerzo.

Donde las vigas se apoyan producen cargas concentradas sobre las paredes de la estructura de cajón. El **Numeral 6.3** nos instruye de dónde debemos reforzar la pared o poner columnas o mochetas de carga que soporten las cargas de apoyo de vigas. El **Cuadro 6-C** nos permite dimensionar estas mochetas y columnas y ponerles refuerzo.

Paso 4 -- Configurar las paredes que formarán el sistema sismo-resistente

Ir al **Numeral 6.4 ¿Cómo hacen las estructuras de cajón para resistir sismos?**, especialmente las secciones “**¿Cuántas paredes debe haber en una edificación de mampostería?**”, “**el conteo de las paredes**” la cual incluye las siguientes reglas:

- sólo cuentan las paredes que van de piso a cielo, o sea las paredes que aparecen entre vanos de ventanas y puertas; los sillares no cuentan.

- Toda pared que tenga menos de 1.20 m de largo NO cuenta; es demasiado corta para trabajar bien.
- Si las celdas huecas de las paredes cortas se llenan de grout, o se funden completas en concreto, entonces se permite sumar a la cuenta de paredes la mitad de su longitud horizontal.

Será necesario usar los importantes **Cuadros 6-D1, 6-D2 o 6-D3** que están en la sección “**Resistencia sísmica de las paredes de mampostería**”.

Ir a la **Sección 6.6 ¿Cómo deben distribuirse las paredes?** Especialmente las secciones “Paredes bien y mal repartidas” y “Regla para lograr buena distribución de paredes” que dice lo siguiente:

- Dividir la planta de la edificación en tres franjas imaginarias de igual ancho en cada dirección.
- En cada una de las franjas debe quedar por lo menos el 25% de las paredes que se necesitan en la dirección examinada.
- Puede haber más paredes de las que se necesitan pero nunca menos

Siguiendo estas reglas será posible configurar el esquema sismo-resistente final con los tipos y clases de block adecuados para sismo.

Paso 5: Ubicar las mochetas y soleras y seleccionar su refuerzo

En la **Sección 6.5 – Ubicación y refuerzo de mochetas y soleras** se indica cómo es el procedimiento. La sección 6.5 a su vez recurre al **Capítulo 5 – Refuerzo de la mampostería** para utilizar los Cuadros donde se especifica el refuerzo que deben llevar las mochetas y las soleras.

Paso 6: Configurar la cimentación del proyecto

En la **Sección 6.7 – Cimentación de edificaciones de mampostería** se describe paso a paso cómo determinar el tamaño y refuerzo de los cimientos corridos bajo las paredes y las zapatas que deben ir en los puntos de carga concentrada.

Paso 7: Refuerzo de las losas

Como hay varias opciones desde losas fundidas en el sitio hasta losas hechas con viguetas prefabricadas el tópico de reforzar losas no se incluyó en el manual. Las opciones y procedimientos están en un fascículo relacionado al manual:

- **Guía Simplificada de Diseño**
Losas de Concreto Reforzado para Edificación Menor
– **Incluye losas fundidas en sitio y losas de viguetas prefabricadas –**

El caso de techos de lámina también se trata con un fascículo relacionado al manual:

- **Guía Simplificada de Diseño**
Edificación Menor con Techos de Lámina
-- **Incluye artesonados de madera o metal –**
-

AGIES confía en que este manual para diseño sismo-resistente de edificaciones de block cumpla su función de ayudar a mejorar la construcción en Guatemala

Use el documento complementario

**Cuaderno de Ejercicios y Ejemplos Resueltos
para uso con el Manual de Diseño Simplificado
de Mampostería de Block de Concreto**

para complementario

ANEXO 1

AMENAZA DE SISMO Y VIENTO EN CADA MUNICIPIO

Este listado está copiado de la Norma NSE 4 – 2013 que a su vez es una simplificación del listado de amenaza sísmica y de viento por municipio en el Anexo A de la nueva edición revisada de la Norma NSE 2

En la Norma NSE 4-2013 la amenaza sísmica en cada municipio está representada únicamente por el Índice de Sismicidad de la Norma NSE 2. La amenaza de viento está representada por un índice literal “A” para amenaza superior y “B” para amenaza de viento estandar.

Municipio		Departamento	zona de sismo	zona de viento
No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
1	Acatenango	Chimaltenango	4	B
2	Agua Blanca	Jutiapa	3	B
3	Aguacatán	Huehuetenango	4	B
4	Almolonga	Quetzaltenango	4	B
5	Alotenango	Sacatepéquez	4	B
6	Amatitlán	Guatemala	4	B
7	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	4	B
8	Asunción Mita	Jutiapa	4	B
9	Atescatempa	Jutiapa	4	B
10	Ayutla	San Marcos	4	B
11	Barberena	Santa Rosa	4	B
12	Cabañas	Zacapa	4	B
13	Cabricán	Quetzaltenango	4	B
14	Cajola	Quetzaltenango	4	B
15	Camotán	Chiquimula	3	B
16	Canillá	Quiché	4	B
17	Cantel	Quetzaltenango	4	B
18	Casillas	Santa Rosa	4	B
19	Catarina	San Marcos	4	B
20	Chahal	Alta Verapaz	3	B
21	Chajul	Quiché	3	B
22	Champerico	Retalhuleu	4	A
23	Chiantla	Huehuetenango	4	B
24	Chicacao	Suchitepéquez	4	B
25	Chicamán	Quiché	3	B
26	Chiché	Quiché	4	B
27	Chichicastenango	Quiché	4	B
28	Chimaltenango	Chimaltenango	4	B
29	Chiautla	Guatemala	4	B
30	Chinique	Quiché	4	B
31	Chiquimula	Chiquimula	3	B
32	Chiquimulilla	Santa Rosa	4	A
33	Chisec	Alta Verapaz	3	B
34	Chuarrancho	Guatemala	4	B
35	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	4	B
36	Coatepeque	Quetzaltenango	4	A
37	Cobán (Norte)	Alta Verapaz	3	B
38	Colomba	Quetzaltenango	4	B
39	Colotenango	Huehuetenango	4	B
40	Comapa	Jutiapa	4	A

41	Comitancillo	San Marcos	4	B
42	Concepción	Sololá	4	B
43	Concepción Chiquirichapa	Quetzaltenango	4	B
44	Concepción Huista	Huehuetenango	3	B
45	Concepción Las Minas	Chiquimula	3	B
46	Concepción Tutuapa	San Marcos	4	B
47	Conguaco	Jutiapa	4	A
48	Cubulco	Baja Verapaz	4	B
49	Cuilapa	Santa Rosa	4	B
50	Cuilco	Huehuetenango	4	B
51	Cunén	Quiché	3	B
52	Cuyotenango	Suchitepéquez	4	A
53	Dolores	Petén	2	B
54	El Adelanto	Jutiapa	4	A
55	El Asintal	Retalhuleu	4	A
56	El Estor	Izabal	3	A
57	El Jícaro	El Progreso	4	B
58	El Palmar	Quetzaltenango	4	B
59	El Progreso	Jutiapa	4	B
60	El Quetzal	San Marcos	4	B
61	El Rodeo	San Marcos	4	B
62	El Tejar	Chimaltenango	4	B
63	El Tumbador	San Marcos	4	A
64	Escuintla	Escuintla	4	A
65	Esquipulas	Chiquimula	3	B
66	Esquipulas Palo Gordo	San Marcos	4	B
67	Estanzuela	Zacapa	4	B
68	Flores	Petén	2	B
69	Flores Costa Cuca	Quetzaltenango	4	A
70	Fraijanes	Guatemala	4	B
71	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	3	B
72	Génova	Quetzaltenango	4	A
73	Granados	Baja Verapaz	4	B
74	Gualán	Zacapa	4	B
75	Guanagazapa	Escuintla	4	A
76	Guatatoya	El Progreso	4	B
77	Guatemala	Guatemala	4	B
78	Guazacapán	Santa Rosa	4	A
79	Huehuetenango	Huehuetenango	4	B

No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
80	Huitán	Quetzaltenango	4	B
81	Huité	Zacapa	4	B
82	Ipala	Chiquimula	3	B
83	Ixcán	Quiché	3	B
84	Ixchiguan	San Marcos	4	B
85	Iztapa	Escuintla	4	B
86	Jacaltenango	Huehuetenango	3	B
87	Jalapa	Jalapa	4	B
88	Jalpatagua	Jutiapa	4	A
89	Jerez	Jutiapa	4	A
90	Jocotán	Chiquimula	3	B
91	Jocotenango	Sacatepéquez	4	B
92	Joyabaj	Quiché	4	B
93	Jutiapa	Jutiapa	4	B
94	La Democracia	Escuintla	4	A
95	La Democracia	Huehuetenango	4	B
96	La Esperanza	Quetzaltenango	4	B
97	La Gomera	Escuintla	4	A
98	La Libertad	Huehuetenango	4	B
99	La Libertad	Petén	2	B
100	La Reforma	San Marcos	4	B
101	La Unión	Zacapa	4	B
102	Lanquín	Alta Verapaz	3	B
103	Livingston	Izabal	4	A
104	Los Amates	Izabal	4	A
105	Magdalena Milpas Altas	Sacatepéquez	4	B
106	Malacatán	San Marcos	4	A
107	Malacatancito	Huehuetenango	4	B
108	Masagua	Escuintla	4	A
109	Mataquescuintla	Jalapa	4	B
110	Mazatenango	Suchitepéquez	4	B
111	Melchor de Mencos	Petén	2	B
112	Mixco	Guatemala	4	B
113	Momostenango	Totonicapán	4	B
114	Monjas	Jalapa	4	B
115	Morales	Izabal	4	A
116	Morazán	El Progreso	4	B

No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
117	Moyuta	Jutiapa	4	A
118	Nahualá	Sololá	4	B
120	Nentón	Huehuetenango	3	B
121	Nueva Concepción	Escuintla	4	A
122	Nueva Santa Rosa	Santa Rosa	4	B
123	Nuevo Progreso	San Marcos	4	B
124	Nuevo San Carlos	Retalhuleu	4	A
125	Ocós	San Marcos	4	A
126	Olintepeque	Quetzaltenango	4	B
127	Olopa	Chiquimula	3	B
128	Oratorio	Santa Rosa	4	A
129	Pachalum	Quiché	4	B
130	Pajapita	San Marcos	4	A
131	Palencia	Guatemala	4	B
132	Palestina de Los Altos	Quetzaltenango	4	B
133	Palín	Escuintla	4	A
134	Panajachel	Sololá	4	B
135	Panzós	Alta Verapaz	3	B
136	Parramos	Chimaltenango	4	B
137	Pasaco	Jutiapa	4	A
138	Pastores	Sacatepéquez	4	B
139	Patulul	Suchitepéquez	4	A
140	Patzicía	Chimaltenango	4	B
141	Patzité	Quiché	4	B
142	Patzún	Chimaltenango	4	B
143	Pochuta	Chimaltenango	4	B
144	Poptún	Petén	2	B
145	Pueblo Nuevo	Suchitepéquez	4	A
146	Pueblo Nuevo Viñas	Santa Rosa	4	B
147	Puerto Barrios	Izabal	4	A
148	Purulhá	Baja Verapaz	4	B
149	Quesada	Jutiapa	4	B
150	Quetzaltenango	Quetzaltenango	4	B
151	Quetzaltepeque	Chiquimula	3	B
152	Rabinal	Baja Verapaz	4	B
153	Raxruhá	Alta Verapaz	3	B
154	Retalhuleu	Retalhuleu	4	A
155	Río Blanco	San Marcos	4	B
156	Río Bravo	Suchitepéquez	4	A
157	Río Hondo	Zacapa	4	B
158	Sacapulas	Quiché	4	B

No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
159	Salamá	Baja Verapaz	4	B
160	Salcajá	Quetzaltenango	4	B
161	Samayac	Suchitepéquez	4	B
162	San Agustín Acasaguastlán	El Progreso	4	B
163	San Andrés	Chimaltenango	4	B
164	San Andrés	Petén	2	B
165	San Andrés Sajcabajá	Quiché	4	B
166	San Andrés Semetabaj	Sololá	4	B
167	San Andrés Villa Seca	Retalhuleu	4	A
168	San Andrés Xecul	Totonicapán	4	B
169	San Antonio Aguas Calientes	Sacatepéquez	4	B
170	San Antonio Huista	Huehuetenango	3	B
171	San Antonio Ilootenango	Quiché	4	B
172	San Antonio La Paz	El Progreso	4	B
173	San Antonio Palopó	Sololá	4	B
174	San Antonio Sacatepéquez	San Marcos	4	B
175	San Antonio Suchitepéquez	Suchitepéquez	4	A
176	San Bartolo	Totonicapán	4	B
177	San Bartolomé Jocotenango	Quiché	4	B
178	San Bartolomé Milpas Altas	Sacatepéquez	4	B
179	San Benito	Petén	2	B
180	San Bernardino	Suchitepéquez	4	A
181	San Carlos Alzatate	Jalapa	4	B
182	San Carlos Sija	Quetzaltenango	4	B
183	San Cristóbal Acasaguastlán	El Progreso	4	B
184	San Cristóbal Cucho	San Marcos	4	B
185	San Cristóbal Totonicapán	Totonicapán	4	B
186	San Cristóbal Verapaz	Alta Verapaz	3	B
187	San Diego	Zacapa	4	B
188	San Felipe	Retalhuleu	4	B
189	San Francisco	Petén	2	B
190	San Francisco El Alto	Totonicapán	4	B
191	San Francisco La Unión	Quetzaltenango	4	B
192	San Francisco Zapotitlán	Suchitepéquez	4	B
193	San Gabriel	Suchitepéquez	4	B
194	San Gaspar Ixchil	Huehuetenango	4	B
195	San Ildefonso Ixtahuacán	Huehuetenango	4	B
196	San Jacinto	Chiquimula	3	B
197	San Jerónimo	Baja Verapaz	4	B
198	San José (Escuintla)	Escuintla	4	B

Municipio	zona de sismo	zona de viento
199 San José (Petén)	2	B
200 San José Acatempa	4	B
201 San José Chacayá	4	B
202 San José del Golfo	4	B
203 San José El Ídolo	4	A
204 San José La Arada	3	B
205 San José Ojetenam	4	B
206 San José Pinula	4	B
207 San José Poaquil	4	B
208 San Juan Atitán	4	B
209 San Juan Bautista	4	B
210 San Juan Chamelco	3	B
211 San Juan Comalapa	4	B
212 San Juan Cotzal	3	B
213 San Juan Ermita	3	B
214 San Juan Ixcoy	3	B
215 San Juan La Laguna	4	B
216 San Juan Ostuncalco	4	B
217 San Juan Sacatepéquez	4	B
218 San Juan Tecuaco	4	B
219 San Lorenzo	4	B
220 San Lorenzo	4	B
221 San Lucas Sacatepéquez	4	B
222 San Lucas Tolimán	4	B
223 San Luis	3	B
224 San Luis Jilotepeque	3	B
225 San Manuel Chaparrón	4	B
226 San Marcos	4	B
227 San Marcos La Laguna	4	B
228 San Martín Jilotepeque	4	B
229 San Martín Sacatepéquez	4	B
230 San Martín Zapotitlán	4	B
231 San Mateo Ixtatán	3	B
232 San Mateo	4	B
233 San Miguel Acatán	3	B
234 San Miguel Chicaj	4	B
235 San Miguel Dueñas	4	B
236 San Miguel Ixtahuacán	4	B
237 San Miguel Panán	4	B
238 San Miguel Petapa	4	B

No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
239	San Miguel Sigüilá	Quetzaltenango	4	B
240	San Pablo	San Marcos	4	B
241	San Pablo Jocopilas	Suchitepéquez	4	B
242	San Pablo La Laguna	Sololá	4	B
243	San Pedro Ayampuc	Guatemala	4	B
244	San Pedro Carchá	Alta Verapaz	3	B
245	San Pedro Jocopilas	Quiché	4	B
246	San Pedro La Laguna	Sololá	4	B
247	San Pedro Necta	Huehuetenango	4	B
248	San Pedro Pinula	Jalapa	4	B
249	San Pedro Sacatepéquez	Guatemala	4	B
250	San Pedro Sacatepéquez	San Marcos	4	B
251	San Pedro Soloma	Huehuetenango	3	B
252	San Rafael La Independencia	Huehuetenango	3	B
253	San Rafael Las Flores	Santa Rosa	4	B
254	San Rafael Petzal	Huehuetenango	4	B
255	San Rafael Pie de la Cuesta	San Marcos	4	B
256	San Raymundo	Guatemala	4	B
257	San Sebastián	Retalhuleu	4	A
258	San Sebastián Coatán	Huehuetenango	3	B
259	San Sebastián Huehuetenango	Huehuetenango	4	B
260	San Vicente Pacaya	Escuintla	4	B
261	Sanarate	El Progreso	4	B
262	Sansare	El Progreso	4	B
263	Santa Ana	Petén	2	B
264	Santa Ana Huista	Huehuetenango	3	B
265	Santa Apolonia	Chimaltenango	4	B
266	Santa Bárbara	Huehuetenango	4	B
267	Santa Bárbara	Suchitepéquez	4	A
268	Santa Catalina La Tinta	Alta Verapaz	3	B
269	Santa Catarina Barahona	Sacatepéquez	4	B
270	Santa Catarina Ixtahuacán	Sololá	4	B
271	Santa Catarina Mita	Jutiapa	4	B
272	Santa Catarina Palopó	Sololá	4	B
273	Santa Catarina Pinula	Guatemala	4	B
274	Santa Clara La Laguna	Sololá	4	B
275	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango	4	B
276	Santa Cruz Barillas	Huehuetenango	3	B
277	Santa Cruz del Quiché	Quiché	4	B
278	Santa Cruz el Chol	Baja Verapaz	4	B

No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
279	Santa Cruz La Laguna	Sololá	4	100 kph
280	Santa Cruz Muluá	Retalhuleu	4	B
281	Santa Cruz Naranjo	Santa Rosa	4	B
282	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	3	B
283	Santa Eulalia	Huehuetenango	3	B
284	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	4	A
285	Santa Lucía La Reforma	Totonicapán	4	B
286	Santa Lucía Milpas Altas	Sacatepéquez	4	B
287	Santa Lucía Utatlán	Sololá	4	B
288	Santa María Cahabón	Alta Verapaz	3	B
289	Santa María Chiquimula	Totonicapán	4	B
290	Santa María de Jesús	Sacatepéquez	4	B
291	Santa María Ixhuatán	Santa Rosa	4	B
292	Santa María Visitación	Sololá	4	B
293	Santa Rosa de Lima	Santa Rosa	4	B
294	Santiago Atitlán	Sololá	4	B
295	Santiago Chimaltenango	Huehuetenango	4	B
296	Santiago Sacatepéquez	Sacatepéquez	4	B
297	Santo Domingo Suchitepéquez	Suchitepéquez	4	B
298	Santo Domingo Xenacoj	Sacatepéquez	4	B
299	Santo Tomás La Unión	Suchitepéquez	4	B
300	Sayaxché	Petén	2	B
301	Senahú	Alta Verapaz	3	B
302	Sibilia	Quetzaltenango	4	B
303	Sibinal	San Marcos	4	B
304	Sipacapa	San Marcos	4	B
305	Siquinalá	Escuintla	4	A
306	Sololá	Sololá	4	B
307	Sumpango	Sacatepéquez	4	B
308	Tacaná	San Marcos	4	B
309	Tactic	Alta Verapaz	3	B
310	Tajumulco	San Marcos	4	B
311	Tamahú	Alta Verapaz	3	B
312	Taxisco	Santa Rosa	4	A
313	Tecpán Guatemala	Chimaltenango	4	B
314	Tectitán	Huehuetenango	4	B
315	Teculután	Zacapa	4	B
316	Tejutla	San Marcos	4	B
317	Tiquisate	Escuintla	4	A
318	Todos Santos Cuchumatán	Huehuetenango	4	B

No.	Municipio	Departamento	zona de sismo	zona de viento
319	Totonicapán	Totonicapán	4	B
320	Tucurú	Alta Verapaz	3	B
321	Unión Cantinal	Huehuetenango	4	B
322	Uspantán	Quiché	3	B
323	Usumatlán	Zacapa	4	B
324	Villa Canales	Guatemala	4	B
325	Villa Nueva	Guatemala	4	B
326	Yepocapa	Chimaltenango	4	B
327	Yupiltepeque	Jutiapa	4	B
328	Zacapa	Zacapa	4	B
329	Zacualpa	Quiché	4	B
330	Zapotitlán	Jutiapa	4	B
331	Zaragoza	Chimaltenango	4	B
332	Zunil	Quetzaltenango	4	B
333	Zunilito	Suchitepéquez	4	B
334	Las Cruces	Petén	2	B

para cometer cario

ANEXO 2**COMPENDIO DE CUADROS DE DISEÑO SIMPLIFICADO**

Para facilitar el uso de los cuadros de diseño se han reunido en este anexo.

Si se tiene interés en detalles de su uso hay que referirse a la sección correspondiente en el texto principal.

Cuadro 5-A Comparación de capacidades de barras Grado 40 y “hierro de alta resistencia” (grado 70)					
Calibre	Sección (cm ²)	Grado	Capacidad nominal (libras)	Capacidad “de emergencia”	observaciones
# 2 (lisa))	0.32	30	1500	No aplica	Solo para estribo y eslabones
4.5 mm	0.159	70	1700	No tiene	Solo para estribos y eslabones y en malla soldada para uso en losas
5.5 mm	0.24	70	2600	No tiene	en malla soldada para losas; NO para mocheta
6.2 mm o 6.4 mm	0.30 0.32	70	3200 3450	No tiene	El mínimo para usar en mochetas y se pueden usar en losas
# 3	.71	40	4400	25 % más	Uso general
# 4	1.27	40	7800	25 % más	Uso general
# 5	2.0	40	12300	25 % mas	Uso general

CUADRO 5-B REFUERZO DE LAS MOCHETAS PRINCIPALES ARREGLOS (BARRAS GRADO 40)								
	tipo de block	espesor de pared	Clase de Block			Clase de Block		
			sección mocheta	A	B	sección mocheta	C	D
El refuerzo vale para: casa de un piso y para el último piso de casas de 2 y 3 pisos	Block DT	19 cm	19 x 20	4#4+2#3	4#4	19 x 15	6#3	6#3
	Block DT	14 cm	14 x 20	4#4	6#3	14 x 15	2#4+2#3	4#3
	block UT	19 cm	19 x 20	4#4	4#4	19 x 15	2#4+2#3	2#4+2#3
	block UT	14 cm	14 x 20	6#3	6#3	14 x 15	4#3	4#3
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 20	4#5+2#3	4#5	19 X 20	4#4+2#3	4#4
El refuerzo vale para: primer piso de casa de 2 pisos y segundo piso en casa de 3 pisos	Block DT	19 cm	19 x 20	4#5+2#3	4#5	19 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3
	Block DT	14 cm	14 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3	14 x 20	4#4	2#4+2#3
	block UT	19 cm	19 x 20	6#4	6#4	19 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3
	block UT	14 cm	14 x 20	4#4+2#3	4#4	14 x 20	4#4	6#3
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 30	4#5+4#4	4#5+2#4	19 X 25	4#5+2#3	4#5
El refuerzo vale para: primer piso de casa de 3 pisos	Block DT	19 cm	19 x 25	4#5+2#4	4#5+2#3	19 x 20	4#5	4#4+2#3
	Block DT	14 cm	14 x 25	4#5	4#4+2#3	14 x 20	4#4	4#4
	block UT	19 cm	19 x 30	4#5+2#3	4#5	19 x 20	4#4+2#3	4#4+2#3
	block UT	14 cm	14 x 30	6#4	4#4+2#3	14 x 20	4#4	4#4
	Block DT o UT con graut	19 cm	19 x 40	4#5+4#4	6#5	19 X 30	4#5+2#3	4#5+2#3
1 # 5 1.9 cm² 1 # 4 1.2 cm² 1 # 3 0.7 cm²			ejemplos: 4 barras #4 son $4 \times 1.2 = 4.8 \text{ cm}^2$ 4 barras # 4 + 4 barras #3 son 7.6 cm^2 Refuerzo mínimo: 4 #3 = 2.8 cm^2					
			<ol style="list-style-type: none"> la cantidad de acero fue calculada con barras A615 grado 40 La cantidad puede reducirse al 70 % usando acero grado 60 certificado La cantidad de acero DEBE aumentarse en 20 % usando acero sin certificación El acero de mochetas principales NO es sustituible por el acero llamado de "alta resistencia" (varillas de esa clase ya fueron estiradas en fábrica a su límite útil para endurecerlas , eso reduce su factor de seguridad por sismo - no deben usarse en mochetas principales) 					

CUADRO 5-C REFUERZO DE LAS MOCHETAS PRINCIPALES											
AREAS DE ACERO EN CM ²			(BARRAS GRADO 40)								
tipo de block	espesor de pared	Clase de Block sección mocheta	A	B	Clase de Block sección mocheta	C	D				
Las áreas de acero en este grupo valen para: casa de un piso y para el último piso de casas de 2 y 3 pisos	Block DT 19 cm	19 x 20	5.7	4.9	19 x 15	4.0	3.5				
	Block DT 14 cm	14 x 20	4.3	3.8	14 x 15	3.1	2.7				
	block UT 19 cm	19 x 20	5.1	4.4	19 x 15	3.6	3.1				
	block UT 14 cm	14 x 20	3.9	3.3	14 x 15	2.8	2.4				
	Block DT o UT con graut 19 cm	19 X 20	8.2	7.1	19 X 20	5.7	5.0				
Las áreas de acero en este grupo valen para: primer piso de casa de 2 pisos y segundo piso en casa de 3 pisos	Block DT 14 cm	14 x 25	6.0	5.2	14 X 20	4.2	3.7				
	Block DT 19 cm	19 x 20	8.5	7.4	19 x 20	6.0	5.2				
	Block DT 14 cm	14 x 20	6.5	5.6	14 x 20	4.6	4.0				
	block T 19 cm	19 x 20	7.6	6.6	19 x 20	5.4	4.7				
	block T 14 cm	14 x 20	5.8	5.0	14 x 20	4.1	3.5				
Las áreas de acero en este grupo valen para: primer piso de casa de 3 pisos	Block DT o UT con graut 19 cm	19 x 30	12.2	10.6	19 X 25	8.6	7.5				
	Block DT o UT con graut 14 cm	14 x 30	9.0	7.8	14 X 25	6.3	5.5				
	Block DT 19 cm	19 x 25	9.5	8.2	19 x 20	6.7	5.8				
	Block DT 14 cm	14 x 25	7.2	6.3	14 x 20	5.1	4.4				
	block T 19 cm	19 x 30	8.5	7.4	19 x 20	6.0	5.2				
	block T 14 cm	14 x 30	6.4	5.6	14 x 20	4.5	3.9				
	Block DT o UT con graut 19 cm	19 x 40	13.5	11.7	19 X 30	9.5	8.3				
	Block DT o UT con graut 14 cm	14 x 40	10.0	8.6	14 X 30	7.0	6.1				
	1 # 5	1.9 cm ²		ejemplos: 4 barras #4 son 4 x 1.2 = 4.8 cm ²							
	1 # 4	1.2 cm ²		4 barras # 4 + 4 barras #3 son 7.6 cm ²							
	1 # 3	0.7 cm ²		Refuerzo mínimo: 4 #3 = 2.8 cm ²							
	1.	la cantidad de acero fue calculada con barras A615 grado 40									
	2.	La cantidad puede reducirse al 70 % usando acero grado 60 certificado									
	3.	La cantidad de acero DEBE aumentarse en 20 % usando acero sin certificación									
	4.	El acero de mochetas principales NO es sustituible por el acero llamado de "alta resistencia" (varillas de esa clase ya fueron estiradas en fábrica a su límite útil para endurecerlas, eso reduce su factor de seguridad por sismo - no deben usarse en mochetas principales)									

Cuadro 5-D Soleras principales – tamaño y refuerzo			
	Ancho cm	Alto cm	refuerzo
Solera de humedad	14 o 19	20	4 #3 estribos #2 @ 20 cm
Soleras de entrepiso	14 o 19	20	4 #4 estribos #2 @ 20 cm
Solera de azotea	14 o 19	20	4 #3 estribos #2 @ 20 cm

CUADRO 5-E Soleras intermedias y Refuerzo Vertical Intermedio					
	espesor de pared				
	14 cm		19 cm		
Opción con Refuerzo inter-block	1 solera 4#3 14x20	2 soleras 2[2#3] 2[14x10]	1 solera 4#3 19x20	2 soleras 2[2#3] 2[19x10]	
	pin #3 @ pin #4 @ pin #5 @	0.80 1.20 **	0.80 1.20 **	0.40 0.60 1.00	0.40 0.80 1.00
opción mocheta intermedia refuerzo y tamaño	S < 2.0	n/a	n/a	n/a	n/a
	S = 2.5	2 #3 11x14	2#3 11x14	2 #4 11x19	2 #4 14x19
	S = 3.0	2 #3 11x14	2#3 11x14	4 #3 14x19	4 #3 14x19
	S = 3.5	1#3+1#4 11x14	1#3+1#4 11x14	2#3+2#4 14x19	2 #3+2 #4 14x19
	S = 4.0	1#3+1#4 11x14	1#3+1#4 11x14	2#3+2#4 14x19	2 #3+2 #4 14x19
	S = 4.5	2 #4 11x14	2 #4 11x14	4 #4 14x19	4 #4 14x19
<p>Nota 1: "S" es la separación que queda entre mochetas principales</p> <p>Nota 2: n/a significa "no aplica"; si las mochetas principales quedaron a menos de 3.0 metros de distancia omita la mocheta intermedia</p> <p>Nota 3: Usar refuerzo inter-block genralizadamente como refuerzo inter-medio produce una mejor calidad de pared</p>					

CUADRO 6 -A MÉTODO SIMPLIFICADO						
Área tributaria que puede soportar una pared						
coeficientes del cuadro son el área tributaria en m ² que se permite que soporte 1 m lineal de pared						
forma de uso: Determinar Capacidad Tributaria $C_t = \text{longitud de pared} \times \text{coeficiente del cuadro}$						
Comparar Capacidad (C_t) con Área Tributaria Real (A_t) (At debe incorporar los m ² tributarios del propio nivel y de pisos superiores cuando hay)						
tipo block	espesor pared cm	% área neta	clase de block	A B C D	colocación del mor- tero	concreto clase 210
block DT	19	0.53	9.1	6.9 4.5 3.4	lecho completo	
block DT	14	0.55	7.0	5.3 3.5 2.6	lecho completo	
block DT	19	0.53	8.2	6.2 4.1 3.1	lecho parcial	
block DT	14	0.55	6.3	4.7 3.1 2.4	lecho parcial	
block UT	19	0.50	7.8	5.9 3.9 2.9	lecho parcial	
block UT	14	0.51	5.9	4.4 2.9 2.2	lecho parcial	
block UT o DT	19	0.80	12.5	9.4 6.2 4.7	todas las celdas con graut	18.2 13.4
block UT o DT	14	0.80	9.2	6.9 4.6 3.5		
pared concreto	19	1.00				8.6 15.3
pared concreto	14	1.00				
columna	30 x 30					8.6
columna	40 x 40					15.3
notas						
block DT	tabique central de la unidad es doble					
block UT	tabique central de la unidad es simple					
Parámetros de cálculo		ver fascículo AGIES de soporte técnico				
$W_u = 1800 \text{ lb/m}^2$						

CUADRO 6 - B
Tamaño y refuerzo de vigas para entrepisos y azoteas

concreto	clase	210
refuerzo	grado	40

Características de la viga (Longitud, ancho de viga, alto de viga incluyendo losa)							
Largo (m)	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5
b cm	14 o 19*	14 o 19*	19	19	19	19	19
h cm	30	30	30	35	35	35	35
Área Tributaria	Refuerzo arriba y refuerzo abajo especificado en cm²						
13 m²	3.0	3.8	4.6	3.8	4.5	5.2	5.9
12 m²	2.8	3.5	4.3	3.5	4.1	4.7	5.4
10 m²	2.5	2.9	3.5	3.1	3.4	3.9	4.4
8 m²	2.5	2.5	2.8	3.1	3.1	3.1	3.5
6 m² o menos	2.5	2.5	2.5	3.1	3.1	3.1	3.1
Área Tributaria	Refuerzo arriba y refuerzo abajo especificado en barras grado 40						
13 m²	3#4	3#4	2#5+1#4	3#4	2#5+1#4	2#5+1#4	3#5
12 m²	3#4	3#4	2#5+1#4	3#4	2#5+1#4	2#5+1#4	2#5+1#4
10 m²	2#4	3#4	3#4	3#4	3#4	2#5	2#5+1#4
8 m²	2#4	2#4	3#4	3#4	3#4	3#4	3#4
6 m² o menos	2#4	2#4	2#4	3#4	3#4	3#4	3#4
	estribo #2 @15				estribo #2 @ 12 cm		

w lb/m² (servicio) 1155

acero mínimo 0.005 bd

* Donde el ancho es 14 o 19, usar 14 si solo se indican 2 varillas y 19 si se indican 3.

**Cuadro 6-C
MOCHETAS DE CARGA**

Para colocar en extremos y esquinas de paredes que reciben vigas Instalar la mocheta de este Cuadro o las del Cuadro 5 A según la que sea mayor

Construcción de 1 nivel

Número de vigas que llegan a la mocheta		pared 14 cm		pared 19 cm	
1	viga	14 x 14	4#4	19 x 15	4#4
2	vigas	14 x 14	4#4	19 x 15	4#4
3	vigas	14 x 20	4#4	19 x 20	4#4

Construcción de 2 niveles

Número de vigas que llegan a la mocheta		pared 14 cm		pared 19 cm	
1	viga	14 x 14	4#4	19 x 20	4#4
2	vigas	14 x 30	6#4	19 x 20	4#4
3	vigas	25 x 25	8#4	25 x 25	8#4

Construcción de 3 niveles

Número de vigas que llegan a la mocheta		pared 14 cm		pared 19 cm	
1	viga	14 x 20	6#4	19 x 20	6#4
2	vigas	25 x 25	8#4	25 x 25	8#4
3	vigas	30 x 30	8#4	30 x 30	8#4

COLUMNAS AISLADAS

Para áreas libres soportadas en columnas, portones y corredores

Advertencia: las columnas son para resistir pesos encima de ellas

NO cuentan para resistir sismo, solo las paredes pueden

Número de vigas que llegan a la columna aislada	1 nivel	2 niveles	3 niveles
2 vigas	25 x25 4#5	25x25 4#5	25x25 4#5
3 vigas	25 x25 4#5	25x25 4#5	30x30 8#5
4 vigas	25 x25 4#5	30x30 8#5	35x35 8#5
estribos		arreglos de 4 barras Estribo #2 @ 10 cm	
		arreglos de 8 barras Estribo #2 @ 10 cm + bocadillo #2 @10	

CUADRO 6-D Zona sísmica Anaranjada
Método Simplificado – Capacidad Sismo-resistente
de paredes de mampostería confinada de block
Cantidad de metros cuadrados de construcción
Que puede retener 1 metro lineal de pared

forma de uso:

Conforme a la clase de block y modalidad de levantado que tenga en su proyecto
 sume [longitudes de paredes x coeficientes de tabla] = área posible a construir
 compare el área posible obtenida con el área real a construir -- debe ser mayor o igual

Cuadro para municipio en zona sísmica anaranjada

tipo block	espesor de pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mortero
			A	B	C	D	
block DT	19	0.53	14.8	12.9	10.5	9.1	lecho completo
block DT	14	0.55	11.4	9.9	8.0	7.0	lecho completo
block DT	19	0.53	14.1	12.2	9.9	8.6	lecho parcial
block DT	14	0.55	10.8	9.4	7.6	6.6	lecho parcial
block UT	19	0.50	13.3	11.6	9.4	8.2	lecho parcial
block UT	14	0.51	10.1	8.8	7.1	6.2	lecho parcial
block UT o DP	19	0.80	21.3	18.5	15.0	13.1	todas las celdas con graut
block UT o DP	14	0.80	15.7	13.6	11.1	9.6	

notas

block DT tabique central de la unidad es doble
 block UT tabique central de la unidad es simple

Parámetros de cálculo

ver fascículo AGIES de soporte técnico

$$Cf = 0.28$$

$$Wu = 1800 \text{ lb/m}^2$$

CUADRO 6-D Zona sísmica Amarilla
Método Simplificado – Capacidad Sismo-resistente
de paredes de mampostería confinada de block

**Cantidad de metros cuadrados de construcción
que puede retener 1 metro lineal de pared**

forma de uso:

Conforme a la clase de block y modalidad de levantado que tenga en su proyecto

sume [longitudes de paredes x coeficientes de tabla] = área posible a construir

compare el área posible obtenida con el área real a construir -- debe ser mayor o igual

Cuadro para municipio en zona sísmica amarilla

tipo block	espesor de pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mortero
			A	B	C	D	
block DT	19	0.528	20.8	18.0	14.6	12.7	lecho completo
block DT	14	0.549	15.9	13.8	11.2	9.8	lecho completo
block DT	19	0.528	19.7	17.1	13.9	12.1	lecho parcial
block DT	14	0.549	15.1	13.1	10.6	9.3	lecho parcial
block UT	19	0.5	18.7	16.2	13.2	11.5	lecho parcial
block UT	14	0.514	14.1	12.3	10.0	8.7	lecho parcial
block UT o DT	19	0.5	29.9	25.9	21.0	18.3	todas las celdas con graut
block UT o DT	14	0.514	22.0	19.1	15.5	13.5	

notas

block DT tabique central de la unidad es doble

block UT tabique central de la unidad es simple

Parámetros de cálculo

ver fascículo AGIES de soporte técnico

Cf = 0.20	Wu = 1800	lb/m ²
-----------	-----------	-------------------

CUADRO 6-D Zona Sísmica Blanca
Método Simplificado – Capacidad Sismo-resistente
de paredes de mampostería de block confinada
Cantidad de metros cuadrados de construcción
Que puede retener 1 metro lineal de pared

Conforme a la clase de block y modalidad de levantado que tenga en su proyecto sume [longitudes de paredes x coeficientes de tabla] = área posible a construir

compare el área posible obtenida con el área real a construir -- debe ser mayor o igual

Cuadro para municipio en zona sísmica blanca

tipo block	espesor de pared cm	% área neta	clase de block				colocación del mortero
			A	B	C	D	
block DT	19	0.528	32.0	27.7	22.5	19.6	lecho completo
block DT	14	0.549	24.5	21.2	17.3	15.0	lecho completo
block DT	19	0.528	30.3	26.3	21.4	18.6	lecho parcial
block DT	14	0.549	23.2	20.2	16.4	14.3	lecho parcial
block UT	19	0.5	28.7	24.9	20.2	17.6	lecho parcial
block UT	14	0.514	21.8	18.9	15.3	13.3	lecho parcial

notas

block DT tabique central de la unidad es doble
 block UT tabique central de la unidad es simple

Parámetros de cálculo

ver fascículo AGIES de soporte técnico

Cf = 0.13	Wu = 1800 lb/m²
------------------	-----------------------------------

CUADRO 6-E1							
método simplificado							
Ancho de cimiento corrido centrado en pared según el tipo y clase de levantado de block							
Para suelos de calidad aceptable – capacidad 10 Tm/m² o mayor							
forma de uso: Según las características del levantado de block leer el tipo de cimiento corrido, después busque en el Cuadro 6-F el ancho, espesor y refuerzo -- otras características del cimiento en Figura 6-28 A							
tipo block	espesor de pared cm	Clase de block				colocación del mortero	
		A	B	C	D		
block DT	19	CC6	CC4	CC2	CC1	lecho completo	
block DT	14	CC4	CC3	CC1	CC1	lecho completo	
block DT	19	CC5	CC3	CC2	CC1	lecho parcial	
block DT	14	CC3	CC2	CC1	CC1	lecho parcial	
block UT	19	CC5	CC3	CC1	CC1	lecho parcial	
block UT	14	CC3	CC2	CC1	CC1	lecho parcial	
block UT o DT	19	CC7	CC6	CC3	CC2	todas las celdas con graut	
block UT o DT	14	CC6	CC4	CC2	CC1		
notas							
block DT	tabique central de la unidad es doble						
block UT	tabique central de la unidad es simple						
Parámetros de cálculo		ver fascículo AGIES de soporte técnico Peso estructura = 1,800 lb/m ² ancho de cimiento calculado conforme a capacidad del levantado Capacidad soporte = 10 Tm/m ²					

CUADRO 6-E2**método simplificado****Ancho de cimiento corrido excéntrico de lindero
según el tipo y clase de levantado de block**Para suelos de calidad aceptable-- Capacidad 10 Tm/m² o mayor**forma de uso:** Según las características del levantado de block

leer el tipo de cimento corrido, después

busque en el cuadro 6-F2 el ancho, espesor y refuerzo --

Busque otras características del cimiento en Figura 6-28 B

Tipo block	Espesor de pared cm	Clase de block				Colocación del mortero	
		A	B	C	D		
block DT	19	CC8-L	CC6-L	CC3-L	CC2-L	lecho completo	
block DT	14	CC6-L	CC4-L	CC2-L	CC1-L	lecho completo	
block DT	19	CC7-L	CC5-L	CC3-L	CC2-L	lecho parcial	
block DT	14	CC5-L	CC3-L	CC2-L	CC1-L	lecho parcial	
block UT	19	CC7-L	CC5-L	CC2-L	CC1-L	lecho parcial	
block UT	14	CC5-L	CC3-L	CC1-L	CC1-L	lecho parcial	
block UT o DT	19	CC9-L	CC8-L	CC5-L	CC3-L	todas las celdas con graut	
block UT o DT	14	CC8-L	CC6-L	CC3-L	CC2-L		

notas

block DT tabique central de la unidad es doble

block UT tabique central de la unidad es simple

Parámetros de cálculo	ver fascículo AGIES de soporte técnico Peso estructura =1,800 lb/m² ancho de cimiento calculado conforme a capacidad del levantado
	Capacidad soporte = 10 Tm/m² con sobre-esfuerzo de 50%

**CUADRO 6-F1
DIMENSIONES Y REFUERZOS DE CIMIENTOS CORRIDOS**

Forma de uso: Determine el tipo de cimiento con el Cuadro 6-E1

Geometría del cimiento en **Figura 6-28 A**

Concreto 210 -- refuerzo Grado 40

tipo	B	T	Refuerzo transversal	Refuerzo longitudinal
CC7	1.00	0.20	#3@0.18	5#3
CC6	0.80	0.18	#3@0.20	4#3
CC5	0.70	0.18	#3@0.22	4#3
CC4	0.60	0.18	#3@0.25	4#3
CC3	0.50	0.18	#3@0.25	3#3
CC2	0.40	0.18	#3@0.25	3#3
CC1	0.30	0.18	#3@0.25	3#3

**CUADRO 6-F2
DIMENSIONES Y REFUERZOS DE CIMIENTOS CORRIDOS DE LINDERO**

Forma de uso: Determine el tipo de cimiento con el Cuadro 6-E2

Geometría del cimiento en **Figura 6-28 B**

Concreto 210 -- refuerzo Grado 40

tipo	B	T	Refuerzo transversal	Refuerzo longitudinal
CC9-L	1.35	0.22	#4@0.28	6#3
CC8-L	1.00	0.20	#3@0.18	4#3
CC7-L	0.90	0.18	#3@0.20	4#3
CC6-L	0.80	0.18	#3@0.25	4#3
CC5-L	0.70	0.18	#3@0.25	3#3
CC4-L	0.60	0.18	#3@0.25	3#3
CC3-L	0.50	0.18	#3@0.25	3#3
CC2-L	0.40	0.18	#3@0.25	3#3
CC1-L	0.30	0.18	#3@0.25	3#3

Cuadro 6-G Zapas para mochetas de carga y columnas aisladas						
número de vigas que llegan a la mocheta de carga	zapata interior			zapata de lindero		
	1 nivel	2 niveles	3 niveles	1 nivel	2 niveles	3 niveles
1 viga	Z1	Z2	Z3	Z1-L	Z2-L	Z3-L
2 vigas	Z2	Z4	Z5	Z2-L	Z4-L	Z5-L
3 vigas	Z3	Z5	Z7			
número de vigas que llegan a la columna aislada						
1 viga	Z1	Z2	Z3	Z1-L	Z2-L	Z3-L
2 vigas	Z2	Z4	Z5	Z2-L	Z4-L	Z5-L
3 vigas	Z3	Z5	Z7	Z3-L	Z5-L	Z6-L
4 vigas	Z4	Z6	Z8			

Cuadro 6-H Planilla de zapatas-tipo						
zapata interior				zapata de lindero		
tipo	tamaño L x L	espesor T	refuerzo	tipo	tamaño L x L	espesor T
Z1	0.50	0.18	#3 a 20	Z1-L	0.60	0.18
Z2	0.70	0.18	#3 a 20	Z2-L	0.80	0.20
Z3	0.85	0.20	#4 a 30	Z3-L	1.00	0.20
Z4	1.00	0.20	#4 a 30	Z4-L	1.20	0.25
Z5	1.20	0.25	#4 a 25	Z5-L	1.40	0.30
Z6	1.40	0.30	#4 a 20	Z6-L	1.70	0.40
Z7	1.50	0.35	#5 a 28			
Z8	1.70	0.40	#5 a 25			

ANEXO 3

GLOSARIO DE TÉRMINOS LOCALES

Arrastre / Nivel de arrastre: El nivel superior de una fundición de concreto; los “arrastres” son las guías puestas en el encofrado para saber cuál es el nivel superior delcolado de concreto.

Block: Palabra de uso generalizado en Guatemala, designa un bloque hueco de concreto (“un block”) o designa colectivamente los bloques (“está bueno el block”) o bien designa al sistema constructivo (“una casa de block”)

Block pómez: Block hecho con una argamasa de cemento y arena pómez.

Block DT: término utilizado en este manual para designar los blocks que tienen doble tabique al centro de la unidad; véase Sección 4.2 de este manual; el nombre popular de este tipo de unidad de block es “block pineado”, designación que no se usa en este manual.

Block UT: término utilizado en este manual para designar los blocks que tienen un solo tabique al centro de la unidad; véase Sección 4.2 de este manual; el nombre popular de este tipo de unidad de block es “block tabique”, designación que no se usa en este manual.

Clase de block: block Clase A, B C, designa la resistencia del block – véase “tipo” de block

Graut: anglicismo, deriva de “grout” transscrito según su pronunciación en inglés; se utiliza el término en el manual porque no es una lechada de cemento, ni un mortero de cemento, ni concreto ni es estrictamente una “pasta” de cemento; la palabra “graut” logra una identificación inequívoca de la mezcla requerida.

Formaleta: molde o encofrado para recibir y conformar el concreto fresco.

Fundir concreto: colar concreto fresco.

Levantado: la fábrica o paño construido de pared

Levantado de soga / en doble soga: levantado de mampostería colocando las unidades a lo largo en un aparejo escalonado. Doble soga: hacer un doble levantado de mampostería para lograr un ancho mayor de pared. Levantado de punta: hacer el levantado colocando las unidades transversalmente (no se usa en levantados de block)

Mezcla: nombre popular del mortero hecho con arenas de pómez y cal hidratada; la palabra no se usa en el manual; tampoco se recomienda el uso de este tipo de mortero. Véase “savieta”.

Mezclón: mortero voluminoso de baja densidad, hecho con arenas de pómez y aglomerado con cal; se utiliza para hacer rellenos sobre los entrepisos o para recubrir azoteas de losa de concreto

Muñeco: nombre popular que recibe un tramo muy corto de pared (usualmente un metro o menos) localizado entre vanos de ventanas o entre ventanas y puertas; se considera una palabra de uso práctico que se usa ocasionalmente en el texto de este manual.

Mocheta: la palabra es castiza y se relaciona con el marco interior de puertas y ventanas. En Guatemala el término se utiliza generalizadamente en construcción para designar los refuerzos verticales de la mampostería confinada: es un elemento vertical de concreto reforzado con 4 barras de acero o a veces sólo dos; es del espesor de la pared con sección

cuadrada o rectangular y queda oculto al aplicar los acabados de pared. El término se utiliza extensamente en el manual porque en el país es muy clara la diferencia entre una “mocheta” y una “columna”; la columna es un elemento de carga aislado de una pared y la “mocheta” siempre queda conceptualmente asociada e incorporada a las paredes de mampostería y se sobre-entiende que se funde después de levantada la pared en el espacio específicamente dejado para ella en la pared.

Piedrín: grava; es el agregado grueso de la mezcla de concreto.

Pin: nombre popular de los refuerzos inter-block; celda de un bloque hueco de concreto reto rellena de grout con una varilla de refuerzo; el término no se utiliza en el manual sino “refuerzo inter-block”

Savieta: nombre popular del mortero hecho con arena basáltica o caliza y cemento con trazas de cal hidratada; la palabra no se usa en el manual; Se usa la palabra “mortero” seguida del tipo M o S

Selecto (Material Selecto): nombre popular del material no-cohesivo obtenido de un depósito de ignimbrita (depósito denso de ceniza volcánica), estos depósitos en su estado natural son zanjeables y la mayoría constituye un buen lecho de cimentación con altas capacidades soporte.

Sisa del levantado de pared: el espacio lleno de mortero entre unidades de mampostería vecinas.

Solera: elemento horizontal de concreto reforzado incorporado en las paredes de mampostería confinada; es la contraparte horizontal de las mochetas; se distingue de una “viga” porque la solera está incorporada en un levantado de pared.

Solera de humedad: nombre que reciben en Guatemala las soleras que están a nivel de piso; su propósito original era servir de barrera de humedad; resulta ser parte importante del tejido de refuerzo confinante de la mampostería confinada.

Solera de remate: es la solera superior de un levantado de pared; es parte importante del refuerzo confinante de la mampostería confinada.

Talpetate: nombre popular de un suelo intemperizado de origen volcánico que presenta cierto nivel de cohesión sin ser una arcilla; es un suelo canjeable, volumétricamente estable, generalmente apropiado para cimentar estructuras livianas.

Tarima: la obra temporal para sostener la formaleta de las losas de concreto reforzado; el “**Nivel de Tarima**” designa el nivel inferior de una losa.

Tipo de block: se refiere a la geometría del block (block UT o DT) – véase “clase” de block.

ANEXO 4

BIBLIOGRAFÍA Y ACUERDOS DE COOPERACIÓN

Referencias bibliográficas

AGIES NSE 2 –(2010), Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala – Demandas Estructurales, Condiciones de Sitio y Niveles de Protección”, publicadas por AGIES / CONRED

AIS – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ca. 2001), “**Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo-Resistente de Viviendas de mampostería**”, LA RED - La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Colombia.

Blondet, M. editor (2005), “**Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería – para albañiles y maestros de obra**”, Pontificia U. Católica del Perú y SENCICO, Perú.

Building Code Requirements for Masonry Structures ACI 530-11 (2011), The Masonry Society, American Concrete Institute and Structural Engineering Institute.

Klingner, R. E. (2011), “**Especificación, Diseño y Cálculo de Mampostería**”, Instituto Costarricense de Cemento y Concreto (ICCCYC), San José, Costa Rica
Presentado por el autor como un libro de apuntes sobre diseño en mampostería para Ingeniería, arquitectura y construcción.

Marroquín, H. y J.L.Gándara (1982), “La Vivienda Popular en Guatemala antes y después del Terremoto de 1976”, Tomos I y II, CII, CIFA, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Información a la Construcción, CICON / USAC

Meli, R, S. Brzev, M. Astroza, T. Boen, F. Crisafulli, J. Dai, M. farsi, T. hart,A. mebarki, A.S. Moghadam, D. Quiun, M. Tomazevic, L. Yamin (2011), “**Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings**”, World Housing Encyclopedia, EERI & IAEE.

Ministerio de transporte e Infraestructura (2011), “Nueva Cartilla de la Construcción”, Cuido de edición: PAVSA, Managua, Nicaragua

FHA -- Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (última versión ca. 2012), “Normas de Planificación y Construcción” (aplica a vivienda de 1 y 2 niveles)), publicado por FHA, Guatemala.

Programa nacional de Prevención y Mitigación ante Desastres (2009 – 2011), Vicepresidencia de Guatemala y CONRED Coordinadora Ncional para la Reducción de Desastres

Acuerdos de Cooperación de AGIES con organizaciones e institutos técnicos

Hasta la fecha de publicación de esta edición del manual AGIES ha hecho acuerdos con varios institutos técnicos que operan en Guatemala y con una organización de cooperación internacional con el fin de coordinar programas de capacitación para sus instructores y poder disseminar por esta vía los conceptos de Diseño Simplificado de Mampostería con Refuerzo Confinante. También ha habido contactos formales con la iniciativa privada interesada en tecnificar a su clientela de insumos de productos de construcción.

A continuación una lista de estos acuerdos y/o contactos formales a marzo de 2014.

para comentario

ANEXO 5

CONSTRUCCIÓN DE ADOBE - POR QUÉ NO HAY QUE USARLA

Los adobes son maquetas de materiales terrosos hechas de ciertos suelos que al mezclarlos con agua forman pastas moldeables que se ponen a secar al sol para que se solidifiquen. Como los adobes no son cocidos a altas temperaturas, la maqueta no se consolida en forma permanente; su resistencia es muy baja (por eso son tan grandes); necesitan recubrimientos o mucho mantenimiento porque al exponerlos al agua otra vez se deterioran o simplemente se deshacen si el material base es malo.

En Guatemala el principal problema con el adobe tradicional es que el material base tiende a ser malo o muy malo. Casi todo el suelo es de origen volcánico (excepto en los departamentos al norte). El suelo volcánico puede ser arena o ceniza volcánica (llamada "material selecto"). Hay un tercer suelo volcánico llamado **LIMO** (que es lo que corrientemente llamamos "tierra") que al mojarlo se vuelve lodo.

Ni la arena, ni el "selecto" sirven para hacer adobes porque al secarse se desmoronan. De manera que en casi toda Guatemala los adobes se hacen de LIMO -- o sea los adobes son, ni más ni menos, que maquetas de **lodo seco** al que se agrega zacate para que para que no se raje demasiado. Y el mortero que se usa para unir los adobes entre sí es el mismo material (lodo) aunque a veces se consigue algo de barro para hacer el mortero y mejorar la unión.



En otros lugares del mundo se consigue fácilmente **arcilla (o sea barro)** en el mismo lugar donde se construye. Eso permite hacer adobes de mejor calidad porque el barro ya moldeado y seco no acepta humedad fácilmente, por lo que es más estable y más resistente. Muchas personas y hasta algunas ONG's no aprecian esta diferencia entre el adobe de barro (que se logra en otros sitios como Perú y Nuevo México en los EUA) y nuestro adobe de limo y a veces insisten en promover su uso. Pero el adobe de limo, en general, es un material sin remedio, y si lo mejoramos ya no es tan económico y fácil y de lograrlo y para utilizarlo habría que traer camionadas de barro de algún sitio distante. Para eso más práctico conseguir un buen block.

Y si tratáramos de ponerle mochetas y soleras, estas serían del espesor de la pared de adobe y tampoco resultarían económicas. Además el concreto y el adobe NO son muy compatibles (no se "llevan bien" como decimos) por la diferencia de resistencias.



Adobes hechos de limo con refuerzo vegetal

No hay cohesión y el material se disuelve o se pulveriza a la menor presión



Figura 5-03

Intención de reforzar adobe

Este es un caso atípico de adobe típico hecho de limocon refuerzo de mochetas y soleras
(Sumpango, Sacatepéquez)

Nótese como cerca del suelo los adobes ya se han deteriorado por la humedad y han perdido material.

El adobe reforzado así es raro de hallar ya que el propietario dispuesto a pagar por mochetas y soleras prefiere adquirir block.