



# MANUAL TÉCNICO SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE PANEL

Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU),  
"Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano" (MOPTVDU)

San Salvador, El Salvador, C.A.



*Viceministro de Vivienda y Desarrollo Urbano*

## **RECOMENDABLE TÉCNICO NÚMERO: 001-2011**

Yo, Edin de Jesús Martínez, en carácter de Viceministro de Vivienda y Desarrollo Urbano, y con el uso de mis facultades, hago del conocimiento a todas aquellas instituciones públicas del Gobierno Central y Gobierno Municipal y del Sector privado dedicadas al ámbito de la construcción de vivienda, que dentro de la Política Pública en el ramo de vivienda y construcción, se ha llevado a cabo un proceso de investigación de una nueva tecnología de material de construcción concerniente al sistema constructivo Bloque Panel; el cual fue introducido al país luego de los terremotos ocurridos en enero y febrero del año 2001, como una alternativa inmediata para dar respuesta a la reconstrucción del País.

Siendo así que el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, solicitó Cooperación Técnica a los Gobiernos de Japón y México, para desarrollar un proceso de investigación teórica y experimental al “Sistema Constructivo Bloque Panel”, con el fin de robustecer y describir la Sismo-Resistencia en él. Luego de llevar a cabo la revisión teórica y de ensayos a modelos de paredes la investigación experimental fue finalizada, contando ahora con resultados favorables en la seguridad estructural para el uso, adopción e incorporación de esta nueva tecnología al sector construcción para la vivienda social.

Por lo expuesto anteriormente este Viceministerio, como medidas de difusión, hace del conocimiento de las instituciones antes mencionadas, el Manual Técnico y RECOMIENDA que se adopte y se tome en cuenta la incorporación del “Sistema Constructivo Bloque Panel”, como una alternativa tecnológica más, compuesta por materiales innovadores, para atender las necesidades de la vivienda social con calidad, en la República de El Salvador.

Dado en la ciudad de San Salvador, a las diez horas del día veinticinco del mes de mayo del año dos mil once.



**Lic. Edin de Jesús Martínez**  
Viceministro de Vivienda y Desarrollo Urbano

*San Salvador, El Salvador, Centroamérica.*





Proyecto “Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente”

Proyecto TAISHIN Fase II

# **MANUAL TÉCNICO SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE PANEL**

San Salvador, 11 de octubre de 2010

1a edición marzo de 2011

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.  
Plantel La Lechuza, Carretera a Santa Tecla Km 5 ½,  
San Salvador, República de El Salvador, C.A.  
Tel.: (503) 2528 – 3000.  
e-mail: info@mop.gob.sv

Todos los derechos reservados. Queda prohibido reproducir, transmitir o almacenar cualquier parte de esta publicación, en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico fotocopiado, grabado o de otro tipo, sin autorización previa del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.

**COORDINACIÓN TÉCNICA:**

En conjunto con equipo de investigación y equipo de fortalecimiento institucional – Proyecto TAISHIN, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.

**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:**

Equipo de difusión - Proyecto TAISHIN

**Impresión**

Imprenta La Tarjeta S.A. de C.V.  
Col. Dina 39 Av. Sur No 1609,  
San Salvador, El Salvador.  
PBX: +503 2121-4100  
TEL: +503 2242-6131  
WEB: www.imprentalatarjeta.com

# Índice

INTRODUCCIÓN .....	7
CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	8
1.1 Descripción del sistema bloque panel .....	8
1.2 Descripción de los elementos componentes del sistema.....	8
1.3 Consideraciones generales de diseño arquitectónico.....	9
1.4 Consideraciones constructivas.....	10
1.4.1. Requerimientos generales del proceso constructivo.....	11
1.4.2. Generalidades sobre el control y aseguramiento de calidad en la ejecución.....	11
CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ELEMENTOS COMPONENTES.....	15
2.1 Especificaciones técnicas de la unidad de bloque panel.....	15
2.1.1. Dimensiones y tolerancias.....	15
2.1.2. Características físicas y mecánicas de la unidad de bloque panel .....	17
2.1.3. Acabado de las unidades.....	18
2.2 Especificaciones técnicas de columnas prefabricadas .....	18
2.2.1. Dimensiones y tolerancias.....	18
2.2.2. Características físicas y mecánicas de columnas .....	18
2.3 Procedimientos de ensayo.....	21
2.3.1. Ensayos en elementos.....	21
2.3.2. Ensayos en componentes.....	22
CAPITULO 3: DISEÑO ESTRUCTURAL – MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO.....	23
3.1 Generalidades.....	23
3.2 Fundamentación teórica del método simplificado de cálculo .....	23
3.3 Comportamiento estructural.....	23
3.3.1. Comportamiento estructural esperado bajo carga lateral en el plano.....	24
3.3.2. Comportamiento estructural esperado bajo carga fuera del plano .....	25
3.4 Procedimiento de diseño y/o revisión estructural .....	26
3.4.1. Procedimiento de cálculo considerando carga lateral en el plano.....	26
3.4.2. Procedimiento de cálculo considerando carga fuera del plano.....	28
3.5 Detalles estructurales de elementos de concreto colados en el sitio.....	30
3.6 Conexiones .....	33
3.7 Contenido de planos estructurales.....	34
3.8 Criterios estructurales de aceptación del sistema bloque panel .....	34

CAPITULO 4: PROCESO CONSTRUCTIVO .....	36
4.1 Actividades previas.....	36
4.1.1. Organización física de patios de recepción de materiales.....	36
4.1.2. Logística de transporte, recepción y almacenamiento de elementos prefabricados.....	37
4.1.3. Entendimiento-discusión de planos y planteamiento de estrategia constructiva.....	37
4.2 Trazo y nivelación .....	37
4.3 Excavación y verificación de la capacidad de soporte del suelo de fundación .....	38
4.4 Armado de cimentaciones.....	38
4.5 Colocación de columnas.....	38
4.6 Propiedades del concreto y proceso de colocación.....	41
4.7 Construcción de paredes.....	42
4.8 Solera de coronamiento .....	42
4.9 Cargadero de puertas y ventanas.....	43
4.10 Construcción de estructura de techo y cubierta.....	44
4.11 Colocación de puertas y ventanas .....	48
4.12 Colocación de ductos para electricidad y agua potable.....	50
4.13 Acabados.....	51
4.14 Pisos .....	51
ANEXO A: FABRICACION DE ELEMENTOS COMPONENTES .....	53
a.1. Fabricación de elementos componentes.....	55
a.2. Características de las plantas de producción y secuencia productiva.....	55
a.2.1. Infraestructura básica de las plantas de producción.....	55
a.2.2. Recurso humano.....	57
a.2.3. Características generales del equipo de producción.....	58
a.2.4. Descripción general del ciclo de producción.....	59
a.3. Proceso de fabricación del bloque panel y columnas .....	60
a.3.1. Especificaciones técnicas de los materiales.....	60
a.3.2. Proceso de fabricación .....	60
a.3.3. Control de elementos fabricados en la producción .....	61
ANEXO B: EJEMPLO DE APLICACIÓN PRÁCTICA PARA EL DISEÑO Y/O REVISIÓN ESTRUCTURAL DEL SISTEMA BLOQUE PANEL.....	63
b.1. Ejemplo para la aplicación del diseño y/o revisión estructural.....	65

## INTRODUCCIÓN

La tecnología del Sistema Constructivo Bloque Panel, fue adoptada por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), a través del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología CYTED, la cual fue replicada por dicha Institución en la ayuda a la reconstrucción de las viviendas destruidas por los terremotos que afectaron a El Salvador el 13 de enero y 13 de febrero del año 2001.

Ante las graves consecuencias dejadas por los terremotos al parque habitacional del país, especialmente en la vivienda social, en el año 2003, el Gobierno de El Salvador a través del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU), recibe el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), para realizar una sinergia enmarcada en la cooperación técnica triangular Sur-Sur, donde los Gobiernos de Japón, México y El Salvador, desarrollarían el Proyecto “Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo Resistente”, conocido como Proyecto TAISHIN FASE I, y teniendo como socios estratégicos a la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), la Universidad de El Salvador (UES), la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) y al Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) como el propietario y coordinador del proyecto TAISHIN, sumándose en la FASE II, el Instituto Salvadoreño de la Construcción (ISC).

Siendo así que en la agenda desarrollada en el marco del Proyecto TAISHIN FASE I, se consideró

pertinente realizar la Investigación Experimental al Sistema Constructivo Bloque Panel, por ser una tecnología desconocida en el país, debiendo ser objeto de validación de los requisitos mínimos establecidos en la “Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas en El Salvador” del año 1997, y así determinar su comportamiento estructural a través de pruebas en modelos a escala natural en el Laboratorio de Estructuras Grandes LEG-UCA, fundado en el marco de la Cooperación Técnica.

Los resultados han sido satisfactorios, ya que se ha comprobado que a nivel estructural el sistema funciona adecuadamente ante los eventos sísmicos, es decir que se puede asegurar que posee características de sismo resistencia, por lo que representa una alternativa más como sistema constructivo para la vivienda social.

Después de todo un proceso de sinergia se deriva el presente Manual Técnico, diseñado como herramienta práctica para profesionales y técnicos de la Ingeniería y Arquitectura en el uso y aplicación de criterios básicos del Sistema Constructivo Bloque Panel, como: modulación arquitectónica, especificaciones técnicas de materiales, criterios de diseño estructural y recomendaciones del proceso constructivo, facilitando su aplicación en el diseño y construcción de la vivienda social de una planta.

Proyecto TAISHIN:

Comité Coordinador Conjunto

Comité Técnico

Componentes de: Investigación, Difusión y Fortalecimiento Institucional.

# CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Este capítulo tiene como finalidad presentar al usuario del Manual Técnico un panorama conceptual del sistema bloque panel, describiendo de forma general el sistema, sus elementos componentes y las principales consideraciones arquitectónicas y estructurales que permitan conocer y comprender de mejor manera el contenido de los capítulos posteriores.

## 1.1 Descripción del sistema bloque panel.

El Sistema Constructivo "Bloque Panel" es una alternativa de construcción con características sismo resistentes que tiene como principio básico la utilización de columnas prefabricadas de concreto armado y bloques de concreto denominados unidades de bloque panel, los cuales funcionan como relleno entre las columnas para la construcción de paredes.

Los componentes del sistema se caracterizan por ser no combustibles, por la facilidad de modulación en diversidad de elementos, no requiere de acabados especiales y es de rápida instalación en su montaje.

## 1.2 Descripción de los elementos componentes del sistema.

### La unidad de bloque panel:

La unidad de bloque panel es un elemento de concreto con las siguientes dimensiones nominales: 20 cm de alto, 10 cm de ancho y longitud variable de 75 cm, 90 cm y 98 cm, que pueden ser modulados horizontalmente entre ejes de columnas de 0.85m, 1.00m y 1.08m respectivamente.

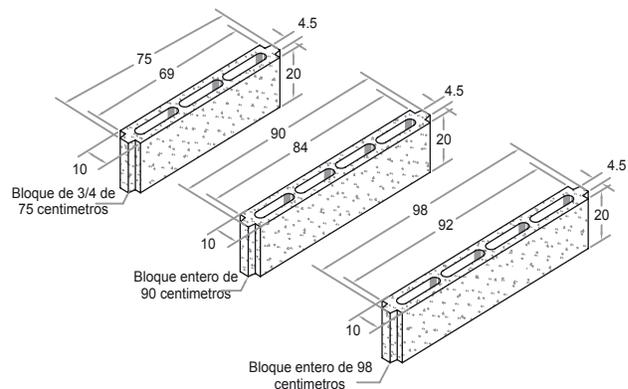
La unidad de bloque panel es un elemento de concreto, con una composición de cemento, arena, gravilla o chispa y escoria volcánica. En la figura 1.1 se presentan la geometría y dimensiones de la unidad de bloque panel.

El peso promedio de las unidades de bloque panel en sus diferentes medidas son:

Bloque entero de 98 cm: 55 libras.

Bloque entero de 90 cm: 50 libras.

Bloque tres cuartos de 75 cm: 42.5 libras.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

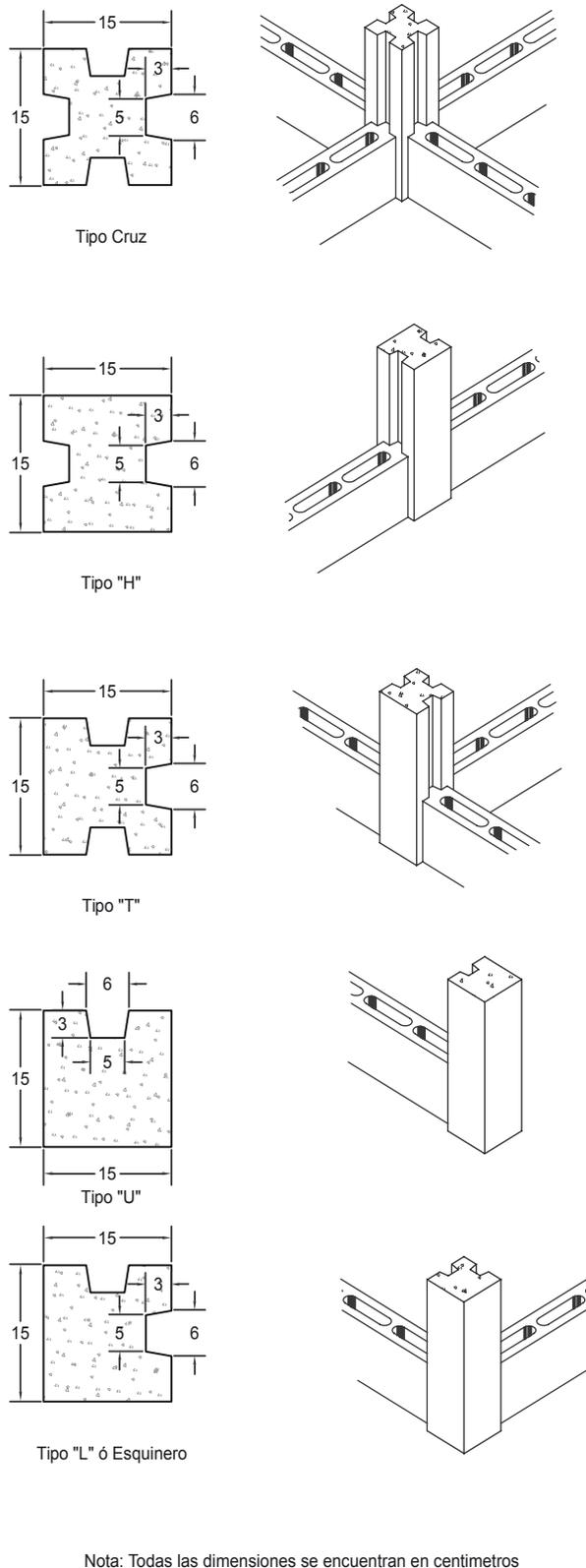
Figura 1.1 Dimensiones de unidades de bloque panel.

### La columna prefabricada

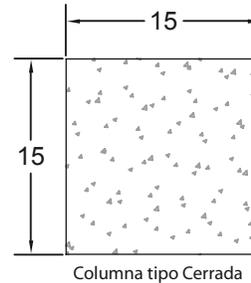
Son columnas de concreto armado con refuerzo longitudinal de 7.2 mm y transversal de 4.5 mm, de alta resistencia (grado 70 o mayor). Las columnas tienen canales de ensamblaje especiales que permiten lograr la conexión estructural con las unidades de bloque panel en intersecciones en H, Cruz, T, U y Esquinero ó L, (Ver figura 1.2).

Las dimensiones de la sección transversal son de 15 x 15 cm y se producen desde 2 m hasta 4 m de altura. El peso por metro lineal de columna es de 95 libras.

Los requisitos de fabricación de los elementos prefabricados se presentan en el Anexo A: FABRICACION DE ELEMENTOS COMPONENTES.



Además de las columnas con canales de ensamble, existe una columna sin canales que puede ser utilizada para integrar un espacio de corredor similar al modelo de vivienda de interés social propuesto en el Anexo C, cuando no se requiera conexión con unidades de bloque panel. Las dimensiones nominales de la columna son: de 15 x 15 cm en su sección transversal y altura variable desde 2 m hasta 4 m (Ver figura 1.2 a).



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 1.2a: Sección transversal de columna sin canal.

### 1.3 Consideraciones generales de diseño arquitectónico.

La configuración arquitectónica con el sistema bloque panel está limitada a paredes ortogonales, con modulaciones específicas según el tamaño de la unidad de bloque panel, de 0.85 m, 1.00 m y 1.08 m, que son los módulos entre ejes de columnas que se pueden utilizar con los bloques de 75, 90 y 98 cm respectivamente. La modulación entre ejes de 1.08 m permite dejar un hueco para el uso de puertas y ventanas con medidas estándar. (Ver detalle de modulaciones horizontales en figuras 1.3, 1.4 y 1.5).

La altura libre máxima establecida en paredes es de 3.30 m a partir del piso terminado a cumbrera, con el uso de columnas de 4 m de altura, considerando un nivel de desplante de 50 cm desde el terreno natural y 70 cm desde nivel de piso terminado interior (Ver figura 1.6).

En sentido vertical, la modulación es de 20.5 cm de altura entre cada hilada como máximo, considerando una junta de pega de 5 mm como

Figura 1.2 Secciones transversales típicas y sus respectivos ensambles.



del proceso constructivo y los aspectos fundamentales de control y aseguramiento de calidad. Se ha dedicado el Capítulo 4 para profundizar en aspectos relacionados al proceso constructivo.

#### *1.4.1. Requerimientos generales del proceso constructivo.*

El proceso constructivo del sistema bloque panel tiene como principio la optimización de los materiales, de los trabajos a realizar en campo y de todos los recursos involucrados en cada proceso. En general se identifican dos grupos de elementos, el primero lo conforman los elementos prefabricados de concreto (unidades bloque panel y columnas de concreto) descritas en la sección 1.2, los cuales se elaboran en una planta de producción y se transportan al sitio de la obra, teniéndose un control de calidad implícito en cada elemento. El segundo grupo corresponde a elementos de concreto colados en el sitio, conformado por soleras de fundación, de coronamiento y dinteles ó cargaderos en puertas y ventanas. Los detalles de los elementos de concreto colados el sitio se explican ampliamente en las secciones 3.5 y 3.6 del presente manual.

Los aspectos básicos que se deben tener presentes al utilizar el sistema bloque panel pueden resumirse en lo siguiente:

- a) Debido a que el sistema es modular, las tareas de trazo, excavación, localización y posicionamiento de columnas, deben tener un buen control durante el proceso constructivo.
- b) El Sistema Constructivo Bloque Panel no necesita de un transporte especial ni de grúas para el movimiento interno de los elementos en el sitio de la obra ni para su montaje.

- c) Es necesario plantear una organización física de patios de recepción y almacenamiento de los elementos prefabricados.
- d) Para obtener adecuados rendimientos de construcción es conveniente organizar el transporte por paquetes de vivienda completos, considerando el peso máximo que se puede enviar según la capacidad del vehículo a utilizar, por ejemplo: Un camión de 8 toneladas puede transportar hasta 60 columnas de diferentes dimensiones ó 320 unidades de bloque panel entero de 98 cm.
- e) Es necesario un entrenamiento previo y básico relacionado con el entendimiento de planos, manejo y montaje de elementos prefabricados dirigido a maestros de obra, albañiles y auxiliares.
- f) El sistema bloque panel se caracteriza por tener conexiones en las siguientes zonas de unión: columnas - unidades bloque panel, solera de fundación - columnas, solera de coronamiento - columnas, por tanto, cumplir con los detalles de conexión exigidos por el sistema resulta fundamental para el adecuado desempeño estructural esperado (ver Sección 3.6).
- g) El sistema bloque panel puede ser completado con diversidad de estructuras para techo en relación con el tipo de cubierta, tales como, láminas acanaladas de fibrocemento, láminas de zinc, teja tipo romana ó micro concreto, etc.

#### *1.4.2. Generalidades sobre el control y aseguramiento de calidad en la ejecución.*

El control y aseguramiento de la calidad deberá regirse según se establece en la Propuesta de Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas, 2004, del Ministerio de Obras Públicas,

Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU), Capítulo 7: Cimentaciones y Capítulo 9: Supervisión y Control de Calidad.

### **Cimentaciones.**

Generalidades.

a) Deberá realizarse un estudio geotécnico que proporcione la información necesaria y suficiente para llevar a cabo un proyecto capaz de brindar seguridad a quienes lo habitarán. El estudio en cuestión deberá contener:

1. Los resultados de las pruebas de laboratorio.
2. Una descripción de la estratigrafía del sitio.
3. La capacidad de carga admisible y última del suelo de sustentación, asociada al tipo de cimentación.
4. Los desplazamientos verticales debidos a las cargas que se transmitirán a la masa de suelo y los que pudieran generarse por la saturación de los suelos.

b) Toda vivienda debe cimentarse sobre un suelo estable con una capacidad de soporte adecuada ó sobre rellenos debidamente compactados que garanticen una transferencia efectiva de las cargas al suelo. En ningún caso deberá cimentarse apoyada sobre capa vegetal, rellenos sueltos, materiales degradables, inestables o susceptibles de erosión o socavación.

c) Los rellenos bajo cimentaciones deben ser realizados en capas sueltas de hasta 250 mm de espesor utilizando equipo mecánico hasta alcanzar el 90 por ciento de la densidad máxima seca obtenida en el laboratorio, según norma ASTM D-1557 y ASTM D-558, con humedades aproximadas a la óptima ( $\pm 2\%$ ).

- d) Las viviendas que vayan a ser construidas en suelos de condiciones especiales por inestabilidad lateral, pendientes superiores al 30%, baja capacidad de soporte, baja densificación o compactación, o suelos expansivos deben ser objeto de un estudio especial realizado por profesionales calificados en el área de geotecnia y de diseño estructural, siguiendo los requisitos del Reglamento y las Normas Técnicas.
- e) Los suelos para cimentación deben de consistir de suelos sanos, libres de materiales orgánicos u otros materiales que alteren el comportamiento de las cimentaciones con el tiempo y deberá asegurarse un adecuado drenaje de la zona a fin de evitar saturaciones del suelo que afecten sus características mecánicas.

### **Estudio Geotécnico.**

Para el diseño y construcción de viviendas que formen parte de proyectos habitacionales, la investigación geotécnica deberá considerar como mínimo lo siguiente:

- a) La profundidad de las exploraciones dependerá de las condiciones del subsuelo pero no será inferior a cuatro metros, salvo en los casos de encontrarse suelos densos ( $N > 50$  golpes / pie), o roca sana y libre de irregularidades, en cuyo caso podrá ser menor. Las profundidades anteriores deberán ser incrementadas o disminuidas de acuerdo a las alturas de corte o rellenos proyectados para terraza.
- b) En suelos arcillosos altamente plásticos (compresibles o expansivos) deberán obtenerse muestras inalteradas para realizar los ensayos de resistencia al esfuerzo cortante y de deformabilidad (consolidación o expansión libre).
- c) Realizar los ensayos de laboratorio correspondientes que ayuden a definir

la solución geotécnica particular para el proyecto en desarrollo.

- d) Analizar los resultados de las exploraciones geotécnicas y los de las pruebas de laboratorio.

### **Supervisión.**

- a) El supervisor deberá verificar que las disposiciones establecidas en los documentos contractuales y que los procedimientos constructivos establecidos en este manual sean ejecutadas y cumplidas adecuadamente.
- b) Los proyectos habitacionales de 20 ó más viviendas deberán ser objeto de una supervisión estructural continúa.
- c) Los proyectos habitacionales de menos de 20 viviendas deberán ser objeto al menos de una supervisión estructural itinerante.
- d) La supervisión será responsable que la construcción de las viviendas se realice de acuerdo a los planos estructurales y a los requerimientos mínimos exigidos por el presente manual y otras normas, y que las medidas correctivas indicadas, si las hubiere, fueron tomadas en cuenta durante la construcción.

### **Criterios para la Supervisión.**

- a) Verificar que las recomendaciones del estudio geotécnico tanto de carácter general como las referentes a la cimentación y/o muros de retención han sido respetadas y debidamente puestas en práctica.
- b) Verificar que las dimensiones, profundidad de desplante y refuerzo de las cimentaciones se encuentren en conformidad con lo señalado en los planos estructurales aprobados.
- c) Los elementos y unidades deben ser del tipo y calidad especificada en este manual.
- d) Los materiales y elementos prefabricados se deben encontrar libre de polvo, grasa, aceite o cualquier otra sustancia o elemento que dificulte su colocación o que reduzca su

capacidad de adherencia.

- e) Las varillas de refuerzo deben ser del diámetro y grado indicado en los planos estructurales y/o especificaciones del presente manual.
- f) Los anclajes de las columnas a las soleras deben ser como se especifica en el presente manual.
- g) El mortero y el concreto no debe ser fabricado en contacto con el suelo o materiales absorbentes, y sin el control de su dosificación.
- h) Las juntas deben quedar completamente rellenas de mortero.
- i) El espesor de la junta debe ser lo especificado en este manual.
- j) En el colado de los elementos se debe garantizar que el concreto se haya colocado sin dejar vacíos (colmenas).

### **Criterios de muestreo y ensayos para el control de calidad.**

El muestreo y ensayos de los materiales serán practicados de acuerdo con lo establecido en la Norma para Control de Calidad de los Materiales Estructurales. El sistema de control de calidad de los materiales para uso estructural debe contemplar durante su fabricación una inspección y control constante que mantenga la variabilidad de la producción dentro de las tolerancias especificadas, guardando evidencia de los controles y cumplimiento de cada prueba.

### **Concreto Hidráulico.**

Se deberán registrar los controles del concreto en estado fresco, de la elaboración de las probetas y de la resistencia a la compresión:

- a) Concreto en estado fresco: Al concreto en estado fresco antes de su colocación se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos especificados en los documentos de construcción aprobados.

Como mínimo se deben realizar las pruebas de revenimiento y temperatura. Las muestras de concreto fresco se harán de acuerdo con la norma ASTM C 172.

- b) Elaboración de probetas: La calidad del concreto endurecido se debe verificar mediante pruebas de resistencia a compresión de cilindros elaborados, curados y ensayados de acuerdo a las normas ASTM C 31 y ASTM C 39. Las pruebas deben efectuarse a los 28 días de edad u otra edad de común acuerdo entre el productor y el usuario. Los valores obtenidos son indicativos de la resistencia potencial del concreto en la estructura.
- c) Resistencia a la compresión: De todo concreto para una cierta obra y nivel de resistencia se deben tomar al menos 2 muestras de concreto y de cada muestra se elaborarán y ensayarán por lo menos 2 cilindros. Se entiende por resistencia de una muestra la media de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.
- d) Inspección: El sistema de control de calidad del concreto hidráulico para uso estructural debe contemplar durante su fabricación una inspección y control constante que mantenga la variabilidad de la producción dentro de las tolerancias especificadas en el diseño, guardando evidencia de los controles y el cumplimiento de cada prueba.

### **Frecuencias Mínimas de Muestreo.**

- a) Revenimiento (ASTM C 143): Al inicio del colado y cuando haya sospecha de cambio de consistencia, pero no menos de una muestra por cada 10 m<sup>3</sup> o fracción.
- b) Resistencia a compresión (ASTM C39): Una muestra cada 24 m<sup>3</sup> ó elemento colado.
- c) Temperatura (ASTM C 1064): A cada entrega y en caso de producción continua cada 6 m<sup>3</sup>.
- d) El muestreo y ensayo de las unidades de mampostería de concreto estarán de acuerdo con las provisiones del “Método

estándar de muestreo y ensayo de unidades de mampostería de concreto” (ASTM C-140). Durante la construcción, tres prismas de mampostería serán construidos y ensayados de acuerdo a la norma “APNMX-C416-2002-ONNCE: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DIAGONAL Y DE LA RIGIDEZ A CORTANTE DE MURETES DE MAMPOSTERIA DE BARRO Y DE CONCRETO”<sup>1</sup>, por cada 400 m<sup>2</sup> de pared, pero no menos de tres prismas por proyecto. La resistencia promedio a la compresión de prismas de mampostería determinada de acuerdo al método de ensayo anterior deberá ser igual o mayor al valor de  $f'_m$  especificado.

- e) Ensayo de los morteros: Cuando se especifique, el mortero se deberá probar de acuerdo con el “Método estándar para la pre-construcción y evaluación de la construcción de morteros para las unidades de mampostería simple y reforzada” (ASTM C 780).
- f) Ensayo del concreto de relleno: La calidad del concreto de relleno utilizado en mampostería deberá determinarse utilizando el procedimiento establecido en el “Método estándar de muestreo y ensayo del concreto fluido” (ASTM C 1019).

### **Criterios de Aceptación y Rechazo.**

Deben aplicarse los siguientes criterios para aceptar la calidad de la mampostería:

- a) Resistencia mínima: La calidad de la mampostería se considera satisfactoria si se cumple simultáneamente que el promedio de los resultados de resistencia a la compresión del mortero de pega, unidades y prismas de mampostería es mayor o igual a la resistencia especificada, y ningún valor individual es inferior al 80% de la resistencia especificada.
- b) Medidas correctivas: Si no se cumple uno

<sup>1</sup> Consultar Norma en la Unidad de Investigación y Normas de Urbanización y Construcción (UNICONS), del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

o varios de los requisitos anteriores deben tomarse de inmediato las medidas necesarias para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se haya comprometido. En caso de confirmarse que la mampostería es de baja resistencia y si los cálculos indican que la capacidad de soportar carga de la estructura

se ha reducido significativamente se puede apelar al ensayo de extracción de porciones cortadas de los muros afectados, siempre y cuando no se afecte la seguridad estructural de la vivienda o conjunto de viviendas. En tal caso deben tomarse 3 porciones por cada lote afectado.

## CAPÍTULO 2:

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ELEMENTOS COMPONENTES

Este Capítulo da a conocer los parámetros de resistencia mecánica característicos de cada componente del sistema bloque panel, así como los ensayos de laboratorio y de campo necesarios para la obtención de datos para la comprobación de dichos parámetros.

### 2.1 Especificaciones técnicas de la unidad de bloque panel.

La unidad de bloque panel, es un elemento modular que funciona como material de relleno y de transmisión de esfuerzos entre columnas, tiene características dimensionales muy particulares que el usuario del presente manual técnico deberá identificar en su aplicación, esto con el objetivo de utilizar adecuadamente el sistema, la sección 2.1.1 profundiza en los detalles que el usuario debe conocer en relación a dimensiones y tolerancias de dicha unidad.

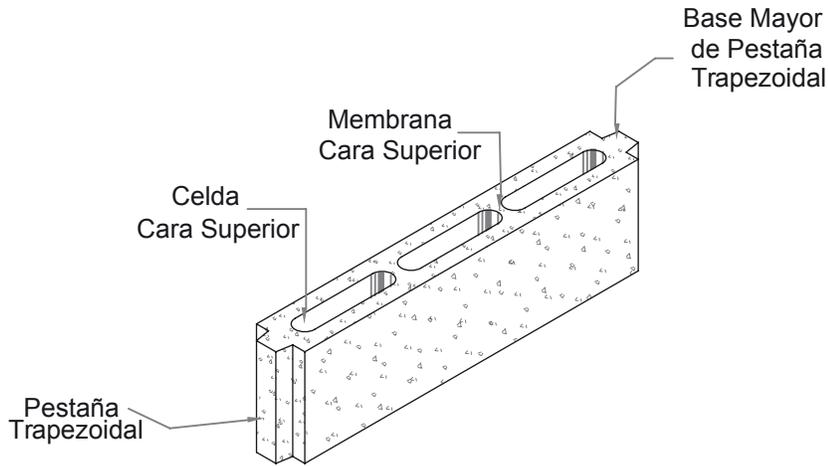
#### 2.1.1. Dimensiones y tolerancias.

Las unidades de bloque panel se fabrican en tres diferentes tamaños: 75 cm, 90 cm y 98 cm. El ancho y altura nominales de las unidades son de 10 y 20 cm, respectivamente. Un detalle típico

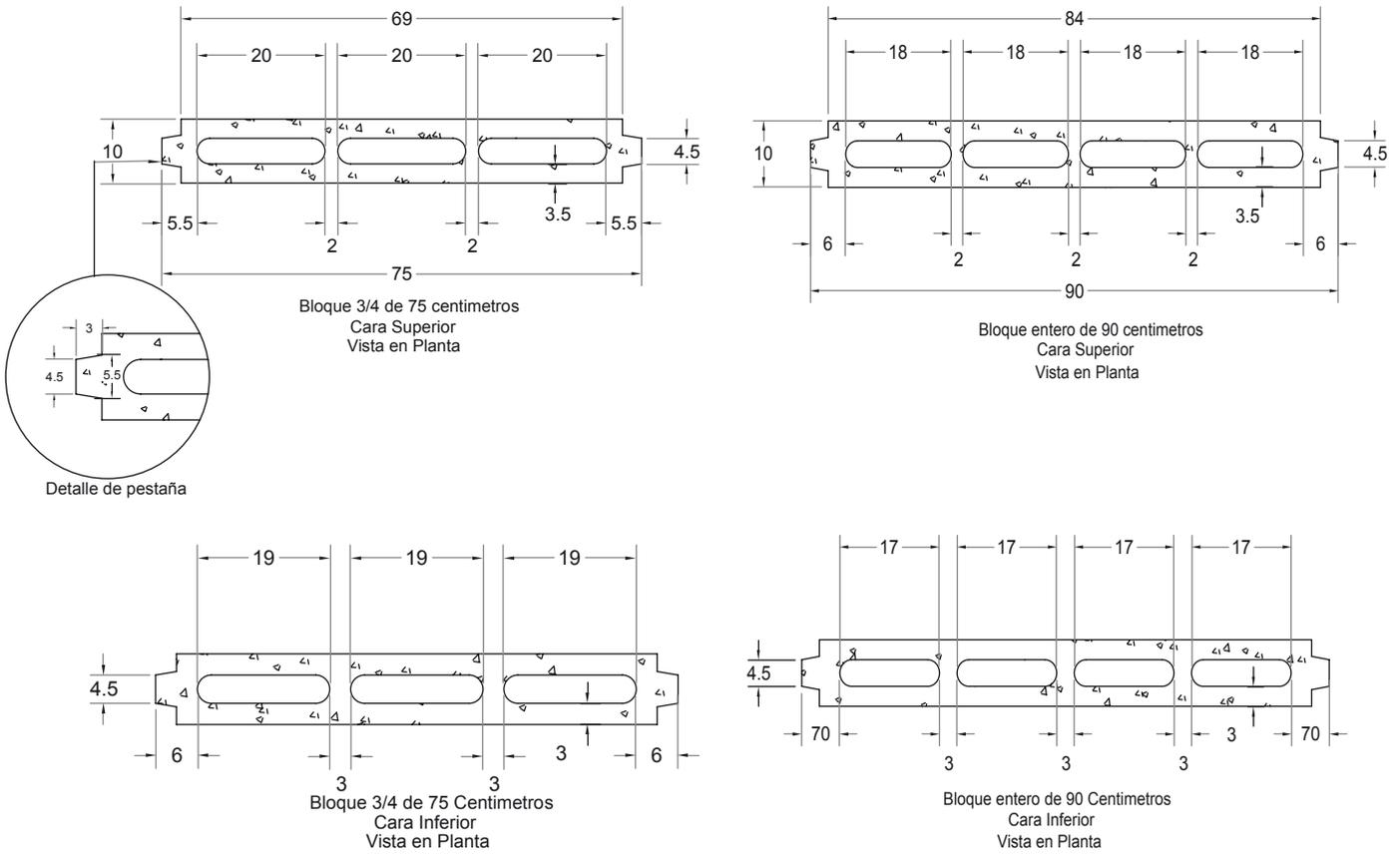
de la unidad de bloque panel se presenta en la Figura 2.1

Todas las unidades poseen celdas o huecos que tienen las siguientes características comunes:

- Espesor de caras:
  - Cara superior: 3.5 cm.
  - Cara inferior: 3 cm.
- Espesor de membranas:
  - Cara superior: 2 cm.
  - Cara inferior: 3 cm.
- Pestaña trapezoidal de ensamble de la unidad de bloque panel:
  - Base mayor: 5.5 cm.
  - Base menor: 4.5 cm.
  - Altura: 3 cm.
- Celdas o huecos de forma cónica, con las siguientes dimensiones:
  - Cara superior:
    - Largo: 17.5 cm, Ancho: 3 cm.
  - Cara inferior:
    - Largo: 18.7 cm para bloque entero y 18.5 cm para bloque  $\frac{3}{4}$ , Ancho: 4 cm.



**Figura 2.1: Unidad de bloque panel con sus diferentes partes.**

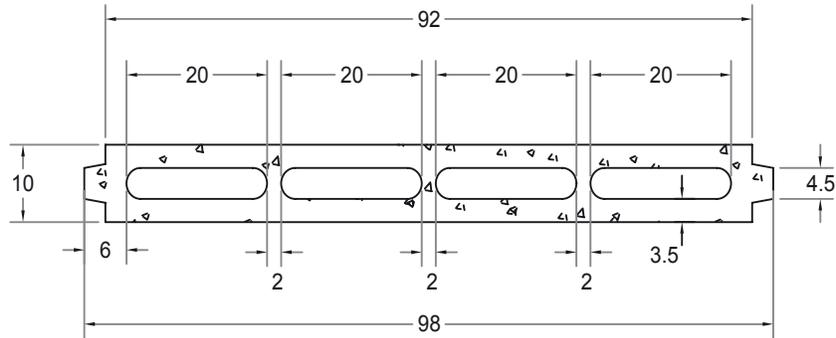


Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

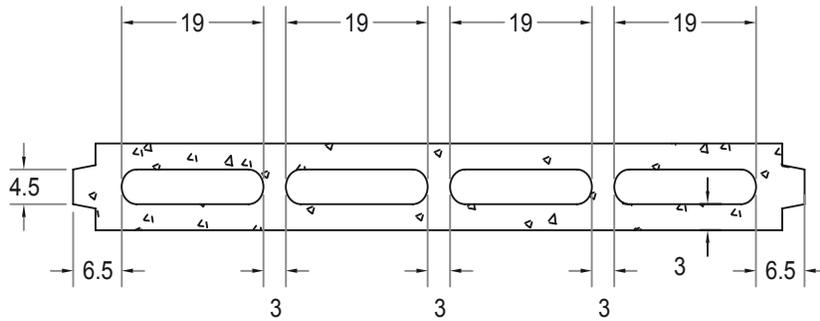
**Figura 2.2: Vista en planta del bloque 3/4 de 75 cm con sus respectivas dimensiones nominales.**

**Figura 2.3: Vista en planta del bloque entero de 90 cm con sus respectivas dimensiones nominales.**



Bloque entero de 98 Centímetros Cara Superior Vista en Planta

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros



Bloque entero de 98 Centímetros Cara Inferior Vista en Planta

**Figura 2.4: Vista en planta del bloque entero de 98 cm con sus respectivas dimensiones nominales.**

Los bloques enteros tienen cuatro celdas y los bloques tres cuartos poseen únicamente tres. Las unidades de bloque panel deben cumplir con los espesores mínimos de caras y membranas indicados en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Espesores mínimos de las caras y membranas.

Ancho nominal de las unidades (mm)	Espesor mínimo de las caras <sup>A</sup> (mm)	Mínimo espesor de las membranas <sup>A</sup> (mm)
100	19	19

<sup>A</sup> Promedio de la medición de 3 unidades, tomadas en el punto más delgado cuando es medida según lo descrito en la ASTM C 140

El espesor de las pestañas terminales no deberá ser menor que el espesor mínimo de las membranas de las caras del bloque.

Las dimensiones de las unidades no deberán diferir en el ancho y largo en  $\pm 3$  mm y en la altura en  $\pm 5.0$  mm de las dimensiones nominales.

Las dimensiones de las pestañas de ensamblajes no deberán diferir en  $\pm 1.5$  mm de las dimensiones nominales.

### 2.1.2. Características físicas y mecánicas de la unidad de bloque panel.

Las unidades de bloque panel deberán alcanzar una resistencia a la compresión promedio a los 28 días según lo especificado en la tabla 2.2, que corresponde a lo establecido en la Norma ASTM C-90. Se ensayarán según lo especificado en 2.3.1 y también se podrán realizar ensayos en espécimen de bloque panel de una celda, para lo cual se toma como referencia el valor de resistencia obtenido en la Investigación Experimental del Sistema Constructivo Bloque Panel, Informe de Materiales y Ensamblajes.

Los requisitos de absorción y densidad se presentan en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Requisitos de resistencia, densidad y absorción de la unidad de bloque panel.**

Resistencia a la compresión mínima, kgf/cm <sup>2</sup> (MPa)				Densidad y absorción promedio de 3 unidades	
Promedio en área neta en bloques cortados en				Densidad (secado al horno) Kg/m <sup>3</sup>	Absorción de agua máxima, Kg/m <sup>3</sup>
Dos Celdas		Una Celda			
Promedio de 3 unidades	Unidad individual	Promedio de 3 unidades	Unidad individual	Bloque de peso medio	
<b>130 (13)</b>	<b>120 (12)</b>	<b>180 (17.7)</b>	<b>160 (15.7)</b>	<b>1680 - 2000</b>	<b>208</b>

### 2.1.3. Acabado de las unidades.

Todas las unidades deberán estar libres de grietas o fisuras visibles u otros defectos que interfieran con la colocación apropiada de los bloques o que puedan reducir significativamente la resistencia o durabilidad de la obra a ejecutar.

Solamente se podrán aceptar unidades de bloque panel con daños leves en aristas, causados por la manipulación o manejo durante el envío, siempre que no afecte la calidad y estética de la obra.

La apariencia de las unidades de bloque panel deberán ser uniformes en su textura y color.

## 2.2 Especificaciones técnicas de columnas prefabricadas.

En el sistema bloque panel las columnas constituyen un elemento fundamental que permite desarrollar e integrar la estructura de la vivienda a través de la conexión con las unidades de bloque panel, esta conexión es de tipo machihembrada, conocer su forma y dimensiones es fundamental para el mejor entendimiento de su instalación durante el proceso constructivo, así como también una mejor comprensión del comportamiento estructural correspondiente.

### 2.2.1. Dimensiones y tolerancias.

La sección transversal de las columnas es de 15 x 15 cm, incluyendo los canales de ensamble para las unidades de bloque panel. Las columnas se

producen en alturas de 2 a 4 m, con los canales ubicados en 1, 2, 3 ó 4 de las caras de la sección transversal y su uso depende de cuantas paredes llegan a ensamblarse a ésta. Un detalle típico de las secciones transversales de columnas se presenta en la figura 1.2.

Los canales ó ranuras de las columnas son de forma trapezoidal al igual que las pestañas de las unidades de bloque panel. Las dimensiones de los canales son las siguientes:

- Base mayor: 6 cm.
- Base menor: 5 cm.
- Altura: 3 cm.

El sistema permite una variación de  $\pm 5$  mm en las dimensiones nominales transversales de la columna, y una variación de  $\pm 1.5$  mm en las dimensiones nominales de los canales.

### 2.2.2. Características físicas y mecánicas de columnas.

Las columnas prefabricadas son elaboradas con concreto con una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kgf/cm<sup>2</sup> (21 MPa) y acero de refuerzo de alta resistencia, con un esfuerzo de fluencia mínimo de 4921 kgf/cm<sup>2</sup> (485 MPa) y una resistencia última mínima de 5625 kgf/cm<sup>2</sup> (550 MPa), en la figura 2.5 se muestra un detalle de las secciones típicas con su refuerzo.

Las características generales de los materiales componentes de columnas son las siguientes:

### Cemento

Por ser elemento prefabricado, se debe utilizar un cemento de resistencia temprana, por lo que se recomienda el producido según Norma ASTM C 1157 tipo HE.

### Agregados

La graduación de los agregados para la fabricación de las columnas debe ser tal que cumpla los requisitos de la norma ASTM C 33. Con agregados de tamaño máximo de 1/3 del recubrimiento. Para los bloques, el tamaño máximo del agregado a utilizar en la mezcla debe ser de 1/2 pulgada.

### Agua

El agua debe ser potable; no debe contener

materia orgánica, azúcares u otras sustancias químicas que afecten la durabilidad y resistencia de columnas y bloques. Se debe tomar en cuenta que las aguas saladas aceleran el fraguado, generan eflorescencia en la superficie del concreto y sobre todo es nocivo cuando se tiene refuerzo en el concreto.

### Acero

La calidad del acero se rige de acuerdo a los requerimientos mostrados en las secciones 2.2.2 y 2.3.1, Capítulo 2 del presente manual.

La variación permisible en peso por unidad de longitud es  $\pm 6\%$  de su masa por unidad de longitud nominal. Las masas por unidad de longitud se muestran en la tabla 2.3.

En la tabla 2.3 se presentan los requerimientos dimensionales para los alambres corrugados utilizados como refuerzo.

**Tabla 2.3 Requerimientos dimensionales para alambres corrugados para refuerzo del concreto de columnas prefabricadas.**

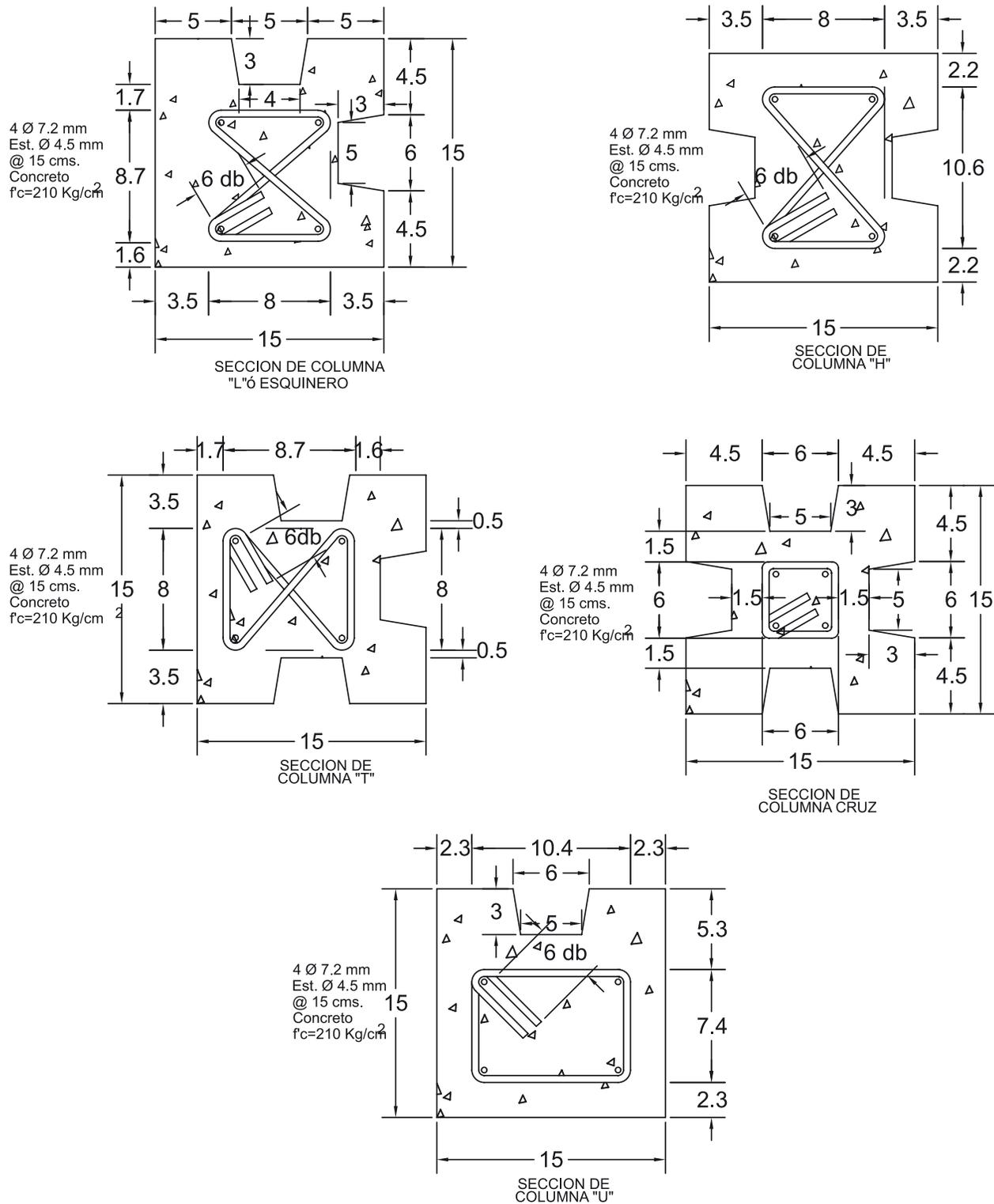
Dimensiones nominales				Requerimientos de corrugas		
Diámetro Nominal <sup>A</sup>	Masa por unidad de Longitud	Área de la sección transversal <sup>B</sup>	Perímetro	Espaciamiento máximo	Espaciamiento mínimo	Altura promedio mínima de corrugas <sup>C</sup>
mm	Kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm
4.5	0.1256	16	14.14	7.24	4.62	0.203
7.2	0.3218	41	22.62	7.24	4.62	0.324

<sup>A</sup> El diámetro nominal de un alambre corrugado es equivalente al diámetro de un alambre liso que tiene la misma masa por metro lineal que un alambre corrugado.

<sup>B</sup> El área de la sección transversal está basada en el diámetro nominal.

<sup>C</sup> La altura promedio mínima de las corrugas deberá ser determinada de las mediciones hechas en no menos de dos corrugas típicas desde cada línea de corruga sobre el alambre. Las mediciones serán hechas al centro de la indentación (hendidura) como se describe en el apartado 7.7 de la ASTM A 496.

Un mayor detalle de los materiales se describen en el Anexo A: FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMPONENTES.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 2.5. Detalles de armadura de las distintas secciones de columnas.

## 2.3 Procedimientos de ensayo.

En general los ensayos realizados en los elementos del sistema bloque panel se dividen en pruebas realizadas al concreto y al acero de refuerzo, la siguiente sección indica las normas ASTM a ser aplicadas en cada caso y una breve descripción de las resistencias especificadas en cada material.

### 2.3.1 Ensayos en elementos.

#### a) Concreto.

El concreto de las soleras de fundación, coronamiento y columnas prefabricadas deberá ser sometido a ensayos de compresión según la norma ASTM C 39/C 39M, Método de ensayo estándar para la resistencia a compresión de especímenes de concreto cilíndricos, (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens).

#### b) Acero de refuerzo.

##### b.1) Elementos colados en el sitio.

El acero de refuerzo de soleras de fundación y coronamiento deberá ser ensayado a tensión bajo la norma ASTM A 370, Método de ensayo estándar y definiciones para el ensayo mecánico de productos de acero, (Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products). El refuerzo longitudinal debe cumplir con lo estipulado para acero grado 40 en la norma ASTM A 615 y debe tener un esfuerzo de fluencia igual a 2800 kgf/cm<sup>2</sup> y una resistencia última de 4900 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para varillas No 2 (6.4 mm), se deberá cumplir con un esfuerzo de fluencia mínimo de 2500 kgf/cm<sup>2</sup> y resistencia última no menor de 4200 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, porcentaje

de elongación - medido en 200 mm – no menor del 11 por ciento y una variación en área respecto al valor nominal no mayor del 10 por ciento (Tomado de la Norma Especial Para Diseño y Construcción de Viviendas 2004 del MOPTVDU), con el respaldo de certificado de calidad del fabricante.

##### b.2) Columnas prefabricadas.

Los alambres corrugados de alta resistencia utilizados en la fabricación de las columnas prefabricadas deberán observar lo contemplado en los numerales 7. Corrugas y 8.1 Ensayos de tensión, de la norma ASTM A 496, Especificaciones estándar para alambre de acero, corrugado, para refuerzo de concreto, (Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement), en lo referente a procedimientos de ensayo.

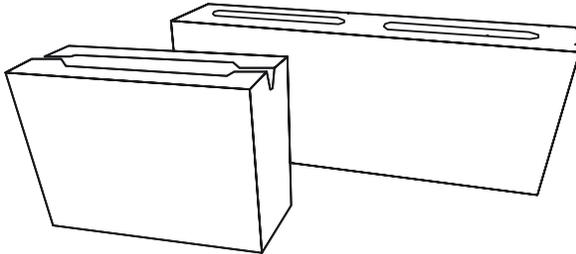
Los alambres corrugados de alta resistencia también deberán ser sometidos a ensayos de doblado según lo especificado en la sección 8.2 y la tabla 5 de la norma ASTM A 496.

##### c) Unidad de bloque panel.

Las unidades de bloque panel se ensayarán según lo especificado en la norma ASTM C 140, Método de ensayo estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas, (Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units). Para el ensayo de compresión y absorción las unidades deberán ser cortadas según lo especificado en los numerales 6.2.3 y 6.2.4 de la ASTM C 140, con el fin de que el tamaño del espécimen se pueda adaptar al equipo de ensayo que disponga el laboratorio de ensayo de materiales. En la figura 2.6

se muestran las unidades cortadas para ensayo de compresión y absorción de una y dos celdas.

Los resultados de ensayos deberán cumplir con lo establecido en la tabla 2.2.



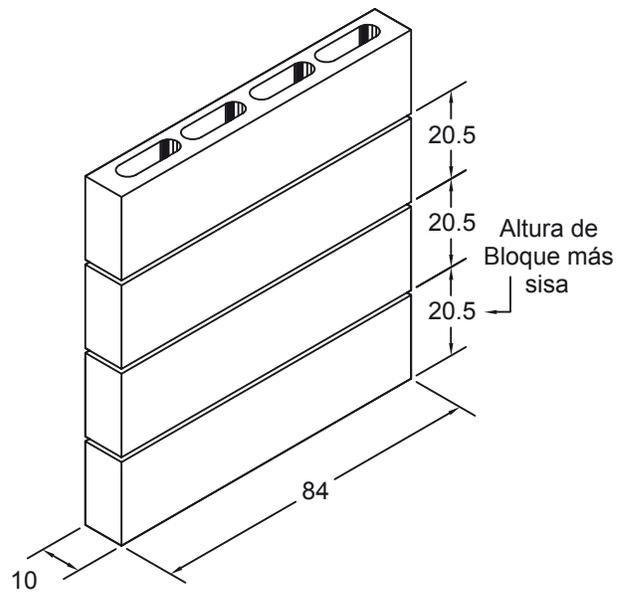
**Figura 2.6. Unidades cortadas de bloque panel de una y dos celdas para ensayos de compresión y absorción.**

La medición de ancho, altura, longitud y del espesor mínimo de caras y membranas se realizará a tres unidades de tamaño completo, según lo especificado en el numeral 5.2 de la ASTM C 140.

### 2.3.2. Ensayos en componentes.

#### a) Ensayo de compresión diagonal.

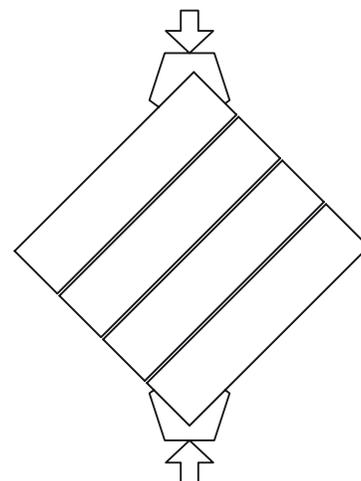
La resistencia a compresión diagonal de la mampostería se evaluará en prismas o ensamblajes fabricados con unidades completas (ver figura 2.7) a las que se le deben eliminar las pestañas trapezoidales de ensamblaje. Los prismas se ensayarán siguiendo lo establecido en el Anteproyecto de Norma Mexicana APNMX-C-416-2002-ONNCCE, "Industria de la Construcción – Determinación de la resistencia a compresión diagonal y de la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y de concreto".



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 2.7. Prisma o ensamblaje para ensayo a compresión diagonal.**

Debe tenerse especial cuidado en el refrentado de las superficies de los extremos en los que se aplica la carga, para garantizar una distribución uniforme del esfuerzo, ver figura 2.8. Para propósitos de diseño no es necesario determinar a través del ensayo de compresión diagonal el módulo de rigidez de la mampostería, por lo que deben obviarse los numerales 5.3, 7.3 y 8.3 del Anteproyecto de Norma Mexicana APNMX-C-416-2002-ONNCCE.



**Figura 2.8. Prisma para ensayo a compresión diagonal.**

## CAPÍTULO 3: DISEÑO ESTRUCTURAL – MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO

El objetivo de este capítulo es que el usuario de este manual técnico, conozca y comprenda aspectos fundamentales del comportamiento estructural del sistema y de un método sencillo que le permita soportar técnicamente memorias de cálculo de revisiones estructurales de viviendas, así mismo, un segundo objetivo de importancia que se pretende, es uniformizar los criterios de diseño a utilizar por parte de proyectistas, constructores y otros; sin embargo cualquier otro método de análisis puede ser aplicado para su revisión estructural.

### 3.1 Generalidades.

En el sistema constructivo bloque panel se tiene definido la resistencia mecánica, por medio de los materiales que lo forman y las conexiones entre sus elementos; sin embargo será necesario revisar estructuralmente aquellas propuestas arquitectónicas que sobrepasen los 50 m<sup>2</sup> de construcción; ya que se deberá de atender lo especificado en el numeral 3.8 criterios estructurales de aceptación; del sistema bloque panel. Para viviendas con distribución arquitectónica similar a la presentada en el Anexo B del presente manual y aquella debajo de 50 m<sup>2</sup> de construcción, se puede obviar la revisión estructural, debiendo revisar únicamente los requerimientos expresados en los numerales del 3.5 al 3.8.

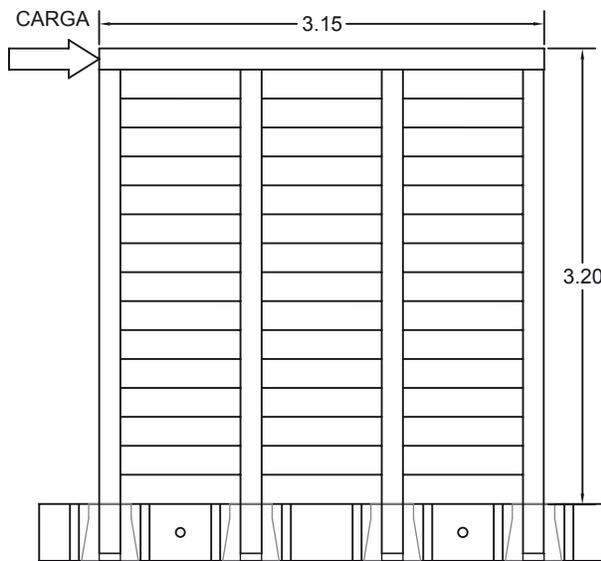
En las secciones siguientes se describe el método simplificado para el análisis y diseño estructural de viviendas de un nivel mayores de 50 m<sup>2</sup>, utilizando dicho sistema.

### 3.2 Fundamentación teórica del método simplificado de cálculo.

El método simplificado que se presenta está fundamentado en base a la investigación experimental del sistema y de los resultados presentados en los informes: "SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE PANEL, INFORME DE RESULTADOS: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO" y de "BLOQUE PANEL, INFORME DE RESULTADOS: MATERIALES Y ENSAMBLAJES". Dicha investigación fue realizada en el período 2005 – 2007 como parte del proyecto "Mejoramiento de la Tecnología para construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-Resistente" (TAISHIN FASE I). En general, el método de diseño con el Sistema Constructivo Bloque Panel se ha desarrollado específicamente para viviendas de un nivel y puede ser aplicado con el análisis y evaluación respectiva, a otros sistemas similares de prefabricados de concreto utilizados en la construcción de vivienda social.

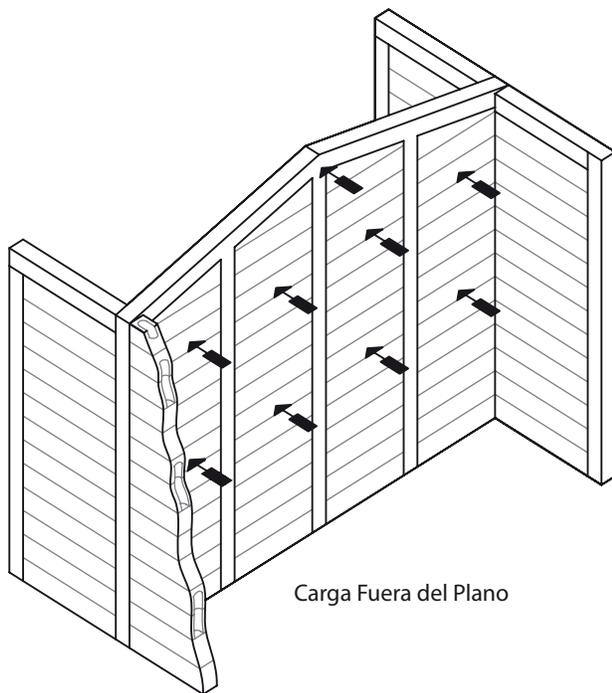
### 3.3 Comportamiento estructural.

Previo a conocer el procedimiento de diseño y/o revisión estructural, es fundamental tener un conocimiento básico del comportamiento estructural del sistema constructivo bloque panel. En esta sección se explica brevemente el comportamiento estructural mencionado en función de dos escenarios distintos de aplicación de carga horizontal, el primero denominado carga lateral en el plano, y el segundo, carga fuera del plano, ambos mostrados en las siguientes figuras:



Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Fig. 3.1 Pared bajo carga lateral en el plano.**



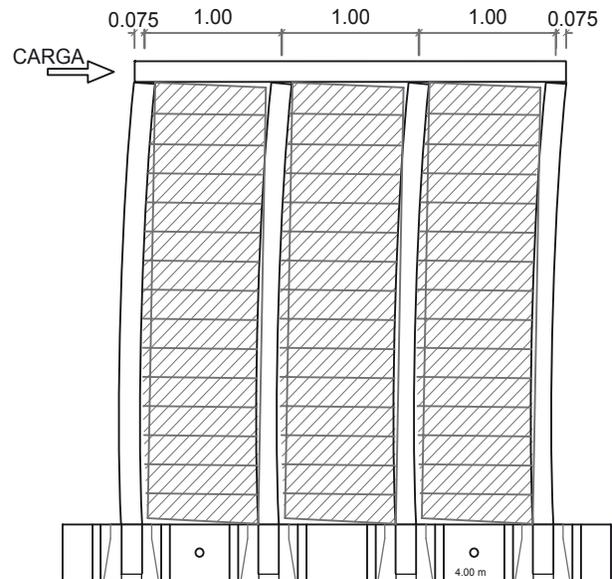
Carga Fuera del Plano

**Fig. 3.2 Pared bajo carga fuera del plano.**

### 3.3.1. Comportamiento estructural esperado bajo carga lateral en el plano.

En este caso, el comportamiento estructural en general y la capacidad del sistema bloque panel dependen fundamentalmente de la resistencia a la tensión de las columnas y de la resistencia

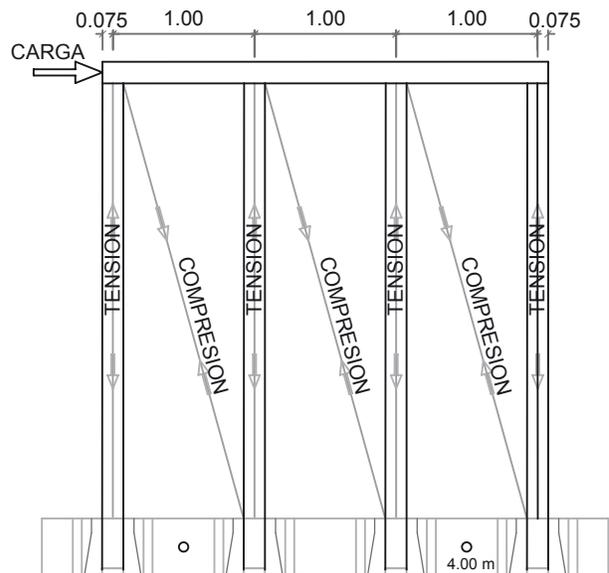
a compresión diagonal de la mampostería, independiente de la dirección de la carga lateral. Las siguientes figuras ilustran de forma general el comportamiento estructural esperado.



MECANISMO DE FALLA DE MODELOS SÓLIDOS

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

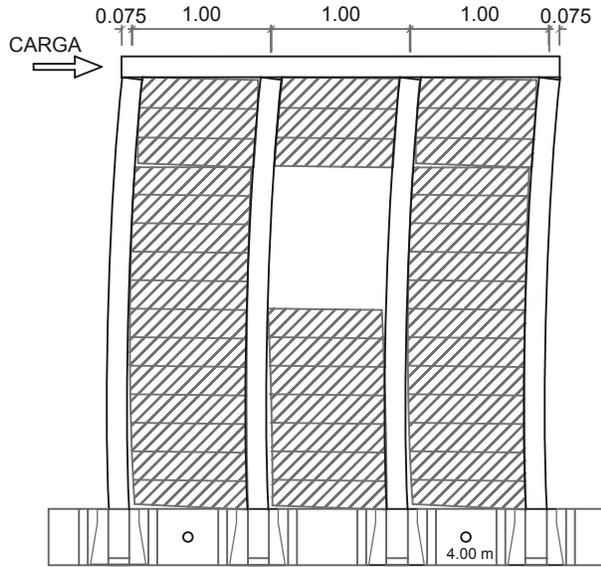
**Fig. 3.3 Mecanismo de falla de los modelos sólidos.**



MODELOS SÓLIDOS

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

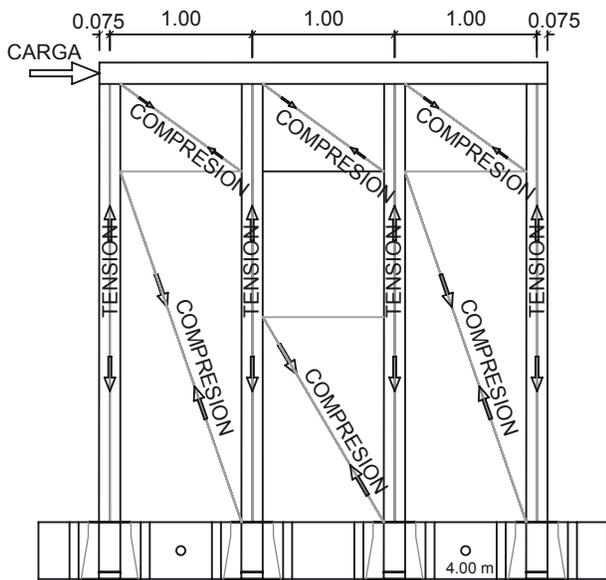
**Fig. 3.4 Simplificación del sistema estructural de los modelos sólidos de ventana.**



MECANISMO DE FALLA DE MODELOS CON HUECOS PARA VENTANA

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

**Fig. 3.5 Mecanismo de falla de los modelos con huecos de ventana.**



MECANISMO DE FALLA DE MODELOS CON HUECOS PARA VENTANA

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Fig. 3.6 Simplificación del sistema estructural de los modelos con huecos de ventana.**

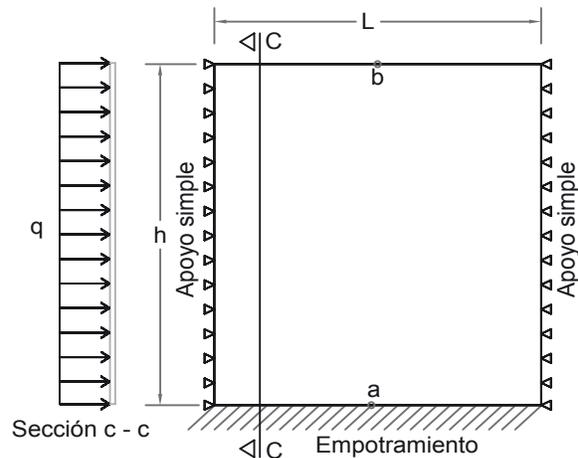
Como se puede apreciar en las figuras anteriores, independientemente a las dimensiones y resistencia de los elementos que componen el sistema, los resultados de resistencia podrían variar en función de la distancia entre columnas,

altura de pared, número y ubicación de huecos de puertas y ventanas, número de paneles y magnitud de la carga, pero siempre manteniendo su mecanismo de comportamiento, es decir, tensión en columnas y compresión en los paneles.

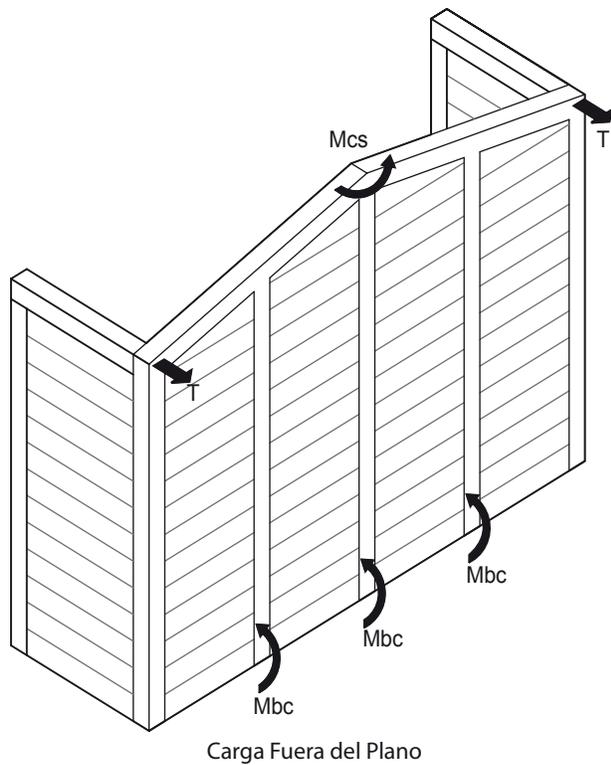
### 3.3.2. Comportamiento estructural esperado bajo carga fuera del plano.

El comportamiento que el sistema presenta bajo carga perpendicular al plano de la pared, es similar al comportamiento de una placa empotrada en la base, simplemente apoyada en los extremos, donde se une a una pared perpendicularmente y libre en su borde superior, sometida a una carga perpendicular distribuida en todo su plano (Timoshenko, S., 1959), tal como lo ilustra la figura 3.7. En este caso la resistencia de la pared es proporcionada por la resistencia a flexión tanto en la base de las columnas y la sección central de la solera de coronamiento, que es donde se generan los mayores valores de momento, además de una apropiada unión entre la pared sometida a la carga y las paredes de apoyo, por medio de la solera de coronamiento (Ver figura 3.8).

Para paredes con huecos de puertas o ventanas, siempre debe de considerarse el mismo sistema estructural, pero se debe restar el peso de estos huecos a la carga distribuida en el plano de la pared.



**Fig. 3.7 Placa empotrada en la base y simplemente empotrada en los extremos, con carga perpendicular uniformemente distribuida.**



**Fig. 3.8 Simplificación del sistema estructural de los modelos bajo cargas perpendiculares a su plano.**

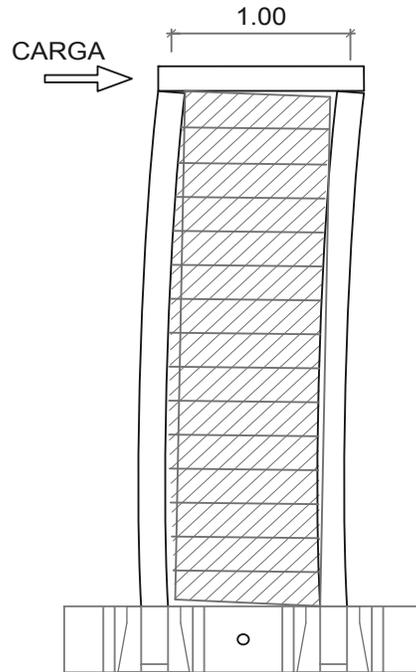
### 3.4 Procedimiento de diseño y/o revisión estructural.

En los siguientes apartados se pretende proporcionar al usuario de este manual un método sencillo para la revisión y/o diseño de los elementos estructurales del sistema. Para ello se divide en dos tipos de análisis a considerar, el primero a revisar será el comportamiento de las paredes bajo cargas laterales en su plano y como una segunda consideración se deben de revisar bajo cargas perpendiculares a su plano.

#### 3.4.1. Procedimiento de cálculo considerando carga lateral en el plano.

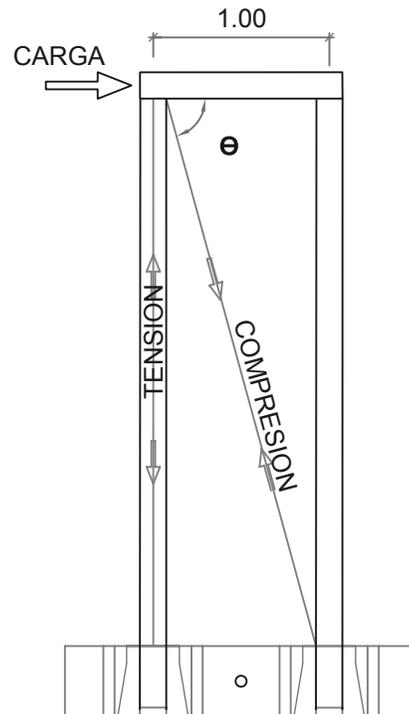
Con la finalidad de proporcionar un análisis sencillo para diseño y/o revisión, se analizará un segmento de pared constituido de un solo panel, tal como lo muestra la figura 3.9. De esta sección

podemos determinar que la resistencia estará regida por la capacidad a tensión de la columna y de la resistencia a compresión diagonal del panel formado por la mampostería de los bloques, tal como lo ilustra la figura 3.10.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

**Fig. 3.9 Sección de pared a analizar para diseño.**



**Fig. 3.10 Simplificación de la sección de pared.**

### Paso N°1. Análisis de cargas y demanda sísmica.

En este paso es necesario calcular el peso de la vivienda para encontrar la demanda que soportarán las paredes durante la ocurrencia de un sismo. Para calcular este peso es necesario determinar previamente las áreas de paredes y techo.

$$W_{vivienda} = W_{paredes} + W_{techo.}$$

$$W_{paredes} = \text{Peso por área de pared} * \text{Área total de paredes}$$

$$W_{techo} = \text{Peso por área de techo} * \text{Área total de techo}$$

Para encontrar el cortante de demanda sísmica, se debe multiplicar el peso de la vivienda por el coeficiente sísmico  $C_s$ , el cual se toma de la Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas de El Salvador (1997), del Ministerio de Obras Públicas MOP, considerando el tipo de diafragma flexible, y que según la ubicación geográfica para la que se diseña en El Salvador, puede tomar los siguientes valores:

$$C_s = 0.30 \text{ para Zona I}$$

$$C_s = 0.20 \text{ para Zona II}$$

$$V_{demanda} = W_{vivienda} * C_s$$

Esta fuerza sísmica presentada en forma de una fuerza cortante será distribuida en el número de paneles paralelos resistentes en la dirección de análisis. De manera conservadora, se tomarán como paneles resistentes sólo aquellos sin huecos.

$$V_{demanda/panel} = V_{demanda} / \text{Número de paneles resistentes en dirección de análisis}$$

De este análisis se debe seleccionar la mayor demanda solicitada a cada panel, es decir, para la dirección con menor número de paneles resistentes.

### Paso N°2. Revisión de demanda y resistencia debido a las columnas.

Tal como se explicó anteriormente, cuando las paredes están sujetas a carga lateral en el plano, las columnas se ven sometidas a fuerzas de tracción, así de esta manera la resistencia de las columnas será la capacidad a tensión que estas soporten, razón por la cual es el acero el material de mayor influencia. Para conocer la resistencia a tensión de la columna,  $T_{cn}$ , se necesita conocer el área transversal  $A_{sv}$  y la resistencia nominal a tensión,  $f'_y$ , del acero longitudinal utilizado en la fabricación de las columnas.

$$T_{cn} = A_{sv} * f'_y$$

Con esta tensión máxima que pueden soportar las columnas, cada panel de pared puede soportar un máximo cortante aplicado en su extremo superior de:

$$V_{RNT/panel} = (T_{cn} * S) / h$$

Donde  $S$  es la separación entre columnas y  $h$  es la altura de la pared desde el nivel superior de la solera de fundación hasta el centro de la solera de coronamiento.

$$\text{Si } F_R * V_{RNT/panel} \geq V_{demanda/panel} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Si  $F_R * V_{RNT/panel} \leq V_{demanda/panel} \rightarrow$  Se debe de buscar alternativas para hacer cumplir la condición anterior.

Donde  $F_R$  es el factor de reducción de resistencia, que para muros con comportamiento tipo diafragma como el sistema bloque panel, se recomienda un valor de  $F_R=0.70$ , tal como lo especifica el apartado 3.1.4.3 de las "Normas Técnicas Complementarias Para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería" de México, 2004<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Consultar Norma en la Unidad de Investigación y Normas de Urbanización y Construcción (UNICONS), del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

### Paso N°3. Revisión de demanda y resistencia debido a la compresión diagonal de la mampostería.

Con el valor promedio de la resistencia a compresión diagonal  $\overline{V}_m$  de prismas ensayados en laboratorios y el coeficiente de variación  $C_v$  de estos ensayos se debe de calcular el esfuerzo cortante nominal de la mampostería  $V_m$ . El valor de  $C_v$  no debe de tomarse menor a 20%.

$$V_m = \overline{V}_m / (1 + 2.5 C_v)$$

De esta manera cada panel puede soportar un máximo cortante aplicado en su extremo superior de:

$$V_{RNM/panel} = 0.85 * V_m * A_T$$

Donde  $A_T$  es el área bruta de la sección transversal de la mampostería de unidades de bloque panel.

$$\text{Si } F_R * V_{RNM/panel} \geq V_{demanda/panel} \rightarrow \text{Cumple}$$

Si  $F_R * V_{RNM/panel} \leq V_{demanda/panel} \rightarrow$  Se debe de buscar alternativas para hacer cumplir la condición anterior.

Donde  $F_R$  es el factor de resistencia, que para muros confinados sujetos a esfuerzos cortantes, se recomienda un valor de  $F_R=0.70$ , tal como lo especifica el apartado 3.1.4.3 de las "Normas Técnicas Complementarias Para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería" de México, 2004.

### 3.4.2. Procedimiento de cálculo considerando carga fuera del plano.

#### Paso N°1. Análisis de cargas y demanda sísmica.

En este apartado es importante mencionar que las columnas, debido a que soportan una baja carga a compresión, es más conveniente analizarlas como vigas que como columnas.

Para el análisis de las cargas se debe de considerar el peso por unidad de área de pared,  $\omega_p$ , y además el peso por unidad de área de techo,  $\omega_t$ , y el área tributaria del techo que aportará carga a la pared  $A_t$ , así la carga debido al techo será:

$$W_t = \omega_t * A_t$$

Esta carga del techo se deberá distribuir en el área de la pared en análisis,  $A_p$ .

$$\omega_{tp} = W_t / A_p$$

La carga total distribuida en la pared será:

$$\omega = \omega_p + \omega_{tp}$$

La carga distribuida,  $\omega$ , debe ser afectada por el coeficiente sísmico  $C_s$  para obtener la demanda sobre la pared, la cual siempre será en forma de carga distribuida ( $q$ ), tal como lo ilustra la figura 3.7.

$$q = C_s * \omega$$

Se debe de encontrar la demanda al centro de la base de la pared (Punto a, de la figura 3.7) y al centro de la solera de corona (Punto b de la figura 3.7). Para ello primero se debe de calcular la relación de peralte ( $h/L$ ) de la pared, donde  $h$ : altura y  $L$ : Longitud.

Con la relación de peralte y con ayuda de la tabla 3.1 se determina el momento por metro lineal de demanda sobre la base de la pared  $M_{bp}$  ( $M_{(a)}$  en la tabla 3.1) y además la demanda de momento al centro de la solera de coronamiento  $M_{cs}$ ,  $M_{(b)}$  en la

tabla 3.1. Se debe de interpolar linealmente para los casos con relación de peralte no presentados en la tabla.

El momento total en la base de la pared será igual a:

$$M_{bt} = M_{bp} * L$$

Cada columna tendrá una demanda en su base de:

$$M_{bc} = M_{bt} / \# \text{ de columnas sujetas a flexión.}$$

**Tabla 3.1. Momentos por unidad de longitud en una placa empotrada en la base, simplemente apoyada en los extremos y libre en la parte superior con carga uniformemente distribuida como Fig. 3.7 (Timoshenko, 1959).**

h/L	x=L/2, y=0	x=L/2, y=h
	M <sub>(a)</sub>	M <sub>(b)</sub>
0	-0.500qh <sup>2</sup>	0
1/3	-0.428qh <sup>2</sup>	0.0078qL <sup>2</sup>
1/2	-0.319qh <sup>2</sup>	0.0293qL <sup>2</sup>
2/3	-0.227qh <sup>2</sup>	0.0558qL <sup>2</sup>
1	-0.119qh <sup>2</sup>	0.0972qL <sup>2</sup>
3/2	-0.124qL <sup>2</sup>	0.123qL <sup>2</sup>
2	-0.125qL <sup>2</sup>	0.131qL <sup>2</sup>
3	-0.125qL <sup>2</sup>	0.133qL <sup>2</sup>
α	-0.125qa <sup>2</sup>	0.133qa <sup>2</sup>

**Paso N°2. Revisión de demanda y resistencia en columnas.**

De acuerdo a la resistencia nominal de los materiales se debe de determinar la resistencia a flexión de las columnas, utilizando la teoría para el diseño de elementos de concreto armado.

Sean  $f'_c$  la resistencia nominal a compresión del concreto, mientras que  $f'_y$  es la resistencia de

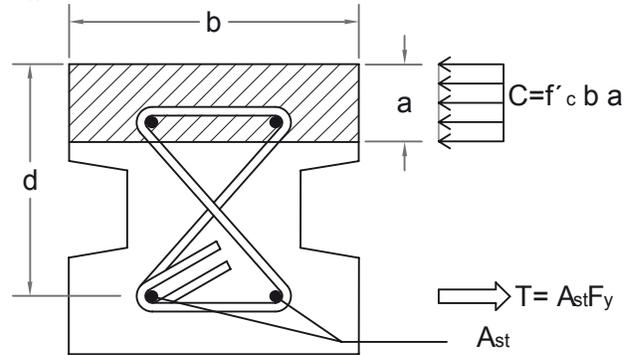
fluencia del acero, ambos materiales utilizados en la fabricación de las columnas.

El momento resistente nominal de la columna será:

$$M_{RNC} = A_{st} * f'_y * (d - a/2)$$

Donde  $a = A_{st} * f'_y / 0.85 * f'_c * b$

$A_{st}, b, d$  se pueden determinar de la figura 3.11.



**Fig. 3.11 Esfuerzos en columna sometida a flexión.**

Se debe de comparar la demanda de momento en la base de las columnas con el momento resistente nominal, para determinar si existe un excedente de momento que no toman las columnas y que es transmitido a las paredes perpendiculares por medio de la unión en la solera de coronamiento, en forma de una fuerza de tracción, tal como lo ilustra la figura 3.8.

Si  $M_{RNC} \geq M_{bc} \rightarrow$  **CUMPLE**

Si  $M_{RNC} \leq M_{bc} \rightarrow$  Existe un excedente de momento igual a

$$M_{exc} = (M_{bc} - M_{RNC}) * \# \text{ de columnas a flexión}$$

**Paso N°3. Revisión de demanda y resistencia en solera de coronamiento**

De igual manera que el paso anterior, se utiliza el método de diseño de elementos de concreto reforzado.

Sean  $f'_c$  la resistencia nominal a compresión del concreto, mientras que  $f'_y$  es la resistencia de fluencia del acero, pero en este caso de los materiales especificados para la construcción de la solera de coronamiento.

Se debe de calcular el momento resistente de la solera de coronamiento de igual forma que en el paso anterior, es decir

$$M_{RNS} = A_{st} * f'_y * (d - a/2)$$

Donde  $a = A_{st} * f'_y / 0.85 * f'_c * b$

$A_s, b, d$  se pueden determinar de la figura 3.12.

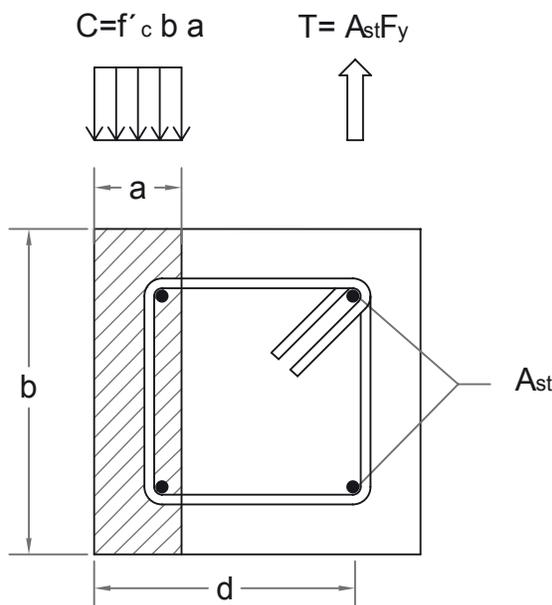


Fig. 3.12 Esfuerzos en solera sometida a flexión.

Si  $M_{RNS} \geq M_{cs} \rightarrow$  **CUMPLE**

Si  $M_{RNS} < M_{cs} \rightarrow$  se debe de proponer una sección de solera de coronamiento más resistente y revisarla nuevamente.

Si existe excedente de momento que no es tomado por las columnas (del paso 2) se debe de revisar la tensión a transmitir a las paredes de apoyo por medio de la solera de coronamiento.

La tensión generada es equivalente a:

$$T = \frac{1}{2} (M_{exc} / h)$$

La capacidad a tensión de las soleras será equivalente a:  $T_R = A_{st} * f_t$

Donde  $f_t = 0.5 f'_y$  en este caso  $A_{st}$  es el área de todo el acero longitudinal, ya que todo estará sujeto a tensión (Ver Figura 3.8).

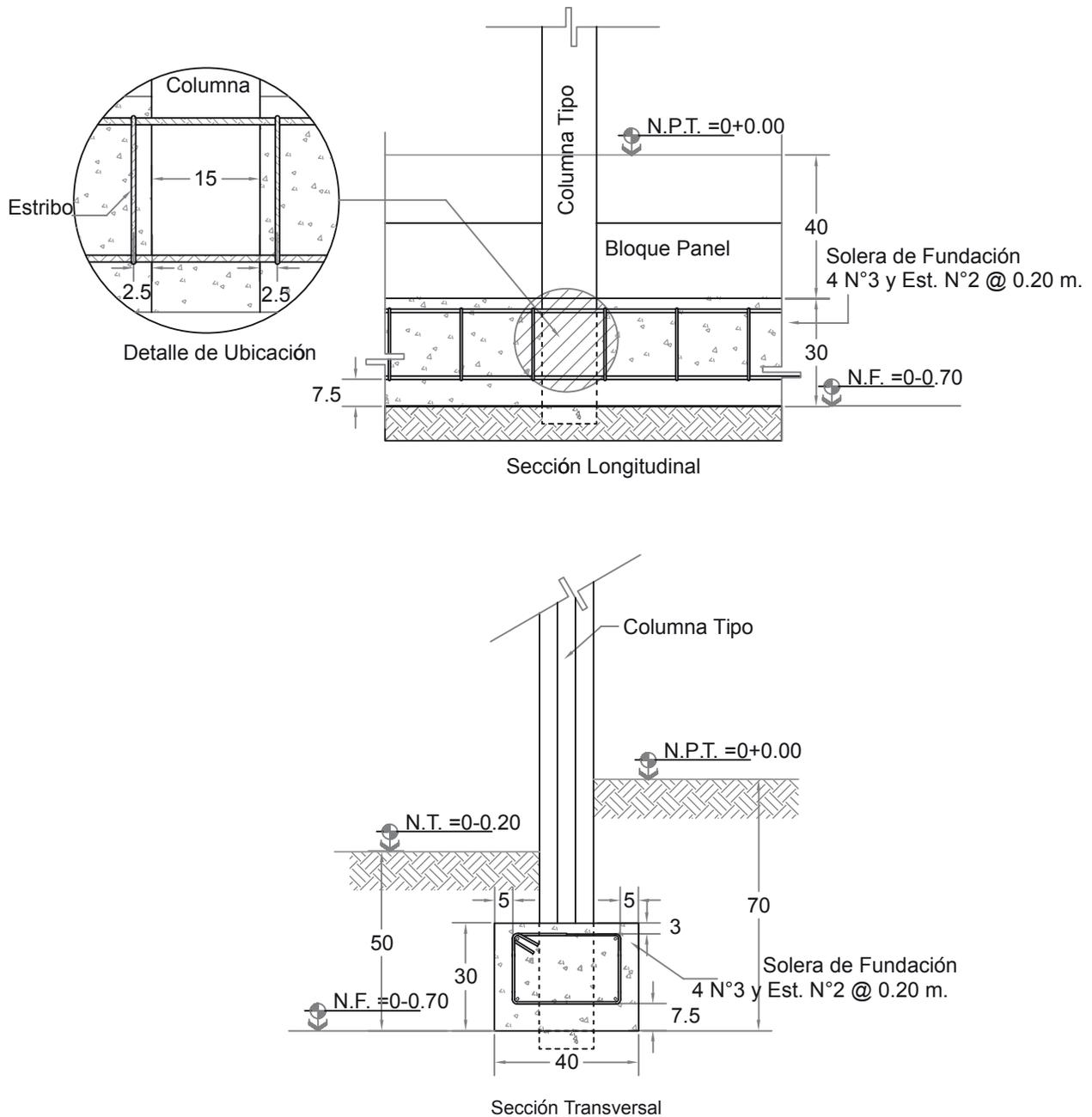
Si  $T_R \geq T \rightarrow$  **CUMPLE**

Si  $T_R < T \rightarrow$  se debe de incrementar la cuantía de acero de la solera de coronamiento.

### 3.5 Detalles estructurales de elementos de concreto colados en el sitio.

Hasta esta sección, se ha explicado un procedimiento básico para realizar el análisis de carga y demanda sísmica del sistema, así como la revisión de la demanda y resistencia de los elementos prefabricados de concreto consistentes en columnas y unidades bloque panel. Sin embargo, el sistema tiene elementos estructurales de concreto colado en el sitio con un diseño estructural específico y recomendado para viviendas de un nivel, dichos elementos son:

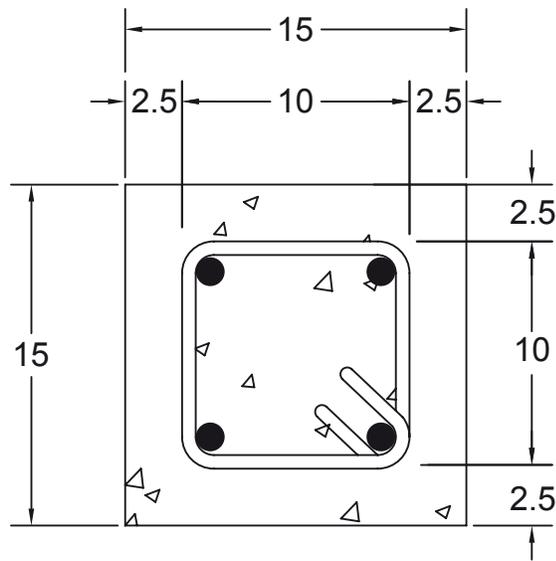
- **Fundación:** El tipo de fundación del sistema bloque panel es una solera corrida de concreto armado, con un nivel de desplante mínimo de 50 cm. La sección típica de la solera de fundación es de 40 cm de base x 30 cm de peralte, con refuerzo longitudinal de 4 varillas No. 3, con un diámetro de 9.52 mm, grado 40 y refuerzo transversal N°2, con un diámetro de 6.36 mm, espaciados a cada 20 cm, tal como se muestra en la figura 3.13.



Nota: Para todas las dimensiones dadas las unidades se encuentran en centímetros

Fig. 3.13 Elemento de fundación incluyendo nivel de Desplante y nivel de piso terminado.

- Solera de Coronamiento:** Es de concreto armado, colada en el sitio, con una sección y refuerzo de acuerdo al determinado en la sección 3.4.2. La sección mínima será de 15 x 15 cm, y el refuerzo mínimo será de 4 varillas No. 3, grado 40, como longitudinal y estribos No. 2 espaciado a cada 15 cm como refuerzo transversal.



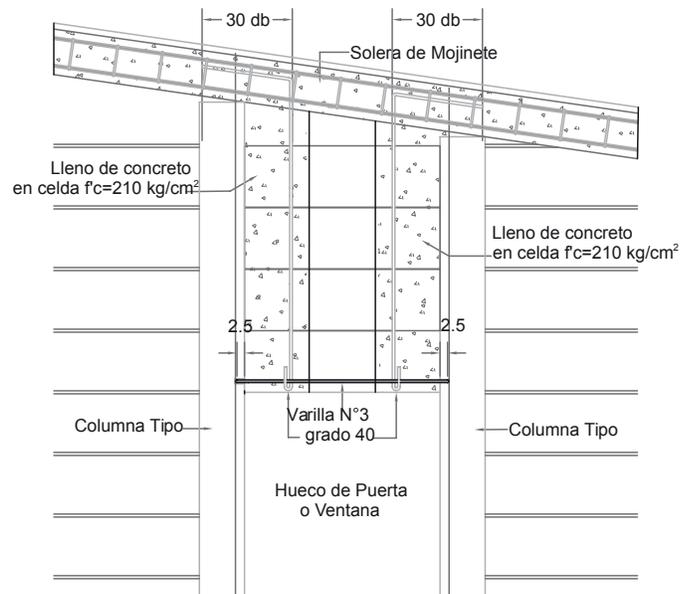
● 4 N°3 Est N°2 @ 15 cms.

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Fig.3.14 Sección y refuerzo mínimo de solera de coronamiento.**

- Cargadero de puertas y ventanas:** El cargadero de puertas y ventanas preferiblemente debe coincidir con la solera de coronamiento. Caso contrario, se deberá reforzar el cargadero por medio de 2 varillas No.3 ancladas desde la solera de coronamiento y bajar por las celdas de dichos bloques (ver Fig. 3.15). Estas celdas deben quedar llenas con grout con una resistencia a la compresión a los 28 días de 125 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Se debe colocar además una varilla horizontal No.3 en una ranura hecha en la base inferior del bloque panel, la cual será anclada en ambos extremos a las columnas, a una distancia desde el borde de 2.5 cm. A esta varilla horizontal deberá anclarse el refuerzo vertical que baja desde la solera de coronamiento.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Fig. 3.15 Detalle de cargadero de puertas y ventanas en mojinete.**

Finalmente, TODOS los elementos de concreto estructural deberán cumplir los siguientes requisitos:

**Concreto:** Resistencia a compresión mínima, a los 28 días, 21 Mpa (210 kgf/cm<sup>2</sup>).

**Acero de refuerzo:** El acero longitudinal debe cumplir con lo estipulado para acero grado 40 en la norma ASTM A 615. El acero transversal debe tener una resistencia de fluencia igual a 2800 kgf/cm<sup>2</sup> y una resistencia última de 4900 kgf/cm<sup>2</sup>.

El peso por unidad de longitud nominal para el acero transversal N°2 deberá ser de 0.2486 kg/m y su variación permisible será ± 6%.

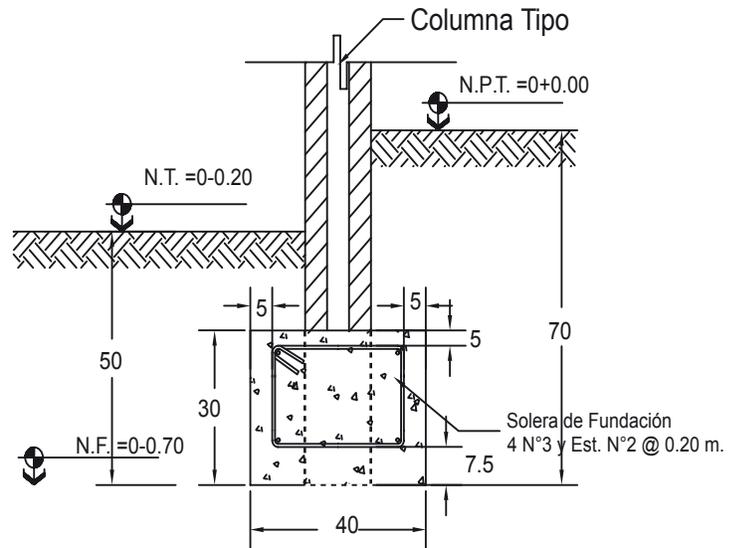
### 3.6 Conexiones.

En el sistema bloque panel, se distinguen tres tipos de conexiones de gran importancia:

- a. columnas – elemento de fundación.
- b. columna – unidades bloque panel.
- c. columna – solera de coronamiento.

a) **Columnas – Elementos de Fundación:**

Es una conexión de tipo húmeda la cual consiste en dejar embebidas las columnas prefabricadas en el concreto armado de la fundación colada en el sitio. El tipo de elemento de fundación es una solera corrida con características y dimensiones descritas en la sección anterior. Las características del elemento de fundación, dimensiones, nivel de desplante y tipo de conexión están recomendados para viviendas de un nivel, considerando distancias entre columnas menores o iguales a 1.08 m.

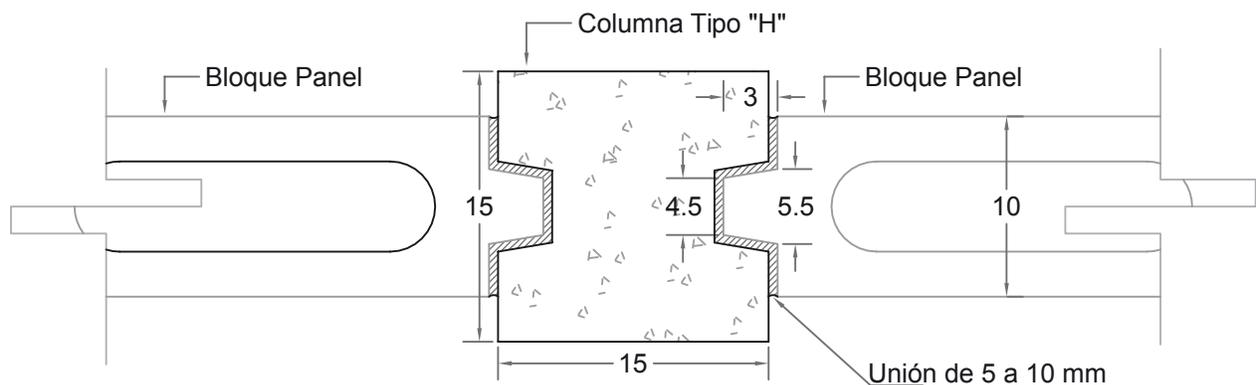


Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Fig. 3.16 Detalle de cargadero de puertas y ventanas.**

b) **Columna – Unidades bloque panel:**

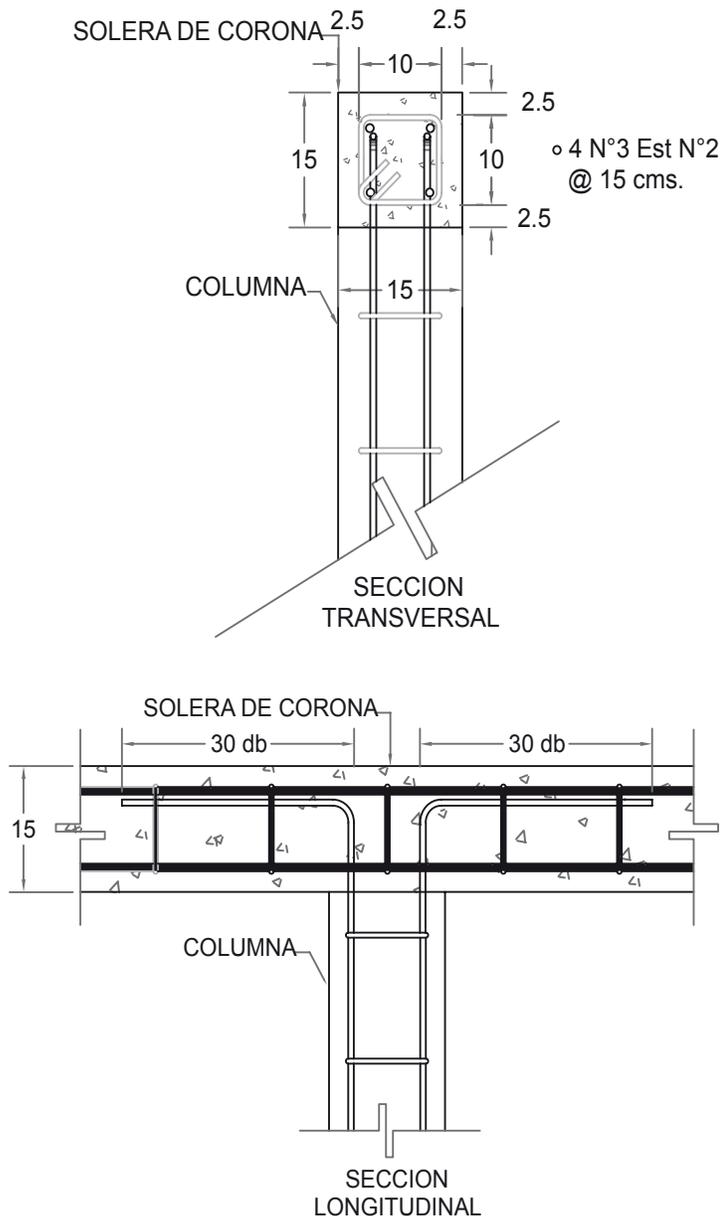
Consiste en una conexión húmeda de tipo machihembrada capaz de transmitir satisfactoriamente el cortante horizontal en la estructura. Es importante mencionar que el desempeño estructural adecuado en dichas conexiones depende de respetar la forma y dimensiones del machihembre y resistencia del mortero de pega con una resistencia especificada de 75 Kg/cm<sup>2</sup>.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Fig. 3.17 Detalle de conexión columna - Bloque Panel.**

- c) **Columna – Solera de Coronamiento:**  
 Es una conexión de tipo húmeda la cual se logra por medio del acero longitudinal de la columna prefabricada, que queda embebido en la solera de coronamiento de concreto colada en el sitio. La figura 3.18 muestra el detalle de conexión.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Fig. 3.18: Detalle de anclaje de columna a solera de coronamiento.**

### 3.7 Contenido de planos estructurales.

En el Sistema Constructivo Bloque Panel, los planos estructurales deben considerar el siguiente contenido:

- Planta de fundaciones indicando sitio de colocación de columnas prefabricadas y unidades bloque panel.
- Sección transversal de solera de fundación con información correspondiente del concreto, recubrimientos, acero longitudinal y transversal, así como niveles de desplante y de piso terminado.
- Detalle de las diversas secciones de columnas prefabricadas, indicando dimensiones de machimbre, resistencia del concreto y características del acero de refuerzo.
- Detalles de unidad de bloque panel indicando dimensiones de machimbre, resistencia del concreto.
- Esquema de acoplamiento ó conexión de las unidades bloque panel con las columnas prefabricadas.
- Sección transversal con información completa de solera de coronamiento y cargaderos en puertas y ventanas.
- Conexión de solera de coronamiento y columnas prefabricadas.
- Cuadro informativo de especificaciones técnicas de materiales.

### 3.8 Criterios estructurales de aceptación del sistema bloque panel.

El propósito de esta sección es establecer algunos criterios generales obligatorios para el diseño y construcción de viviendas con el Sistema Constructivo Bloque Panel.

Requisitos mínimos para vivienda de un nivel:

- a) **Suelo de cimentación:** Deberá ser suelo firme que garantice la estabilidad de las viviendas.
- b) **Fundación:** Será formada por soleras corridas de concreto colado en el sitio, debiendo estar constituida por materiales y dimensiones según lo detallado en la sección 3.5 y 3.6. Se debe asegurar la debida conexión entre la solera de fundación y la columna, que corresponde a una profundidad mínima de empotramiento de 1.5 veces la dimensión mayor de columna, es decir, 22.5 cm de la columna deberá quedar embebida en la solera de fundación, como mínimo. El nivel de desplante mínimo de la columna será de 50 cm desde el nivel de terreno natural, (Ver Sección 3.6, figura 3.13).
- c) **Paredes:** Tomando como base los resultados analíticos y experimentales del sistema bloque panel, las paredes deben de cumplir los requerimientos explicados en la sección 3.4 del presente manual: PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y/O REVISIÓN ESTRUCTURAL, además de los siguientes criterios básicos:
  - 1) Las esquinas que conforman las paredes perimetrales deberán estar formadas por al menos un panel sin hueco en cada dirección, por lo que se deberá evitar la colocación de vanos en las esquinas.
  - 2) La altura máxima de paredes será 3.70 m medida desde el nivel superior de la solera de fundación hasta el nivel inferior de la solera de coronamiento.
  - 3) En la medida de lo posible, se debe buscar una distribución de huecos de manera que exista la mayor simetría de paredes paralelas, y de preferencia dos huecos deben ser separados por un panel lleno.
- 4) La mayor longitud de paredes sin arriostramiento transversal estará regido de acuerdo a la sección 3.4 del presente manual, sin embargo, tomando en cuenta el modelo analizado en la investigación experimental que sirve de base en el presente manual, se podrá considerar una longitud máxima de paredes sin arriostramiento de hasta 6 m, utilizando la sección de solera de coronamiento detallada en la sección 3.5, figura 3.14. Para longitudes de paredes sin arriostramiento mayores de 6 m y hasta 8 m, se deberá incrementar el refuerzo longitudinal de la solera de coronamiento a 4 varillas No.4 grado 40 y refuerzo transversal de varilla No.2 espaciada a cada 15 cm. Toda distribución diferente a lo antes expuesto deberá ser demostrado mediante un análisis estructural que lo soporte técnicamente.
- d) **Solera de coronamiento:** Para lograr un adecuado comportamiento estructural ante sismos, este tipo de sistemas prefabricados demanda de la colocación de una solera de coronamiento de concreto colada en el sitio, la cual realizará un trabajo de integrar estructuralmente el sistema prefabricado. Esta solera deberá cumplir con los requerimientos de la sección 3.5 y los mínimos contenidos en la sección 3.8.

## CAPÍTULO 4: PROCESO CONSTRUCTIVO

El presente capítulo tiene como finalidad definir una estrategia constructiva en los proyectos que consideran el uso del sistema bloque panel, presentándose en las siguientes secciones los pasos fundamentales que constituyen el proceso constructivo correspondiente.

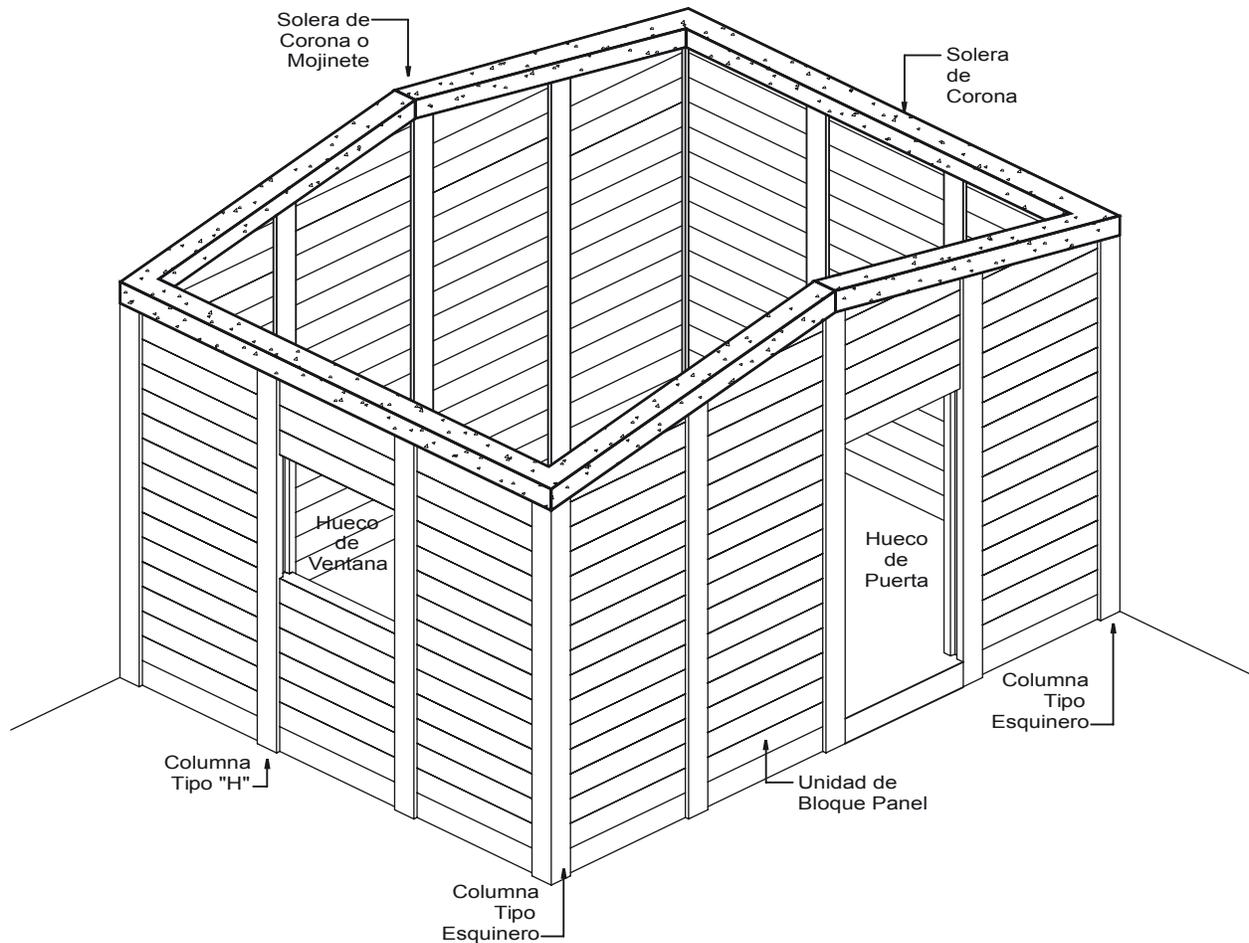


Figura 4.1: vivienda con sistema constructivo bloque panel

### 4.1 Actividades previas.

Con el objetivo de organizar adecuadamente el acopio de materiales y las actividades constructivas, se deberán tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

#### 4.1.1. Organización física de patios de recepción de materiales.

Debido al peso de los elementos componentes del sistema, principalmente columnas, es recomendable el acopio de materiales en el mismo terreno donde se realizará la construcción, garantizando la horizontalidad del sitio donde se ubicarán columnas y bloques, con la debida

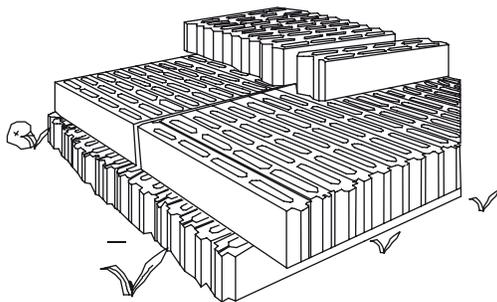
compactación para que no se den hundimientos por concentración de peso.

#### 4.1.2. Logística de transporte, recepción y almacenamiento de elementos prefabricados.

Para una mejor funcionalidad es recomendable organizar el transporte por paquetes de vivienda completos, considerando el peso máximo que se puede enviar según el transporte.

La recepción en obra debe tener el cuidado de la correcta manipulación y descarga de los materiales, para evitar daños en los elementos. Para el almacenamiento, será preferible dejar el acopio en el lugar de construcción, con los siguientes cuidados:

- Las columnas deben almacenarse horizontalmente y sobre una superficie firme, plana y continua.
- Los bloques deben almacenarse por medidas, en estibas no mayores de seis unidades, para facilitar su manejo, colocados en la misma posición que se colocan entre las columnas, lo cual facilita el transporte y manejo (Ver figura 4.2). Las unidades de bloque panel deberán protegerse de la lluvia para evitar contracciones posteriores por secado y para no incrementar su peso durante la manipulación para su colocación.



4.2: colocación y estibado de bloque panel.

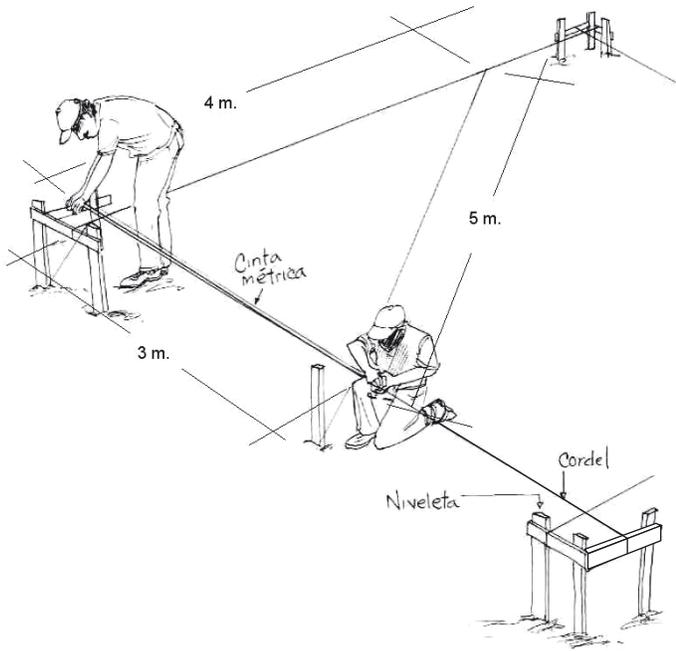
- Para todos los demás materiales a utilizar en la construcción, deberán seguirse las recomendaciones generales correspondientes, como el acero y el cemento, que deban aislarse al menos 20 cm del suelo protegidos de la humedad.

#### 4.1.3. Entendimiento-discusión de planos y planteamiento de estrategia constructiva.

Previo a toda logística de inicio de construcción, deberán analizarse los planos de la vivienda a construir, para distribuir correctamente los elementos prefabricados y definir los elementos estructurales complementarios a construir en el sitio, así como el número de unidades a ejecutar, con el objetivo de definir la estrategia constructiva para la óptima utilización de herramientas complementarias, como andamios, encofrados y castillos para montaje de columnas, etc.

## 4.2 Trazo y nivelación.

Se trazan los niveles y dimensiones de la construcción de acuerdo a lo expresado en los planos, siendo el Residente y Maestro de Obra los responsables de que el trabajo terminado quede conforme a las especificaciones de los planos, ya que por la particularidad del sistema es importante respetar la modulación entre columnas de acuerdo a la longitud de los bloques, realizando una revisión preliminar de distancias en función de las tolerancias permisibles de los mismos, de acuerdo al Capítulo 2 de este manual. Posterior a ello quedan definidas las distancias a ejes de columnas.



**Figura 4.3: Diagrama para el trazo y colocación de niveles.**

### 4.3 Excavación y verificación de la capacidad de soporte del suelo de fundación.

El nivel de excavación será el indicado en los planos, considerando el nivel de desplante de las columnas prefabricadas.

En los sitios donde la consistencia del terreno lo permita, las paredes de la excavación podrán utilizarse como formaletas para las fundaciones.

La capacidad de carga del suelo deberá cumplir con lo establecido en la Propuesta de Norma Especial para Diseño y Construcción de Vivienda de El Salvador, año 2004, del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano MOPTVDU, en el Capítulo 7.

### 4.4 Armado de cimentaciones.

El tipo de cimentación a utilizar consiste en una solera corrida de sección transversal de 40 x 30 cm, con refuerzo longitudinal de 4 varillas No. 3

y estribos No.2 a cada 20 cm (Ver detalles en las secciones 3.5 y 3.8).

### 4.5 Colocación de columnas.

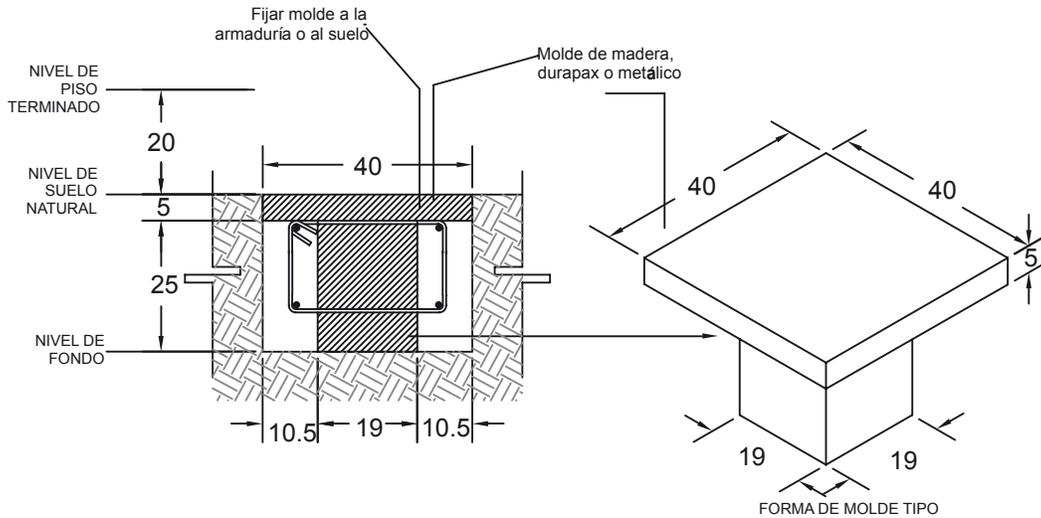
Una vez determinados los puntos de ubicación de columnas de acuerdo a la modulación, disponiendo también con el trazo definitivo y la armadura de solera de fundación ya instalada se procederá a la colocación de columnas en los puntos definidos.

Para el sistema bloque panel, la colocación de las columnas es uno de los procesos más importantes, ya que de la completa verticalidad de ellas depende el correcto ensamblaje de las unidades de bloque panel para la construcción de las paredes. Para este proceso de colocación de columnas se pueden aplicar los siguientes métodos de construcción:

1. *Método tradicional:* Consiste en colocar las columnas en la solera de fundación antes del colado, para lo cual será necesario disponer de un castillo de madera o metálico que sirva de apoyo para la sujeción de columnas, con el objetivo de mantener la verticalidad antes y durante el colado, además es conveniente colocar cada columna sobre una base de concreto que servirá de apoyo para fijación del elemento, la cual puede tener dimensiones variables siempre que quede bajo el nivel de desplante de la solera de fundación y que abarque la sección de la columna.

Una vez colocadas las columnas en los puntos específicos y sujetas al castillo para mantenerlas en su lugar, se realizará el colado monolítico de la solera de fundación, dejando las columnas embebidas en el concreto (Ver Figura 4.4).

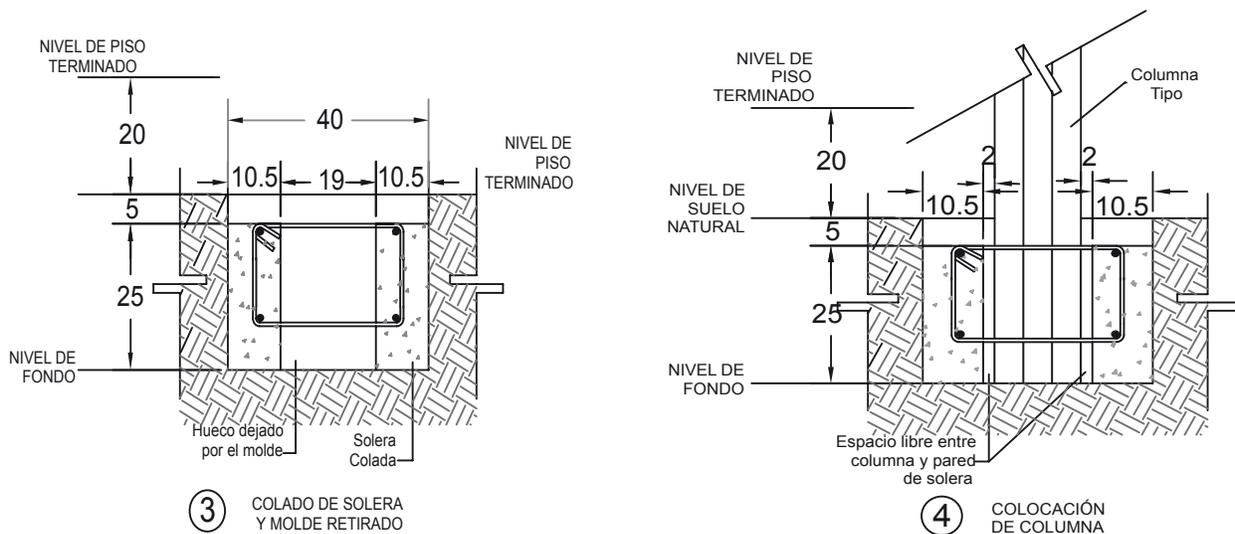




Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

② COLOCACION DE MOLDE

Se deben colocar los moldes que sirven para dejar el hueco de acuerdo a la modulación de columnas, fijándolos de tal manera que no se desplacen durante el colado.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Posterior al colado, aproximadamente 24 horas después se podrán retirar los moldes, obteniendo la sección mostrada para luego colocar la columna.

Después del retiro del molde se procede a colocar las columnas con el cuidado que permanezcan verticales y centradas en el hueco, para el posterior colado.



La forma de colocación del concreto debe basarse en procedimientos del comité ACI 304 o similares que rigen el proceso de colocación del concreto fresco.

#### 4.7 Construcción de paredes.

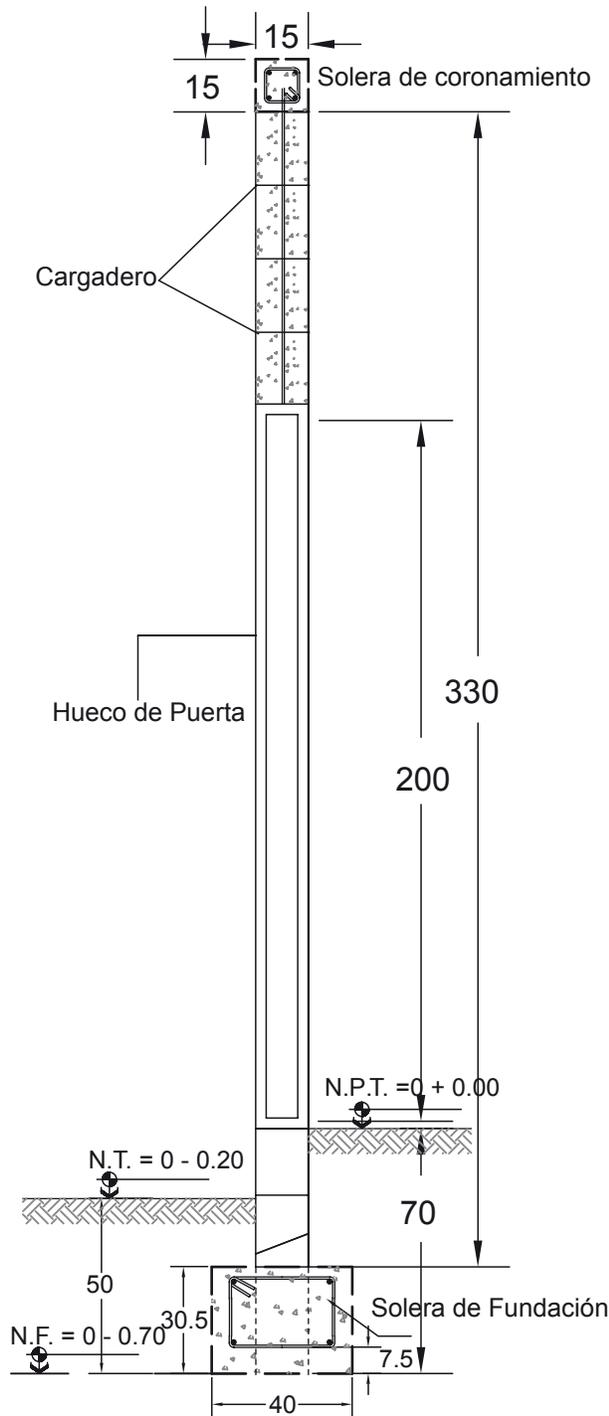
Posterior a la correcta colocación de las columnas, se procede a la colocación de las unidades de bloque panel, lo que constituye el levantamiento de paredes, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) La superficie de la solera de fundación deberá estar bien nivelada, para garantizar que la pared sea levantada en un mismo plano, y que a la vez las hiladas en los diferentes paneles (tramos entre columnas) queden uniformemente alineadas.
- b) Las unidades de bloque panel se deberán deslizar sin inconveniente uno a uno entre las columnas, y se deberá completar la colocación de las unidades cada hilada, para garantizar la horizontalidad y uniformidad de modulación vertical en todas las hiladas.
- c) Limpiar la superficie de cada unidad de bloque panel colocado a fin de eliminar el material suelto que dificulte o contamine el mortero de pega de la siguiente hilada.
- d) Para el pegamento de las unidades de bloque panel es importante realizar un diseño de mortero que cumpla con una resistencia a la compresión de 125 Kg/cm<sup>2</sup>, descartando todas las partículas mayores a 4.75 mm (malla # 4), según lo establecido en la Propuesta de Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas 2004, del MOPTVDU.
- e) Se debe iniciar la colocación de los bloques con una capa de mortero bajo las caras que estarán en contacto con la superficie de la solera de fundación.
- f) Las celdas de los bloques en hiladas que quedan bajo el nivel de terreno, deberán llenarse con concreto fluido, para evitar inconvenientes por exceso de humedad.
- g) Para garantizar la calidad y el buen manejo de las unidades de bloque panel en la obra se recomienda transportarlos de manera adecuada en una carretilla, para evitar la caída y daño a los elementos.
- h) Para el pegamento entre hiladas o unidades de bloque panel, se debe colocar la cantidad suficiente de mortero para cubrir toda la base de apoyo (espesor de paredes y membranas de las unidades), de manera que el sobrante salga a presión cuando el bloque sea colocado. Esto indicará que las juntas están adecuadamente llenas.
- i) El espesor de la sisa o junta de pega entre unidades deberá ser de 5 a 10 mm, dependiendo de la altura real del bloque, para una modulación vertical entre hiladas de 20.5 cm.
- j) Después de que la unidad de bloque panel ha sido colocada y nivelada, se debe retirar el exceso de mortero e inmediatamente se deberá sisar la junta, para asegurar el sellado y mejorar la estética de la pared.

Un detalle típico de la pared en elevación se muestra en la figura 4.6.

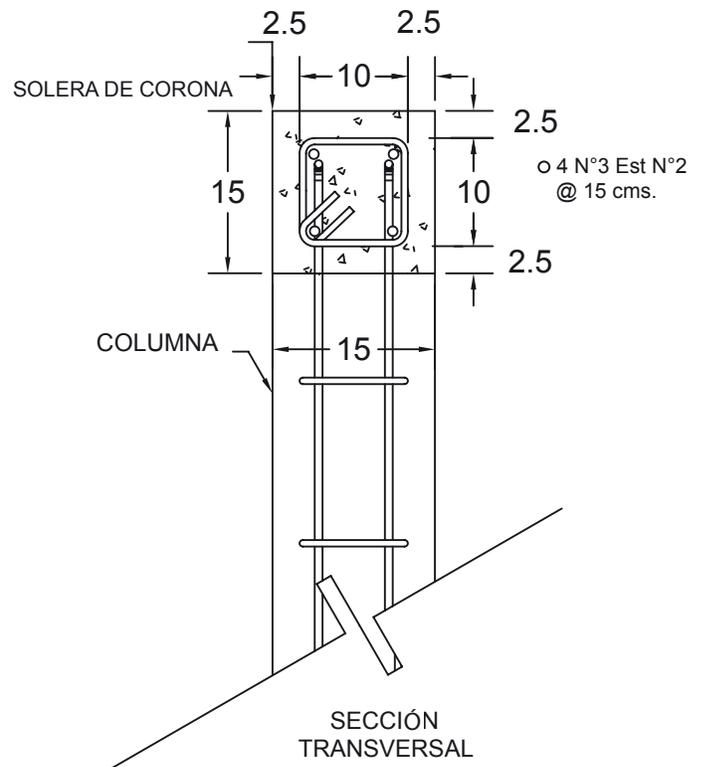
#### 4.8 Solera de coronamiento.

La solera de coronamiento deberá ser moldeada y colada en el sitio de la obra. El refuerzo longitudinal será según planos, no menor de 4 varillas No.3, para longitudes de paredes sin arriostre de 6 m como máximo (Ver figura 4.7).



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.6 Elevación típica de pared.**



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.7 Sección típica y distribución de refuerzo para solera de coronamiento.**

La unión de las columnas con la solera de coronamiento se debe realizar por medio del doblado de las varillas de la columna dentro de la solera de coronamiento, tal como se muestra en la figura 4.7.

#### 4.9 Cargadero de puertas y ventanas.

Preferiblemente, los cargaderos de puertas y ventanas deberán coincidir con la solera de coronamiento para un mejor confinamiento. Cuando sea necesaria la colocación de cargaderos en puertas y ventanas se deberán anclar a la solera de coronamiento por medio de varillas verticales (Ver sección 3.5), conectadas a una varilla horizontal que se coloca en la base inferior de la primera unidad (Ver Figura 4.8).

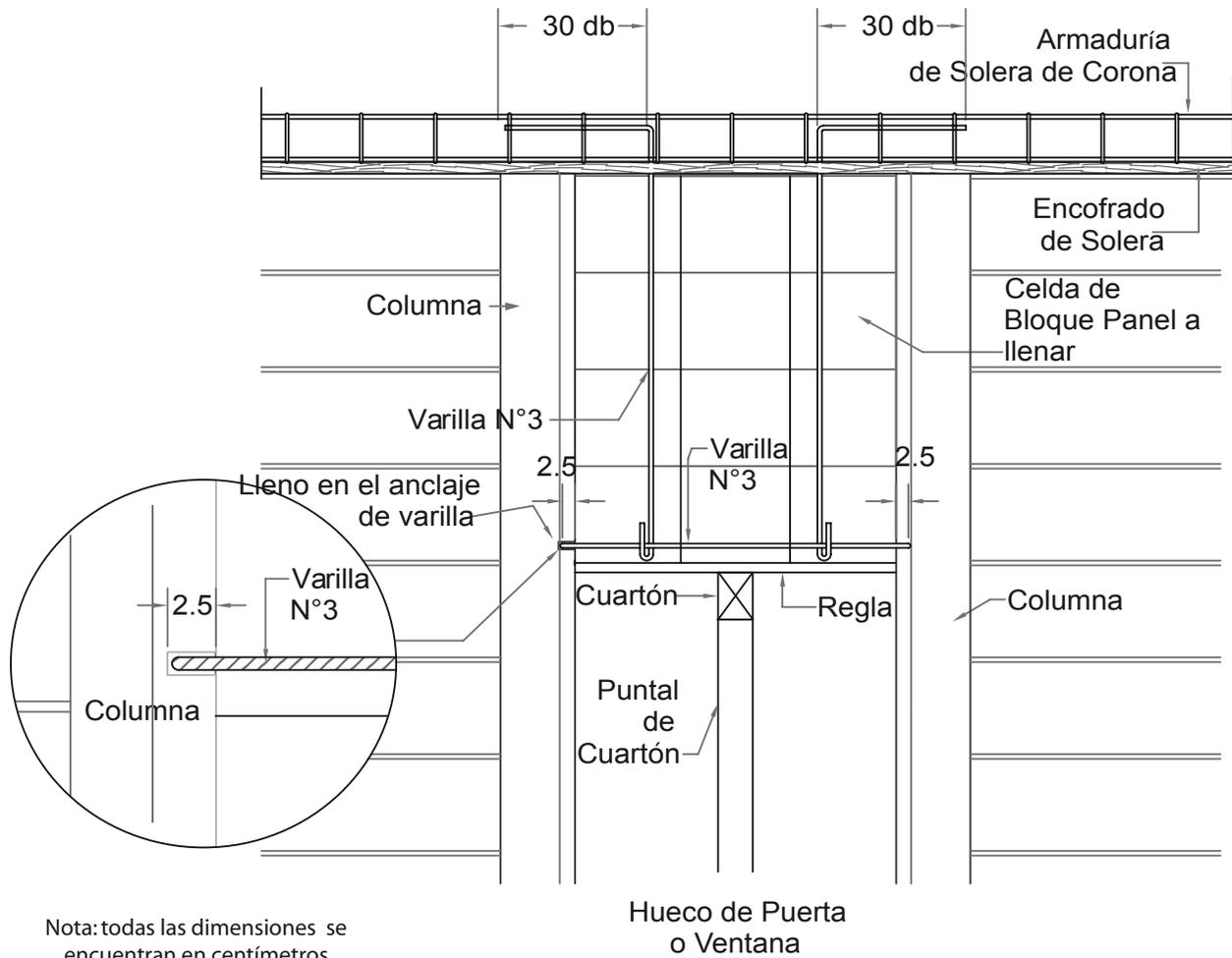


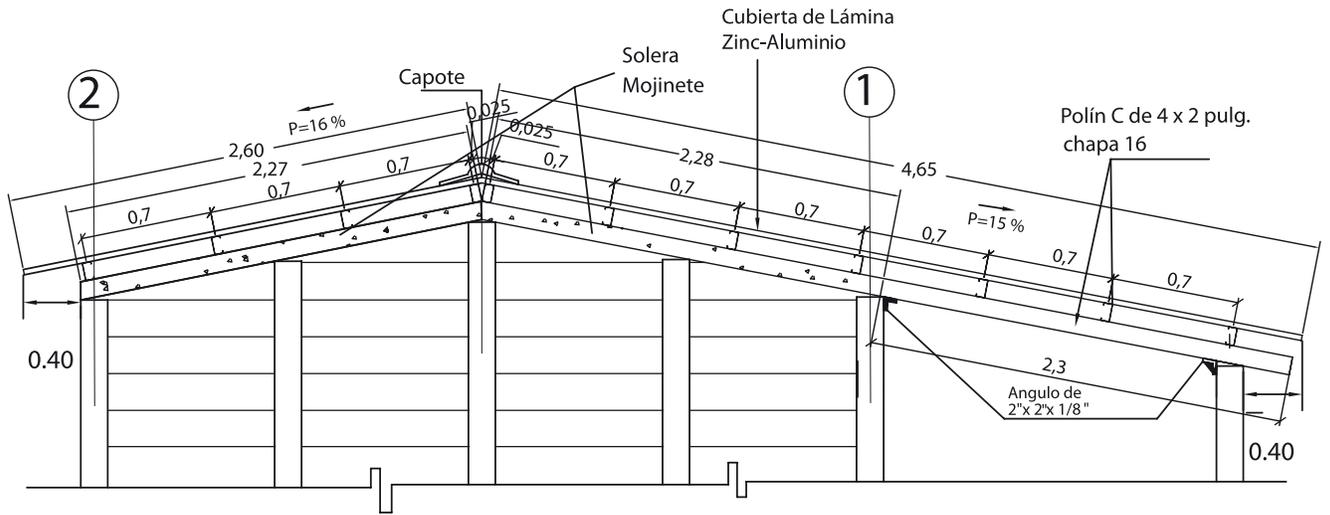
Figura 4.8 Detalle cargadero de puerta y/o ventana.

#### 4.10 Construcción de estructura de techo y cubierta.

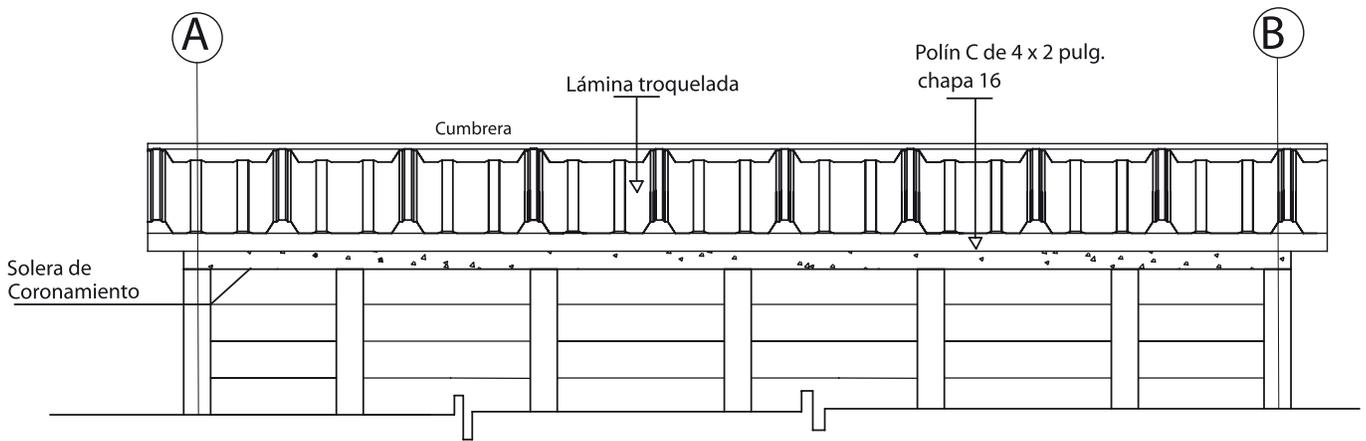
Independientemente del tipo de estructura que se utilice, esta se deberá anclar a la solera de coronamiento por medio de pines, ver figura 4.9, o placas previamente colocados, principalmente cuando la estructura es a base de polín C o perfiles similares.

Si la estructura la constituyen polines espaciales, la varilla inferior deberá quedar embebida en la solera de coronamiento y las dos varillas superiores serán apoyadas y fijadas en la parte superior de la solera.

Para la cubierta, se pueden utilizar las diferentes opciones disponibles en el mercado, entre ellas: Teja de Micro concreto, Lámina de Zinc y Aluminio y Lámina acanalada de fibrocemento. Es importante que el tipo de cubierta se defina desde el momento del diseño de la vivienda, ya que de sus características depende la pendiente del techo a utilizar, la cual es dada por el fabricante. Esta pendiente también define la altura de las columnas prefabricadas y paredes.



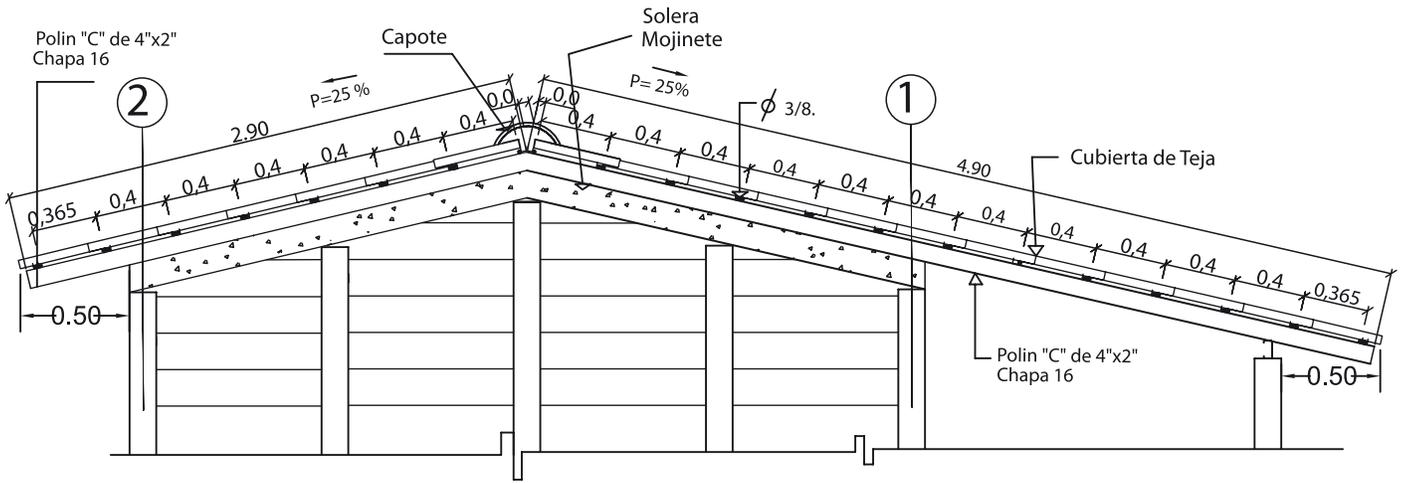
Vista lateral  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polín "C"



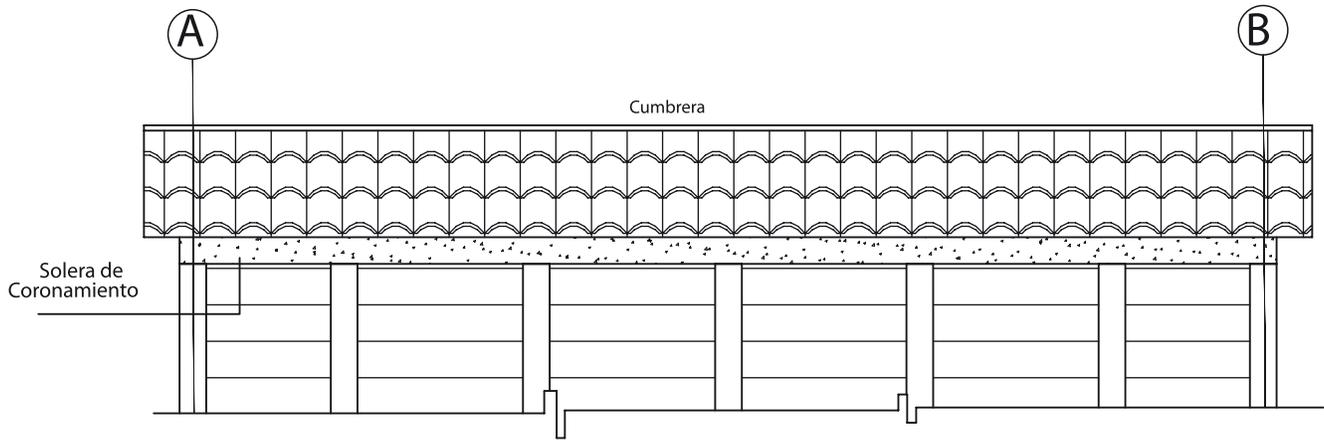
Vista frontal  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polín "C"

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Figura 4.9a Anclaje de estructura a SC utilizando polín C para cubierta de Lámina.**



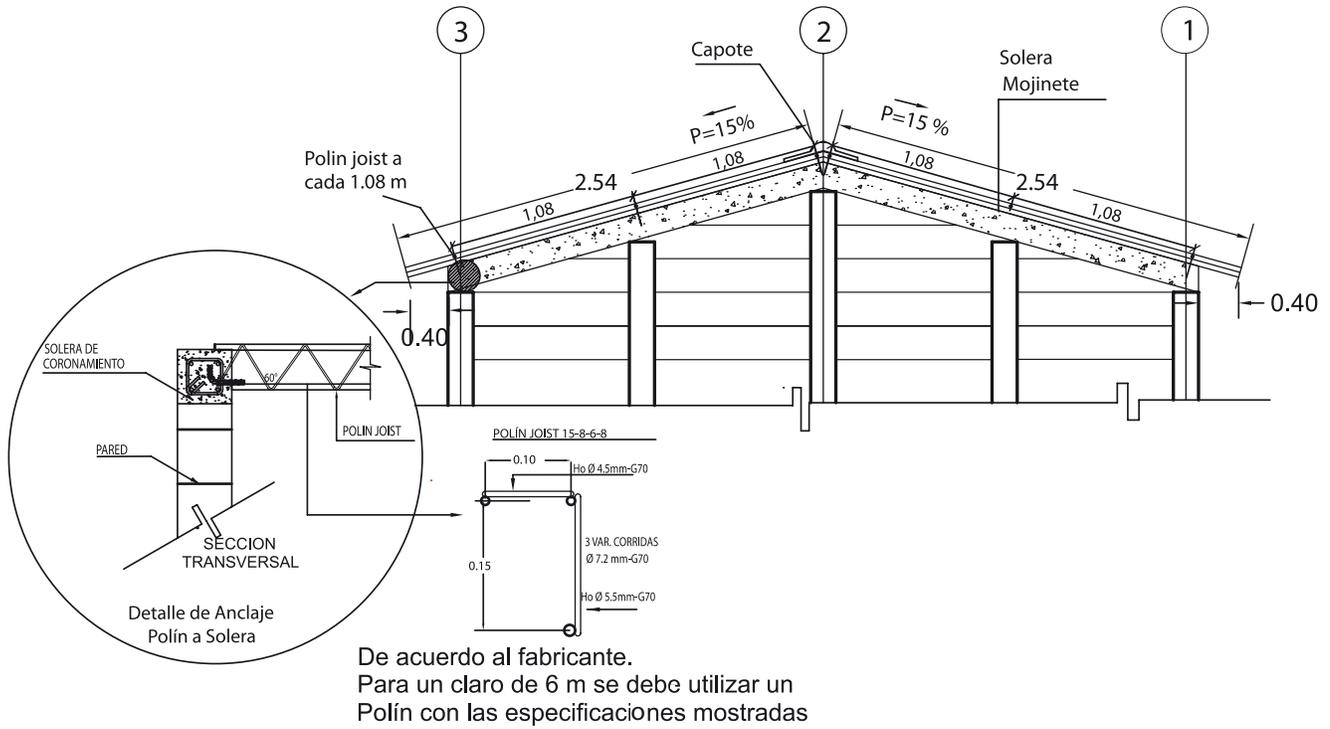
Vista lateral  
detalle de cubierta de teja  
utilizando polín "C"



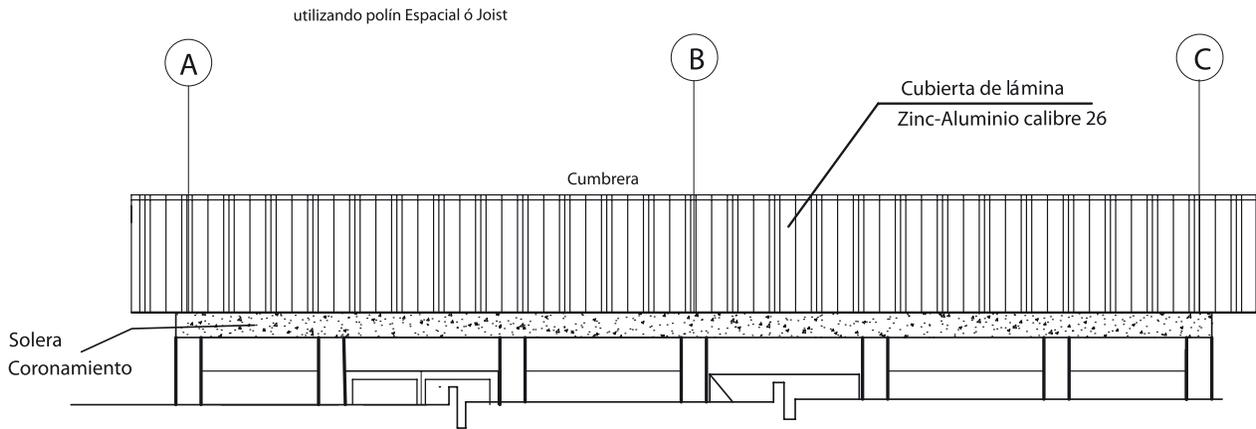
Vista frontal  
detalle de cubierta de teja  
utilizando polín "C"

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

Figura 4.9b Anclaje de estructura a SC utilizando polín C para cubierta de Teja.



Vista lateral  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polin espacial ó polin joist



Vista frontal  
detalle de cubierta de lámina  
utilizando polin espacial ó polin joist

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

**Figura 4.10 Anclaje de estructura a SC utilizando polin espacial o Joist para cubierta de Lámina.**

### 4.11 Colocación de puertas y ventanas.

#### Colocación de puertas:

Dependiendo del giro y abertura de la puerta (al interior o exterior), el marco deberá anclarse en sus laterales a uno de los bordes de las columnas por medio de pines de varilla No. 2, que serán previamente empotrados en las mismas columnas por lo menos a una profundidad de 25 mm.

El marco superior deberá quedar anclado al

cargadero ó solera de coronamiento, perforando previamente con un taladro y fijándose por medio de tornillos.

En las figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14 se ejemplifica la ubicación de lo recibidores utilizando puertas troqueladas o metálicas, cuando se tienen giros interiores o exteriores.

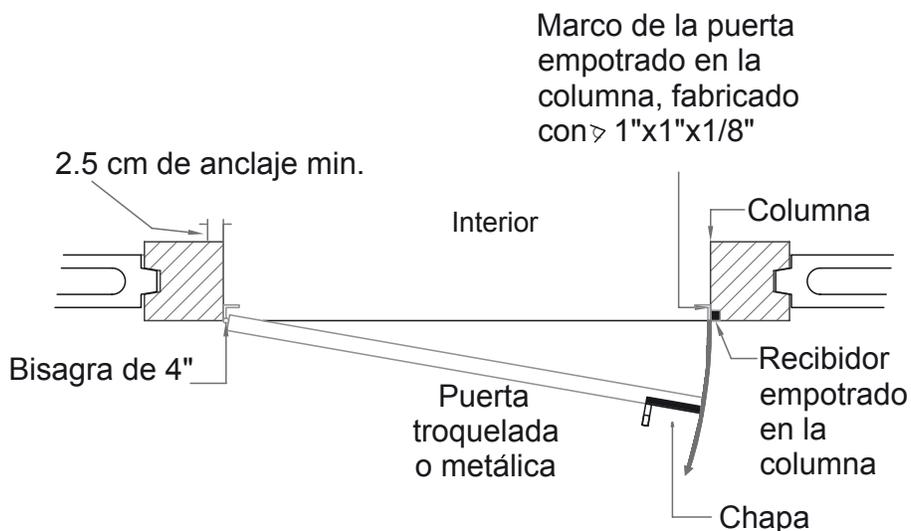


Figura 4.11 Puerta con giro hacia el exterior y recibidor en columna.

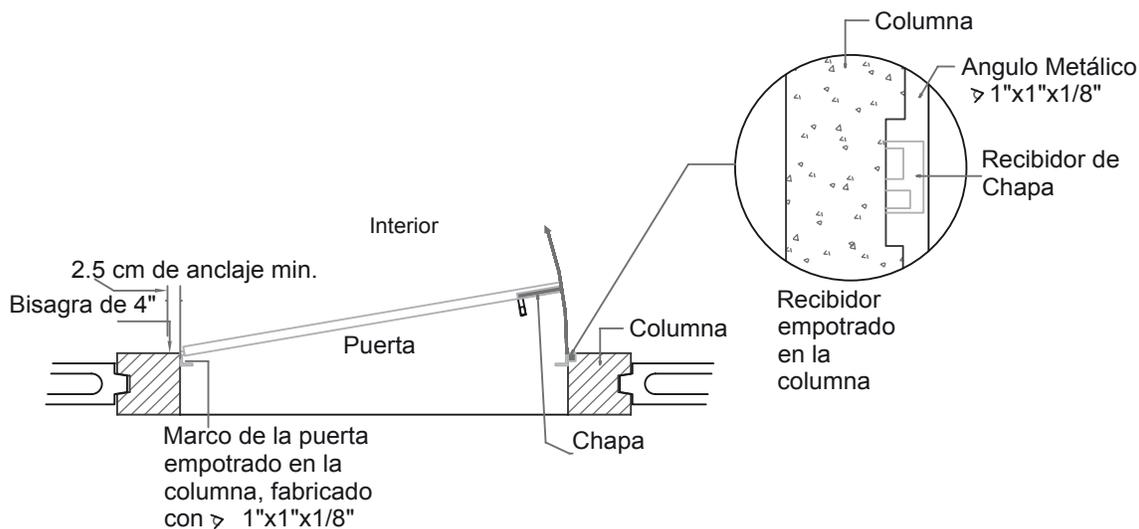
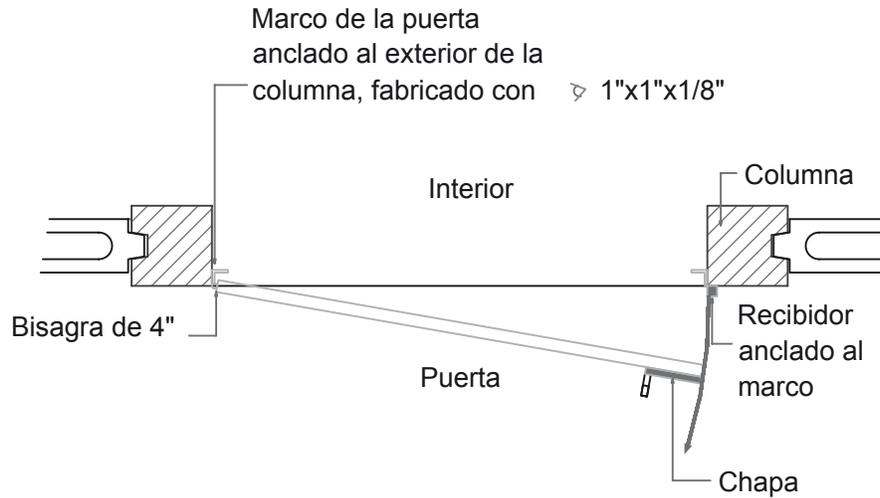
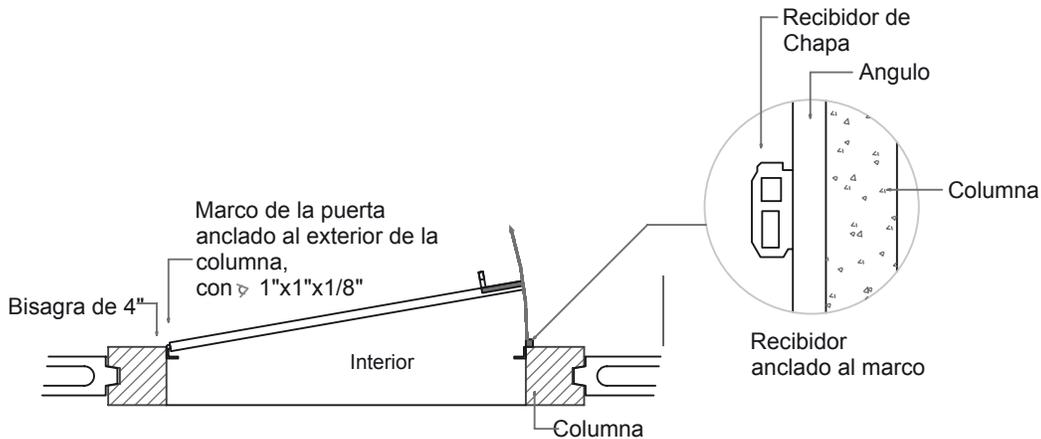


Figura 4.12 Puerta con giro hacia el interior y recibidor en columna.

Para no perforar en exceso o demoler los bordes de las columnas, preferiblemente el recibidor y la chapa deberán quedar externos, soldados al marco de la puerta. Si esto no es posible, se deberá picar el borde de la columna y conectar con soldadura para colocar la pieza del recibidor.



**Figura 4.13 Puerta con giro hacia el exterior y recibidor externo.**



**Figura 4.14 Puerta con giro hacia el interior y recibidor externo.**

### *Colocación de ventanas:*

Preferiblemente se debe colocar una pieza prefabricada de repisa para ventana. Si no se cuenta con esta pieza, se deberán llenar las celdas del bloque panel que sirve de base y dejar embebidos en ellas pines de varilla No.2 para la fijación en la base inferior de la ventana.

Para la fijación lateral, perforar con un taladro el borde de la columna, colocar pines y luego anclar el marco de la ventana, o dejar anclas plásticas en las perforaciones para después fijar con tornillos. El método a seleccionar dependerá del tipo de ventana.

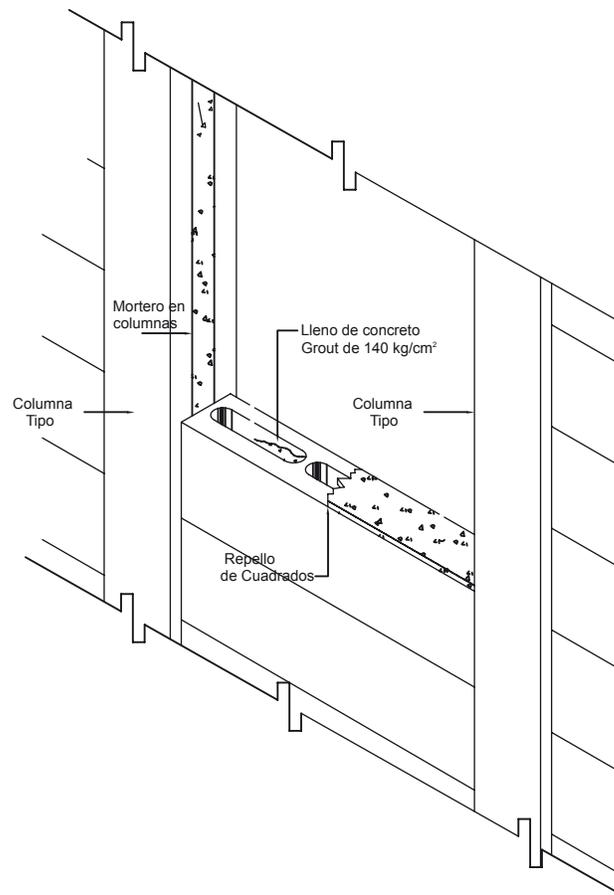


Figura 4.15 Detalle de repisa para hueco de ventana.

## 4.12 Colocación de ductos para electricidad y agua potable.

### DUCTOS PARA ELECTRICIDAD

La colocación de ductos, cajas para interruptores, tomacorrientes y demás accesorios a utilizar en las instalaciones eléctricas, deberán ser colocados siempre dentro de las celdas de las unidades de bloque panel, tal como se muestra en la figura 4.14 con los resanes posteriores. No es recomendable la colocación de ductos y cajas dentro de las columnas prefabricadas, aún cuando no estén ubicadas en puntos principales para la estructuración de la vivienda.

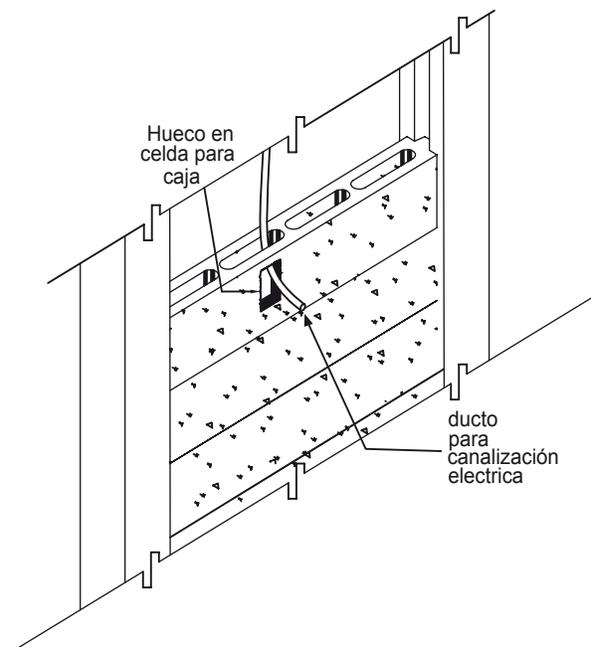


Figura 4.16 Ubicación de ductos y cajas eléctricas.

## TUBERÍA PARA AGUA POTABLE

Las tuberías para agua potable deberán quedar embebidas en las celdas de las unidades de bloque panel.

### 4.13 Acabados.

El sistema bloque panel no requiere de acabados especiales, sin embargo se debe tener el cuidado de realizar el sisado vertical de paredes en las uniones de bloque panel-columna, este proceso se recomienda realizarlo posterior al colado de la solera de coronamiento para evitar fisuras. Se debe procurar también la realización de cuadrados (repello y afinado) en la solera de coronamiento y marcos de puertas y ventanas, así como el perfilado de las aristas de columnas

para corregir cualquier desgaste causado por la manipulación.

Si se quiere mejorar la apariencia ó protección de las paredes por la intemperie, se puede aplicar un acabado final con lechada de cemento o repello de paredes con mortero.

### 4.14 Pisos.

El tipo de piso a utilizar queda a criterio del usuario, ya que no existe ninguna limitación para la aplicación de las diferentes alternativas existentes en el mercado convencional. Entre las alternativas de pisos económicos recomendados para la vivienda social se tienen: Piso de mortero con base de piedra cuarta (fraguado), piso de ladrillo de cemento y piso de mortero ó concreto, de acuerdo a las figuras 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20.

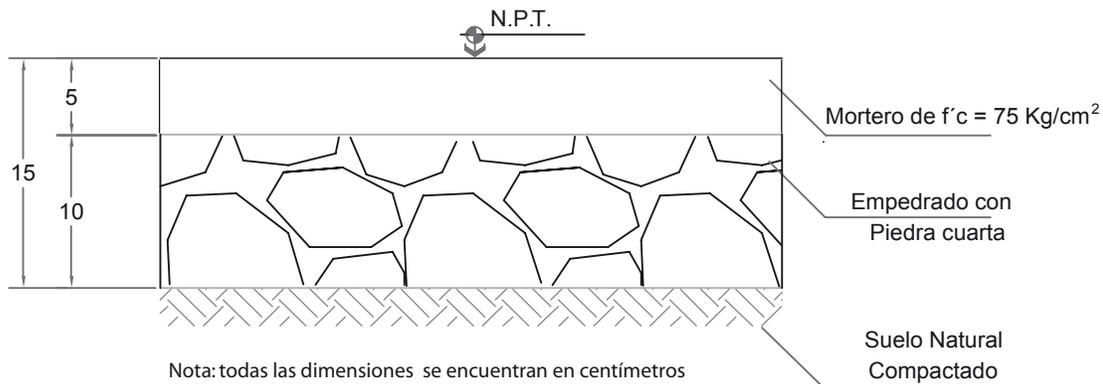


Figura 4.17 Empedrado fraguado con piso de mortero.

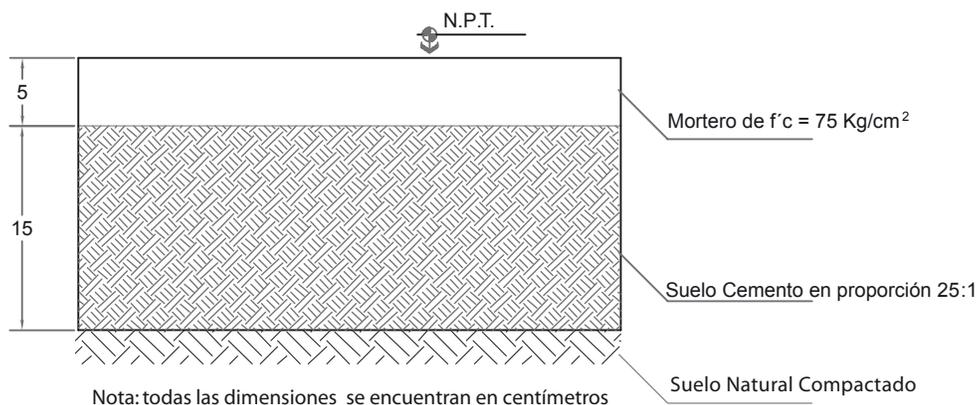
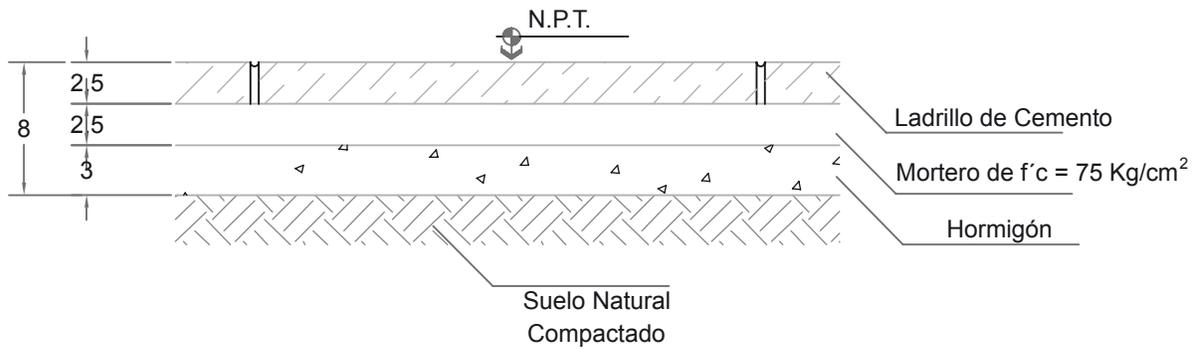
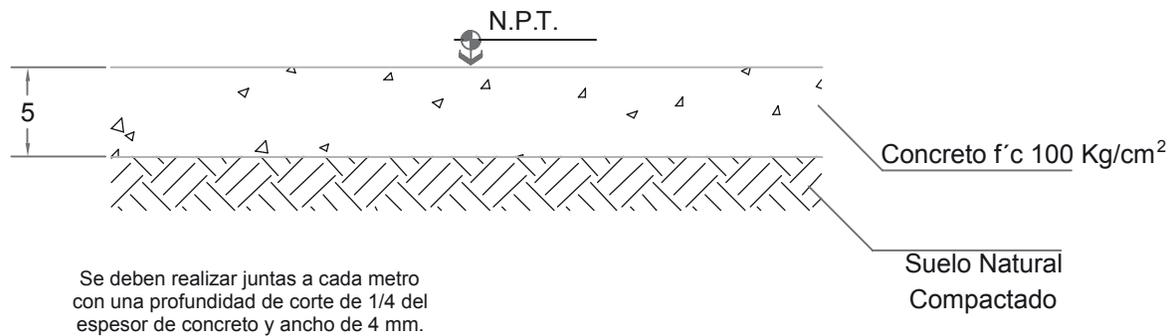


Figura 4.18 Piso de mortero con base de suelo cemento.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.19 Piso de ladrillo de cemento.**



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

**Figura 4.20 Piso de concreto.**

En general, según las condiciones de suelo para la construcción de los diferentes tipos de pisos se debe realizar una restitución de suelo o estabilización con cemento, de tal manera que se eviten los posibles asentamientos o deformaciones que puedan darse cuando existen suelos plásticos o contaminados.

**ANEXO A:  
FABRICACIÓN DE ELEMENTOS  
COMPONENTES**



## A.1 Fabricación de elementos componentes.

La fabricación de los componentes del sistema bloque panel juega un papel indispensable en el comportamiento de la vivienda, ya que al momento de su recepción, el constructor únicamente realizará algunos ensayos que le garanticen las propiedades mecánicas que el sistema demande, debido a que es el productor el responsable de que los componentes cumplan los requisitos mínimos para su utilización.

A continuación y de manera general, en este apartado se expondrán algunas consideraciones importantes de las instalaciones necesarias para la fabricación de los componentes del sistema, proceso de fabricación de los mismos y características de equipo.

## A.2 Características de las plantas de producción y secuencia productiva.

Los elementos componentes del sistema bloque panel se pueden elaborar de diferentes maneras, desde una fabricación manual hasta una totalmente automatizada, por lo tanto no es el fin de este manual limitar las condiciones de producción, sino más bien dar una guía para la distribución de zonas de una planta que cumpla las exigencias mínimas que requiere cada uno de los procesos.

### A.2.1 Infraestructura básica de las plantas de producción.

El espacio para la fabricación de los elementos debe brindar condiciones básicas que garanticen la obtención de productos con calidad, y su tamaño dependerá de la escala de producción,

tipo de maquinaria y curado, sin embargo, se debe disponer indispensablemente de instalaciones que protejan del sol, lluvia y viento en las áreas de elaboración del producto, curado e incluso una parte de almacenamiento.

Los pisos deben ser bien nivelados, tanto en el área de trabajo como de almacenamiento y aislados de la humedad.

Las zonas que se deben definir en una planta de producción básicamente son:

- Zona de materiales (recepción y almacenamiento).
- Zona de producción.
- Zona de almacenamiento.

### *Zona de recepción y almacenamiento de materiales:*

En este lugar principalmente se recibirá el cemento, los agregados y si fuera necesario aditivos y agua. El lugar debe ser amplio, para permitir que los vehículos que transportan el material puedan maniobrar fácilmente, además de la disposición de espacios para control de los diferentes tipos de materiales que se provea.

Es importante que el cemento se almacene en lugares protegidos de humedad, de tal manera que se pueda utilizar el cemento de mayor edad o antigüedad. En cuanto a los agregados, estos deben almacenarse separados según su tamaño, con el objetivo de que no se mezclen entre sí o se contaminen con otro tipo de material (aceite, desperdicios, combustible, polvo, etc.).

### *Zona de producción:*

Comprende las áreas de dosificación, elaboración y curado. Además es necesario considerar las áreas destinadas a la circulación de equipos encargados

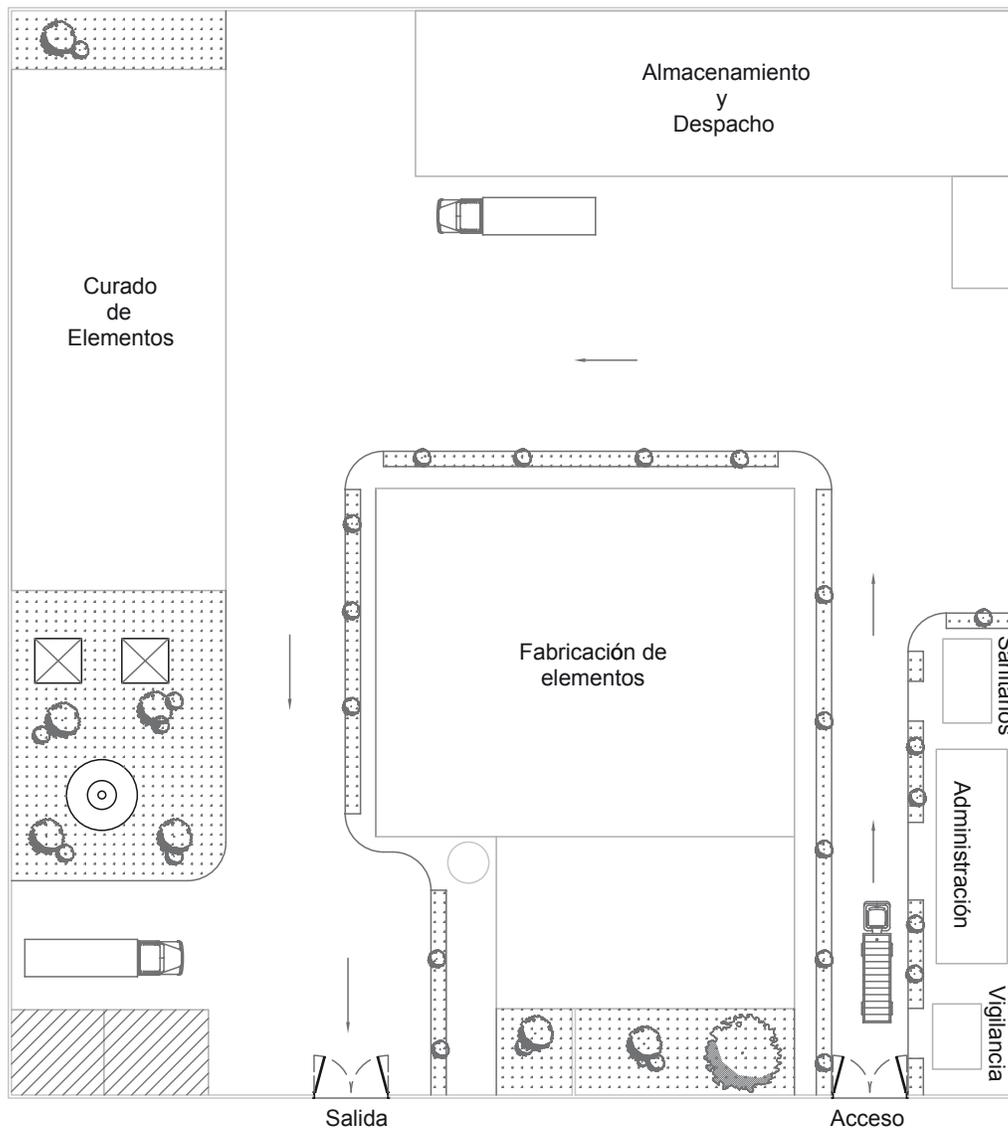
del transporte de materiales y productos. Si existiere, el área de esta zona dependerá del tipo y cantidad de equipos disponibles.

**Zona de almacenamiento y despacho de productos:**

Es la zona destinada al almacenamiento y despacho de productos terminados. Estas zonas serán establecidas de manera paralela al proceso

de fabricación de los paneles, ya que según las cantidades diarias de producción así será la demanda de espacios. De igual manera para las columnas.

En la figura A.1 se muestra la distribución de las diferentes zonas para una planta típica de producción de elementos del sistema bloque panel.



**Figura A.1: Distribución típica para una planta de producción**

### A.2.2. Recurso humano.

Con la aplicación de este manual no se pretende limitar o sobredimensionar las características de producción de los componentes del sistema, sino más bien ser guía de aplicación de acuerdo a las condiciones que el usuario pueda tener, por lo tanto el recurso humano puede variar según el caso, por ejemplo si se posee una maquina semi-manual para la elaboración de paneles, basta con un operador de la misma, que también sería el encargado de depositar la mezcla en ella, y otras dos personas adicionales encargadas de la colocación de materiales, mezclado y vaciado del concreto, según el tipo de mezclador con que se

cuenta, pero si se tiene un mezclador automático, éste dosificará los materiales y basta con el operador de la misma para realizar el proceso. Si se cuenta con una máquina de mezclado con dosificación externa, es necesario contar con dos personas como mínimo.

De acuerdo a lo anterior, el usuario definirá cual sería la competencia técnica que le demande su proceso.

En la figura A.2 se esquematiza lo que podría ser un proceso manual e industrial, en la cual se denota la capacidad requerida del personal según el tipo de proceso.

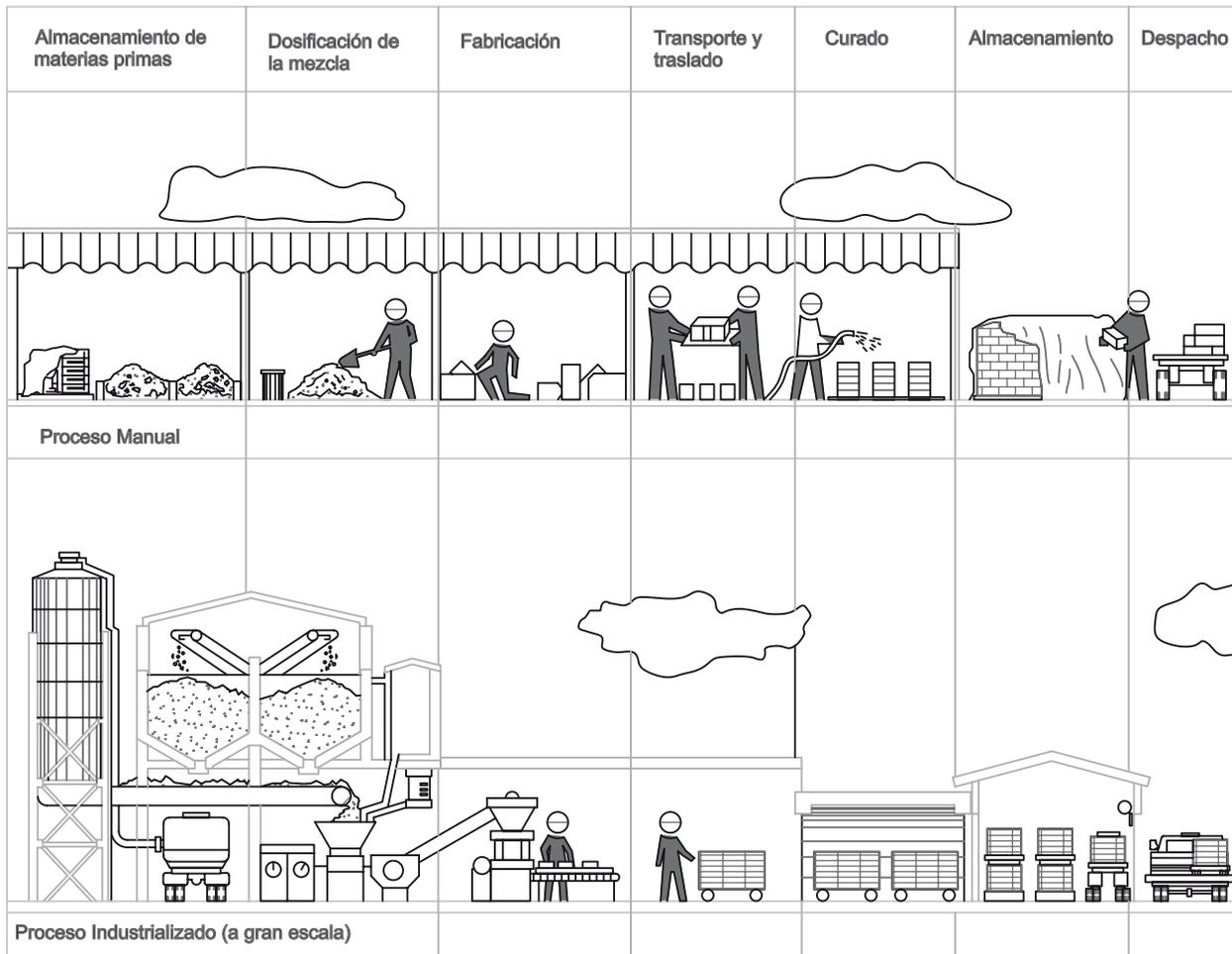


Figura A.2: Esquemática de procesos de producción manual e industrial

### A.2.3. Características generales del equipo de producción.

Existe una variedad de equipos con los cuales se pueden elaborar los componentes del sistema bloque panel que se adecuan a las condiciones, utilización de elementos auxiliares y diferentes tiempos por ciclo de producción.

Las máquinas móviles reciben el nombre de "ponedoras" las demás se conocen como "estáticas" o fijas, las cuales generalmente se les denomina "bloqueras".

Cuando la máquina es estática, en algunos casos tiene adosada la mezcladora, lo cual es una ventaja que permite un rendimiento muy alto en

la fabricación de bloques, libre del problema de suministro de mezcla, pero cuando no es así, se requiere una dosificación manual, lo cual hace más lenta la producción, siendo necesario, en ambos casos, trasladar los paneles en bandejas hasta la zona de fraguado.

Si se dispone de una máquina ponedora, se colocarán los bloques directamente en la zona de fraguado con la consecuente economía de evitar transporte y uso de bandejas así como la disminución de daños en los bloques por la manipulación, la desventaja es que la máquina ponedora no posee su mezclador propio, por lo tanto requiere suministro externo de mezcla, al mismo tiempo la extensión del área para tender los bloques debe ser amplia y estar cubierta.

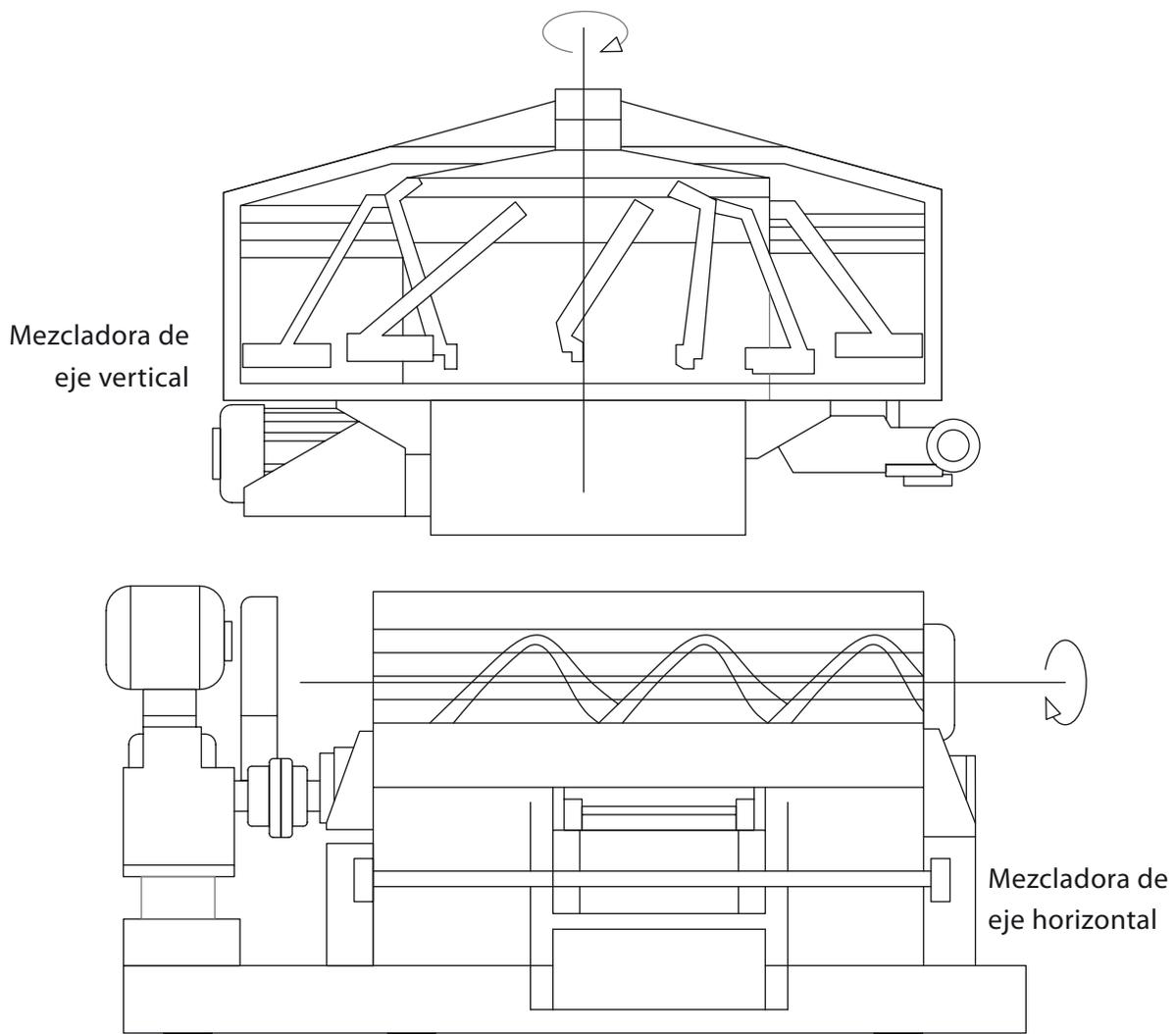


Figura A.3: Mezcladores de eje vertical y horizontal

En general, independientemente del tipo de máquina para la elaboración de los bloques se debe contar con una mezcladora de eje vertical, de preferencia, tanto para la mezcla del concreto de los bloques como para las columnas, de acuerdo a figura A.3.

- Dosificado.
- Mezclado.
- Llenado.
- Fraguado.
- Curado.
- Almacenamiento.

**A.2.4. Descripción general del ciclo de producción.**

El ciclo de producción para las columnas y bloques es bastante similar, con la única diferencia que para las columnas es necesario realizar previamente el armado y posterior desmoldado. Los procesos básicos son:

La variabilidad de ellos dependerá de los recursos e instalaciones, personal y equipo. En la siguiente figura se esquematiza de manera general el proceso (Ver figura A.4).

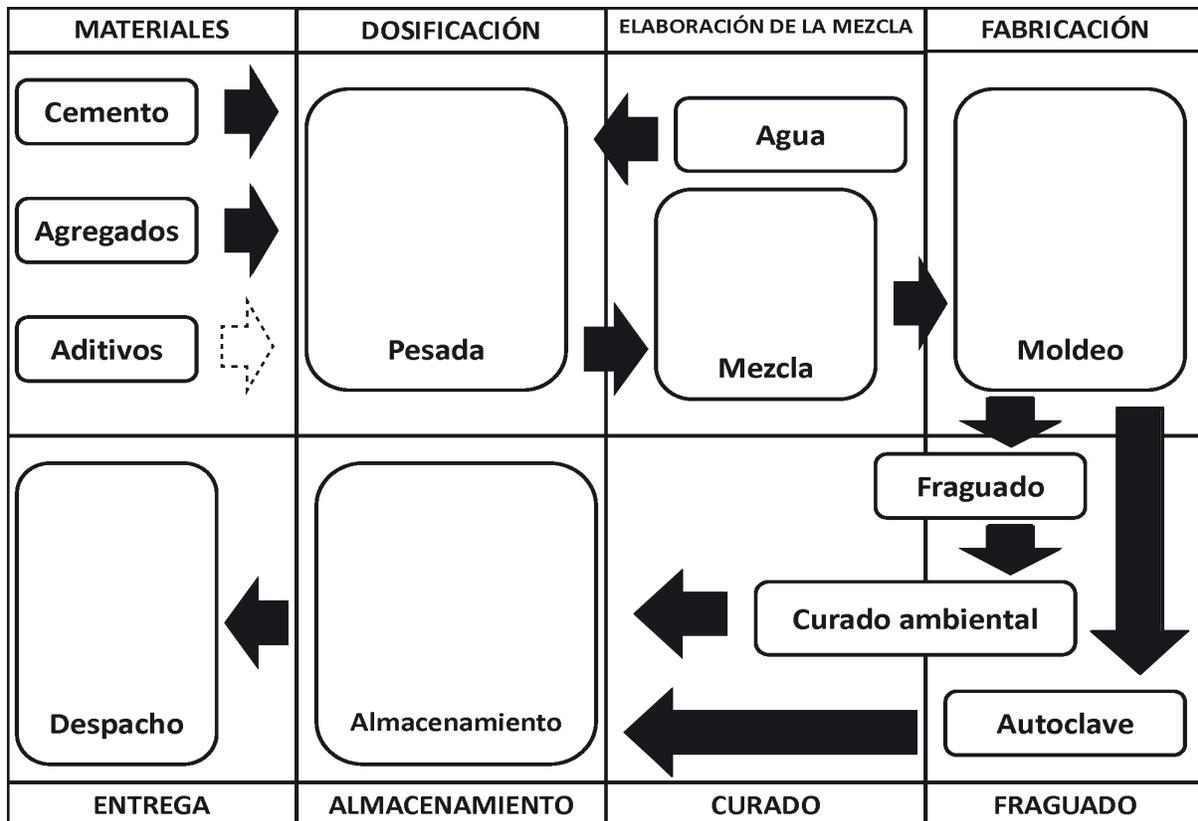


Figura A.4: Esquemmatización del ciclo de producción

## **A.3 Proceso de fabricación del bloque panel y columnas.**

### *A.3.1. Especificaciones técnicas de los materiales.*

Debido a que en El Salvador no se cuenta con una normativa local que rija especificaciones de materiales para concreto y acero, será necesario basarse en las recomendaciones de las normativas internacionales de la ASTM.

Los materiales a utilizar en la fabricación de bloques son:

- Cemento.
- Arena.
- Agregado grueso: de peso normal y/o de bajo peso volumétrico.
- Agua.

#### **Cemento**

Lo recomendable es utilizar un cemento que sea de resistencia temprana, como el cemento ASTM C 1157 tipo HE, el cual se ajusta mejor a las condiciones de producción de elementos prefabricados.

#### **Agregados**

Los agregados deben ser limpios y estar libres de materia orgánica e impurezas, que no contengan partículas corrosivas, por la eflorescencia que se pueda reflejar en los elementos, y lo perjudicial que puede ser para el acero de refuerzo.

La graduación de los agregados para la fabricación de las columnas debe ser tal que cumpla los requisitos de la norma ASTM C 33. Con agregados de tamaño máximo de 1/3 del recubrimiento, el cual varía de acuerdo al tipo de columna. Para los bloques el tamaño máximo del agregado a utilizar en la mezcla debe ser de 1/2 pulgada.

De acuerdo al ACI 211.3, Apéndice 6. Para la fabricación de bloques lo más recomendable es obtener una combinación de óptima de agregados según la disponibilidad, para reducir el consumo de cemento y agua y mejorar la apariencia y resistencia de la unidad.

#### **Agua**

El agua debe ser potable; no debe contener materia orgánica, azúcares u otras sustancias químicas que afecten la durabilidad y resistencia de los paneles, columnas y bloques. Las aguas saladas aceleran el fraguado, generan eflorescencia en la superficie del concreto y sobre todo es nocivo cuando se tiene refuerzo en el concreto.

#### **Acero**

La calidad del acero se rige de acuerdo a los requerimientos mostrados en la sección 4.2.2 y 4.3.1

### *A.3.2 Proceso de fabricación.*

En cuanto al proceso de fabricación de los elementos componentes, el más complejo es de los bloques, ya que requiere procedimientos y técnicas poco usuales que varían de acuerdo al equipo que se utilice, siendo el más común el de vibro compactación en moldes colocados sobre tarimas de madera o metal que posteriormente se retiran al sitio de curado.

- Mezclado de materiales: lo recomendable es que se inicie con el agregado grueso, después el fino y posteriormente el cemento, sin embargo, en algunos casos puede cambiar el orden, por el tipo de mezcladora, si es de eje vertical u horizontal ya que al colocar en primer lugar el agregado grueso podría tender a acumularse en el fondo y pegarse, por lo tanto se podría optar en colocar en primer lugar la arena, después la grava y de último el cemento y agua.

- Colocación y mezclado en la máquina vibro compactadora: se coloca en primer lugar mezcla hasta llenar el molde y se inicia únicamente la vibración para que el material se acomode y luego agregar más, posteriormente se dejan caer los martillos por un rango de tiempo de 2 a 5 minutos, lo cual varía de acuerdo a la consistencia de la mezcla y características de equipo, por lo tanto deberá determinarse a prueba y error para definir el tiempo exacto.

Las bandejas que se utilicen deben estar correctamente empalmadas, con una superficie superior plana y lisa. Después de cada uso se le debe pasar una espátula para desprender los residuos de concreto y cada cierto tiempo se debe revisar las condiciones por el desgaste.

Después de cumplir el tiempo de vibro compactación se deben retirar las bandejas con los bloques. Esto se puede realizar de

dos formas de acuerdo a las condiciones, con montacargas (sistema utilizado en instalaciones automáticas) ó de forma manual, evitándose los movimientos bruscos.

- Transporte a la Zona de Fraguado y curado: lo ideal es dejar los bloques protegidos de climas adversos y sin perturbación ni vibración por al menos 24 horas, para que el concreto fragüe, posterior a las 24 horas se debe controlar la humedad de los bloques ya que de ella depende la evolución de la resistencia.

### *A.3.3. Control de elementos fabricados en la producción.*

El control de los elementos componentes se realizará por medio de ensayos de resistencia a compresión en bloques y resistencia a compresión en muestras de concreto para las columnas de acuerdo a lo expresado en las secciones 2.1.2 y 2.2.2 de este manual.



**ANEXO B:**  
**EJEMPLO DE APLICACIÓN PRÁCTICA PARA**  
**EL DISEÑO Y/O REVISIÓN ESTRUCTURAL**  
**DEL SISTEMA BLOQUE PANEL**



## B.1 Ejemplo para la aplicación del diseño y/o revisión estructural.

Con la finalidad de explicar en detalle el procedimiento de diseño y/o revisión estructural del sistema bloque panel, se ha considerado el desarrollo de un ejemplo correspondiente a una vivienda tipo Módulo Básico de dicho sistema con las características siguientes y como se muestra en la figura B.1.

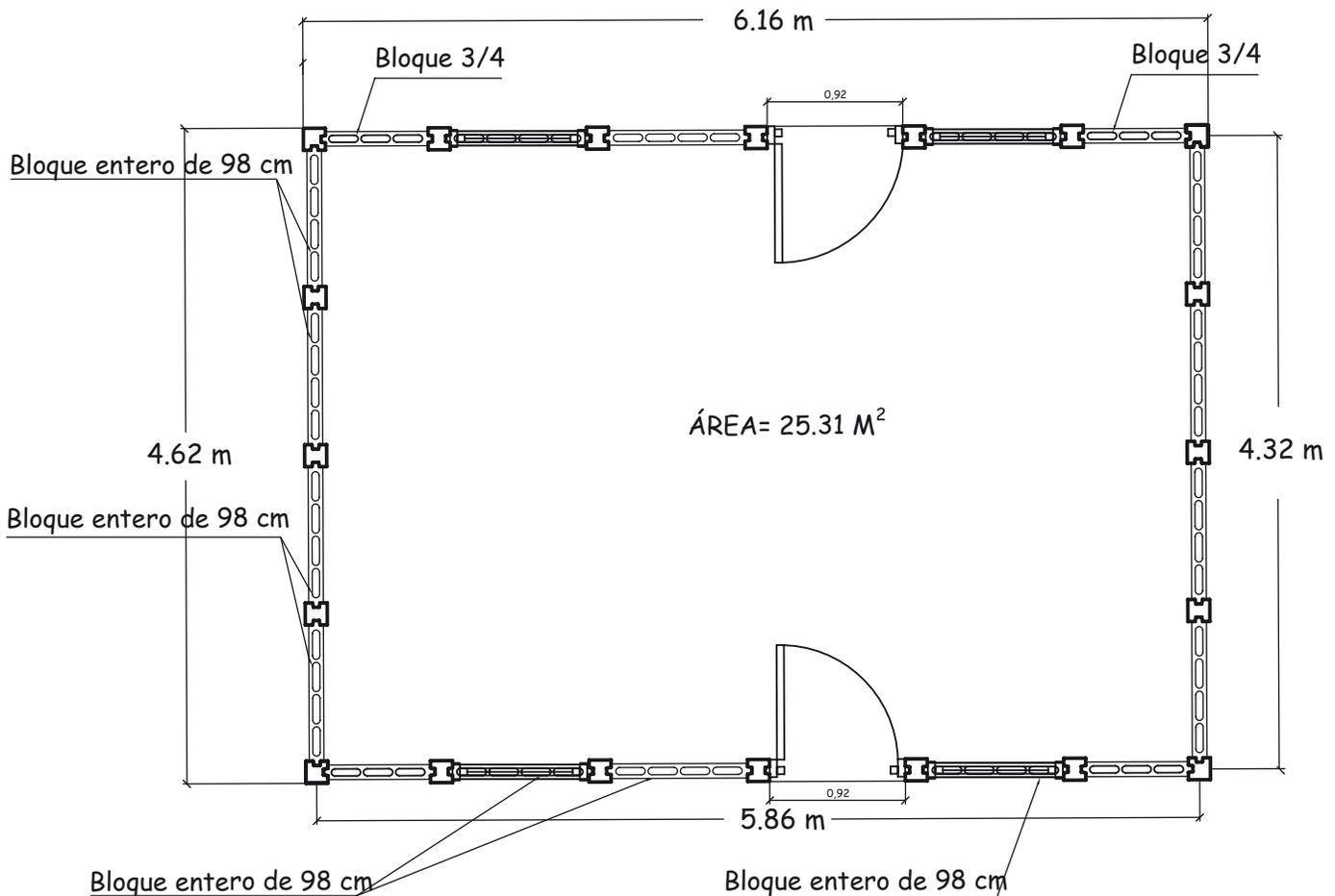
Dimensiones a caras: 4.62 m x 6.16 m

Área total de paredes incluyendo mojinetes:  
60.9 m<sup>2</sup>

Peso por área de pared: 200 kg/m<sup>2</sup>

Área total de techo: 38.4 m<sup>2</sup>

Peso por área de techo: 100 kg/m<sup>2</sup>, considerando una cubierta de Teja de Microconcreto y estructura metálica.



Planta Arquitectónica

Fig. B. 1. Plano de vivienda típica de Bloque Panel.

*Revisión considerando carga lateral en el plano.*

Paso N°1.

*Análisis de cargas y demanda sísmica.*

$$W_{paredes} = 0.2 \text{ ton/m}^2 * 60.9 \text{ m}^2 = 12.18 \text{ t.}$$

$$W_{techo} = 0.1 \text{ ton/m}^2 * 38.4 \text{ m}^2 = 3.84 \text{ t.}$$

$$W_{vivienda} = 12.18 \text{ t} + 3.84 \text{ t} = 16.02 \text{ t.}$$

El cortante de demanda sísmica será:

$$V_{demanda} = W_{vivienda} * C_s = 16.02 \text{ t} * 0.3 = 4.81 \text{ t.}$$

Es importante mencionar, que la vivienda en la dirección de mayor longitud tiene 8 paneles completos que soportaran el cortante (considerando 2 paredes en dicho sentido), sin embargo en la dirección más corta tiene solamente 7 paneles resistentes, por tanto, el cortante de demanda calculado se distribuye de acuerdo a lo siguiente:

En dirección de mayor longitud.

$$V_{en \text{ cada panel}} = V_{demanda} / \text{Número de paneles} = 4.81 \text{ t} / 8 \text{ paneles} = 0.6 \text{ t}$$

En dirección de menor longitud.

$$V_{en \text{ cada panel}} = V_{demanda} / \text{Número de paneles} = 4.81 \text{ t} / 7 \text{ paneles} = 0.69 \text{ t} \rightarrow \text{Se toma este como el cortante por panel}$$

PASO N°2. REVISIÓN DE DEMANDA Y RESISTENCIA DEBIDO A LAS COLUMNAS.

Para el caso del ejemplo que se está analizando, tenemos que el acero de refuerzo longitudinal utilizado en la fabricación de las columnas, tiene un esfuerzo de fluencia de:  $f'_y = 4900 \text{ kgf/cm}^2$  y constituido por 4 varillas de 7.2 mm de diámetro con un área transversal de  $0.41 \text{ cm}^2$  cada una.

Así, al revisar por tensión la columna, se tiene:

$$T_{cn} = A_{SV} * f'_y = 4 * 0.41 \text{ cm}^2 * 4900 \text{ kgf/cm}^2 = 8,036 \text{ kg} = 8.04 \text{ t}$$

Debido a que la separación de las columnas,  $S$ , es de 1m y la altura  $h$  de la pared es 3.0 m, entonces en este segmento se desarrolla un cortante nominal de:

$$V_{RNT/panel} = (T_{cn} * S) / h = 8.04 \text{ t} * 1 \text{ m} / 3.0 \text{ m} = 2.68 \text{ t.}$$

$$F_R * V_{RNC/panel} = 0.7 * 2.68 \text{ t} = 1.88 \text{ t} \geq V_{demanda/panel} = 0.69 \text{ t} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Paso N°3. Revisión de demanda y resistencia debido a la compresión diagonal de la mampostería.

De los resultados obtenidos en la fase experimental de bloque panel proyecto Taishin Fase I, se determinó un valor promedio de la resistencia a la compresión diagonal de primas  $\bar{U}_m = 9.9 \text{ kgf/cm}^2$  y un coeficiente de variación  $C_v = 35.9\%$ . El área bruta de la sección transversal de la mampostería de un panel con 1 m como separación de columnas es  $A_T = 840 \text{ cm}^2$ .

Por tanto, se tiene:

$$V_m = \bar{U}_m / (1 + 2.5 * C_v) = 9.9 \text{ kgf/cm}^2 / (1 + 2.5 * 0.359) = 5.22 \text{ kgf/cm}^2$$

$$V_{RNM/panel} = 0.85 * V_m * A_T = 0.85 * 5.22 \text{ kgf/cm}^2 * 840 \text{ cm}^2$$

$$V_{RNM/panel} = 3727 \text{ kg}$$

$$V_{RNM/panel} = 3.73 \text{ t.}$$

$$F_R * V_{RNM/panel} = 0.7 * 3.73 \text{ t} = 2.61 \text{ t} \geq V_{demanda/panel} = 0.69 \text{ t.} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

*Revisión considerando carga fuera del plano.*

Paso N°1. Análisis de cargas y demanda sísmica.

Se analizará en este apartado la revisión de la pared izquierda de la figura B.1 considerando una altura de 3.0m.

De cálculos realizados durante los ensayos se determina que las paredes poseen un peso por unidad de área igual a 0.20 ton/m<sup>2</sup> y debido al techo recibe una carga distribuida de 0.05 ton/m<sup>2</sup>, totalizando una carga distribuida, de 0.25 ton/m<sup>2</sup>. Por otro lado se considera un coeficiente sísmico de 0.3 de acuerdo a la Norma Especial de Vivienda.

La demanda sobre la pared es:

$$q = C_s * \omega = 0.3 * 0.25 \text{ ton/m}^2 = 0.075 \text{ ton/m}^2$$

Esta carga representa la carga distribuida en la figura 3.7

L= 4.30 m. a ejes de columnas, y h = 3.0 m se determina la relación de peralte

$$h/L = 3.0 / 4.30 = 0.7$$

El momento por metro lineal en la base de la pared es de

$$M_{bp} = 0.216 qh^2 = 0.216 * 0.075 * 3.0^2 = 0.1458 \text{ ton-m/m.}$$

El momento al centro de la solera de coronamiento  $M_{cs}$  es

$$M_{cs} = 0.0599 q L^2 = 0.0599 * 0.075 * 4.3^2 = 0.083 \text{ ton-m.}$$

El momento total en la base de la pared será igual a:

$$M_{bt} = M_{bp} * L = 0.1458 \text{ ton-m/m} * 4.3 \text{ m} = 0.627 \text{ ton-m}$$

Cada columna tendrá una demanda en su base de:

$$M_{bc} = M_{bt} / \# \text{ de columnas sujetas a flexión} = 0.627 \text{ ton-m} / 3 \text{ columnas}$$

$$M_{bc} = 0.209 \text{ ton-m.}$$

### Paso N°2. Revisión de demanda y resistencia en columnas.

Si la resistencia nominal a compresión del concreto,  $f'_c$  es de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, mientras que  $f'_y$  es de 4900 kgf/cm<sup>2</sup>, además,  $b = 15 \text{ cm}$ , y el área transversal de cada varilla de acero de refuerzo longitudinal es de 0.41 cm<sup>2</sup>, tenemos:

$$a = A_{st} * f'_y / 0.85 * f'_c * b = 2 * 0.41 \text{ cm}^2 * 4900 \text{ kgf/cm}^2 / (0.85 * 210 \text{ kgf/cm}^2 * 15 \text{ cm})$$

$$a = 1.5 \text{ cm}$$

$$M_{RNC} = A_{st} * f'_y * (d - a/2) = 2 * 0.41 * 4900 \text{ kgf/cm}^2 * (12.04 \text{ cm} - 1.5 \text{ cm} / 2)$$

$$M_{RNC} = 45363 \text{ kg-cm} = 0.45 \text{ ton-m}$$

$$M_{RNC} = 0.45 \text{ ton-m} \geq M_{bc} = 0.209 \text{ ton-m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

### PASO N°3. REVISIÓN DE DEMANDA Y RESISTENCIA EN SOLERA DE CORONAMIENTO.

Sean  $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $b = 15 \text{ cm}$ ,

$$a = A_s * f'_y / 0.85 * f'_c * b = 2 * 0.71 \text{ cm}^2 * 2800 \text{ kgf/cm}^2 / (0.85 * 210 \text{ kgf/cm}^2 * 15 \text{ cm})$$

$$a = 1.48 \text{ cm}$$

$$M_{RNS} = A_s * f'_y * (d - a/2) = 2 * 0.71 \text{ cm}^2 * 2800 \text{ kgf/cm}^2 * (11.39 \text{ cm} - 1.48 \text{ cm} / 2)$$

$$M_{RNS} = 42344 \text{ kg-cm} = 0.42 \text{ ton-m}$$

$$M_{RNS} = 0.42 \text{ ton-m} \geq M_{cs} = 0.083 \text{ ton-m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

En este caso no hay excedente de momento debido a la flexión en la base de la pared, por tanto no se revisa la capacidad a tensión en la unión entre las paredes por medio de la solera de coronamiento.

De los cálculos anteriores se determina que el sistema estructural de la vivienda analizada es capaz de resistir las sollicitaciones sísmicas demandadas bajo los criterios considerados.





PROYECTO DE COOPERACIÓN TÉCNICA  
Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Sistema de Difusión de la  
Vivienda Social Sismo-Resistente” TAISHIN – FASE II

