

**PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO
PARA VIVIENDAS DE RESISTENCIA SÍSMICA POR FRICCIÓN.**

OSCAR RICARDO PATIÑO VARGAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005.**

**PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO
PARA VIVIENDAS DE RESISTENCIA SÍSMICA POR FRICCIÓN.**

OSCAR RICARDO PATIÑO VARGAS

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director de Proyecto
ING. MSC. DALTON MORENO G.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005.**

Titulo: Propuesta para el desarrollo de un nuevo sistema constructivo para viviendas de resistencia sísmica por fricción.*

Autor: Oscar Ricardo Patiño Vargas**

Palabras claves

Propuesta desarrollo de sistema constructivo

Resistencia sísmica por fricción

Muros de cortante por fricción

Mampostería por fricción

Descripción o contenido

Se propone el uso de la fuerza de fricción como mecanismo de resistencia sísmica en viviendas de dos pisos, para ello, se prediseña un sistema constructivo de muros de cortante por fricción en mampostería confinada, a partir de módulos prefabricados en concreto simple, los cuales permiten predefinir planos de falla en los que se genere fricción y con ella, resistir los esfuerzos cortantes en el plano del muro inducidos por las sollicitaciones sísmicas.

El alcancé de la propuesta es a nivel de hipótesis y su objetivo principal, es mostrar el enfoque y sus virtudes, dando el paso inicial y motivando nuevas investigaciones, que a futuro permitan entregar a la sociedad Colombiana una nueva opción en sistemas constructivos de vivienda.

Las metodologías de análisis y diseño son fundamentadas en la norma sismorresistente colombiana (N.S.R-98).

Los resultados encontrados son netamente teóricos y requieren de validación experimental, pero, ellos evidencian la potencialidad de la fricción como mecanismo de resistencia sísmica, ya que, permite aprovechar gran parte de la energía suministrada por el mismo sismo a favor de la resistencia sísmica de la propia estructura.

Con la configuración propuesta se consigue que las fuerzas del sismo sean las que induzcan la fuerza de fricción resistentes internas en el muro, relación que permite obtener una mayor resistencia en la medida que aumente la sollicitación, siendo esta la característica estructural mas importante del sistema.

Este comportamiento se logra gracias al diseño del sistema constructivo, que adicionalmente busca utilizar materiales y procedimientos constructivos de fácil consecución en el medio Colombiano.

*Tesis

**Facultad ingenierías físico-mecánicas

Escuela de ingeniería Civil

Director Ing. Msc. Dalton Moreno.

TITLE: Proposal for the development of a new constructive system For houses of seismic resistance by friction.*

Author: Oscar Ricardo Patiño Vargas **

Key words

Proposal development of a constructive system

Seismic resistance by friction

Walls of sharp by friction

Masonry by sharp

Description or content

The use of the force of friction like mechanism of seismic resistance in houses of two floors is proposed in this text, for it, a constructive system of walls of sharp confined is predesigned, using modules prefabricated in concrete simple, which allow to predefine fault planes in which friction is generated, to resist the sharp efforts in the plane of the wall induced by the seismic requesting.

The reached of the proposal is at level of hypothesis and the primary target, it is to show the approach and its virtues, taking the initial step and motivating new investigations, that in the future will allow to give to the Colombian society a new option in constructive systems of houses.

The methodologies of analysis and design are based on Colombian norm (N.S.R-98).

The results founded are only theoretical and require of experimental validation, but, they demonstrate the potentiality of the friction as a mechanism of seismic resistance, since, it allows to take advantage of great part the energy provided by the same earthquake in favor of the seismic resistance of the own structure.

With the propose configuration we obtain that the forces of the earthquake are those that induce the internal resistant force of friction in the wall, that relation allows to obtain a greater resistance in the measurement that increases the requesting, being this the structural important characteristic of the system.

This behavior is obtained thanks to the design of the constructive system that additionally looks for to use materials and constructive procedures of easy attainment in Colombia.

* Thesis

** Faculty physical-mechanical engineering's
School of Civil engineering
Director Ing.. Msc. Dalton. Moreno

TABALA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

DELIMITACIÓN DEL TEMA.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

- 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO MAMPOSTERIA POR FRICCIÓN (MAP-FRI)**
 - 1.1 FUNCIÓN DE LAS PLACAS EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL:**
 - 1.2 FUNCIÓN DE LOS MUROS EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL**
 - 1.3 FUNCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.**
 - 1.4 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA**
 - 1.5 ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO**

- 2. ANÁLISIS PARA CARGA AXIAL**

- 3. RESISTENCIA AXIAL DE LOS BLOQUES DE MAMPOSTERÍA POR FRICCIÓN.**

- 4. RESISTENCIA AXIAL TEÓRICA DE MUROS MAP-FRI**

- 5. DISEÑO DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO:**

- 6. DISEÑO A CORTANTE POR FRICCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BORDE DEL SISTEMA MAP-FRI**

- 7. DISEÑO A FLEJO COMPRESIÓN EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO (MUROS DE MAMPOSTERÍA POR FRICCIÓN).**
 - **SUPOSICIONES DE DISEÑO PARA MAMPOSTERÍA CONTEMPLADAS EN LA NORMA N.S.R-98**

- 8. DISEÑO MÓDULOS DE CONCRETO SIMPLE. UNION MUROS –DIAFRAGMAS.**

9. VIGAS DE CONFINAMIENTO

- Vigas de confinamiento en el entrepiso
- Vigas de cimentación.
- VIGAS ENTREPISO DE CUBIERTA.

10. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO Y BALANCE DEL SISTEMA

11. Anexo 1. CALCULO DE COEFICIENTE DE FRICCION.

- OBSERVACIONES.
- CONCLUSIONES.
- BIBLIOGRAFÍA.

Listado de figuras

- Figura 1.** esquema general sistema cajón.
Figura 2 Encajes elemento intermedio.
Figura 3. Bloque intermedio
Figura 4.Detalle Encaje vertical rectangular
Figura 5.Detalle encajes borde de fricción.
Figura 6.Bloque I doble macho
Figura 7. Bloque I doble hembra
Figura 8.Bloque I macho hembra
Figura 9. Bloque cruz unión dos muros
Figura 10. Bloque intermedio
Figura 11. Bloque t doble macho
Figura 12. Bloque t doble hembra
Figura 13. Bloque remate macho completo
Figura 14. Bloque remate hembra
Figura 15 Bloque intermedio para alojar elemento de confinamiento vertical simple tipo a
Figura 16. Bloque intermedio para alojar elemento de confinamiento vertical simple tipo b.
Figura 17. Medio Bloque remate macho
Figura 18. Medio Bloque remate hembra
Figura 19. Medidas Bloques remate unión losa muros externos
Figura 20. Elementos I unión losa muro exteriores
Figura 21. Elementos unión losa muros **Figura 22.** Medidas Bloques remate unión losa muros internos
Figura 23. Esquema Bloques de remate unión losa muros
Figura 24. Elemento de confinamiento embebido en modulo de concreto en forma de I,
Figura 25. Esquema general ubicación elementos de confinamiento dentro del muro
Figura 26.
Cavidades elemento de concreto para alojar los elementos de confinamiento embebido en módulos forma de I,
Figura 27.
Cavidades elemento de concreto para alojar los elementos de confinamiento embebido en módulos forma de T

Figura 29. Cavidades elemento de concreto para alojar los elementos de confinamiento embebido en módulos y la losa o viga de diafragma
Figura 30. Características muros Map-Fri.
Figura 31. Esquema general refuerzo muro.
Figura 32. Elemento vertical de confinamiento lateral módulos en zona de amenaza Sísmica baja, intermedia y alta
Figura 33. Esquema general elemento intermedio
Figura 34. Encajes actuando como trabes mecánicas ante desplazamiento lateral de los bloque dentro del muro
Figura 35. Confinamiento horizontal y vertical del muro
Figura 36. Efecto trabe mecánico de los encajes verticales
Figura 37. Acción de los encajes para contrarrestar el efecto de doble curvatura en el plano del muro
Figura 39. Posición del bloque sometido al mayor esfuerzo de compresión.
Figura 40. DISTRIBUCION INTERNA DE MUROS Y EJES estructura de ejemplo.
Figura 41. MASAS INERCIALES AFERENTES POR MURO DIRECCION X

- Figura 43.** Distribución áreas aferentes de carga vertical por muro
- Figura 44.** Dimensiones Muro central
- Figura 45.** Estado de esfuerzos cortantes en un nivel de fricción
- Figura 46.** Elemento vertical de confinamiento lateral embebido entre bloque t.
- Figura 47.** Encajes, bordes y planos de fricción en los módulos map-fri
- Figura 48.** Fuerzas acumuladas por nivel
- Figura 49.** Fuerzas internas por nivel
- Figura 50.** Resultante fuerzas de sismo y de fricción
- Figura 51.** Modelos de masas concentradas por nivel
- Figura 52.** Variación coeficiente C_v . En altura
- Figura 53.** Fuerzas acumuladas por nivel según zona de amenaza sísmica para el muro B-1-2 con losa armada en dos direcciones
- Figura 54.** Fuerzas acumuladas por nivel según zona de amenaza sísmica para el muro b-1-2 con losa armada en una dirección
- Figura 55.** hilada y niveles de fricción
- Figura 56.** V_{uc} (Kn). Elementos verticales de confinamiento lateral según Z:A:S
- Figura 57.** V_{uc} (Kn). Elementos verticales de confinamiento
- Figura 58.** Plano de falla elementos de confinamiento
- Figura 59.** Cortante por fricción e.c.l
- Figura 60.** ρ De Transferencia contra. $V_n(Kn)$
- Figura 61.** E.C.L en L
- Figura 62.** E.C.L en cruz
- Figura 63.** E.C.L en t
- Figura 64.** E.C.L intermedio simple o de remate
- Figura 65.** E.C.L intermedio doble
- Figura 66.** E.C.L remate macho
- Figura 67.** E.C.L remate hembra
- Figura 68.** Modelo de muro en voladizo empotrado en la base.
- Figura 69.** Flexo compresión actuando en el plano del muro b-1-2
- Figura 70.** Diagrama de interacción muro B-1-2 para diferentes áreas de acero en tensión $\phi=0.6$
- Figura 71.** Ubicación hilada crítica en flexo-compresión
- Figura 72.** Variación carga axial por nivel de fricción, muro de ejemplo B-1-2
- Figura 73.** Variación momento interno por nivel debido a las cargas laterales del sismo de diseño, sin tener en cuenta la reducción por el aporte de la fricción al cortante, para todas las Zonas de amenaza sísmica
- Figura 74.** Efecto reductor de la fricción ante las cargas
- Figura 75.** Variación momento interno por nivel debido a las cargas laterales del sismo de diseño, teniendo en cuenta la reducción por el aporte de la fricción al cortante, para todas las Zonas de amenaza sísmica.
- Figura 76.** % reducción de μ . Por Fricción
Según zona de amenaza sísmica
- Figura 77.** Resumen μ muro B-1-2, con y sin reducción por fricción
- Figura 78.** Ampliación diagrama de interacción muro B-1-2 para diferentes áreas de acero en tensión $\phi=0.6$
- Figura 79.** Diagrama de distribución de aceros para elemento de confinamiento t, $f'_c=21Mpa$
- Figura 80.** Esquema de la ubicación de los elementos verticales de confinamiento lateral dentro del muro para el "grupo a" de zonas de amenaza sísmica
- Figura 81.** Elementos de confinamiento en vacíos de puertas y ventanas para muro B-1-2
- Figura 82.** Módulos de remate macho y hembra empleados para formar los elementos de borde y confinamiento e un vació
- Figura 83.** Inyección de elemento intermedio muro B-1-2
- Figura 84.** Aceros de tensión en los elementos de confinamiento según grupo de zonas de amenaza sísmica
- Figura 85.** Ubicación elementos verticales de confinamiento y refuerzo muro B-1-2 para grupo "b" de zonas 7 y 8 de Amenaza sísmica

Figura 86. Ubicación elementos verticales de confinamiento y refuerzo muro B-1-2 para grupo “b” de zonas 9 y 10 de Amenaza sísmica

Figura 87. Distribución de zonas de amenaza sísmica y grupos de diseño para muros en Colombia (tomado N.S.R-98)

Figura 87. Transferencia del cortante ultimo del elemento de confinamiento, a través del modulo de concreto.

Figura 88. Transferencia de cortante entre el elemento de confinamiento y los módulos de concreto que los contienen.

Figura 89. Diseño fina modulo t doble hembra

Figura 90. Diseño fina modulo t doble macho

Figura 91. Transferencia de cortante entre elemento e confinamiento y el módulo en t, que lo contiene

Figura 92. Transferencia de cortante entre elemento de confinamiento y el módulo en cruz, que lo contiene

Figura 92. Diseño fina modulo en cruz, sin refuerzo adicional a cortante.

Figura 93. Transferencia de cortante entre el elemento de confinamiento intermedio y el bloque que lo contiene

Figura 94. Diseño dientes a cortante dentro de la cavidad del bloque de concreto, que aloja los elementos de confinamiento

Figura 95. Diseño dientes a cortante dentro del elemento de confinamiento

Figura 96. Diseño dientes a cortante elemento T.

Figura 97. Diseño dientes a cortante dentro del modulo en cruz.

Figura 98. E.C.L intermedio

Figura 99. E.C.L remate simple

Figura 100. E.C.L remate medio

Figura 101. E.C.L. en I

Figura 102. E.C.L remate doble

Figura 103. E.C.L. en T

Figura 104. E.C.L. en cruz

Figura 105. Resistencia definitiva, a cortante por fricción por cada elemento vertical de confinamiento lateral.(E.C.L)

Figura 106. Inyección de celdas en la primera hilada.

Figura 107. Refuerzo de transferencia de cortante entre la cimentación y la primera hilada

Figura 108. Refuerzo de transferencia de cortante entre la cimentación y la primera hilada

Figura 109. Detalle del empalme para elementos de confinamiento garantizando que el elemento, a la altura del plano de fricción, sea monolítico.

Figura 110. Detalle unión losa entrepiso muro para transferencia de cortante, aceros de transferencia.

Figura 111. Forma aceros de transferencia de cortante por fricción entre la losa de entrepiso y los muros

Figura 112. Unión losa elementos de entrepiso con los elementos de remate muro del primer piso.

Figura 113. Empalme del encaje exterior unión muro primer piso con muro segundo piso.

Figura 114. Refuerzo travesaño elementos intermedios para unión muro diafragmas.

Figura 115. Refuerzo viga confinamiento de entrepiso grupo a (dos barras 1./2”)

Figura 116. Refuerzo viga confinamiento de entrepiso grupo b (cuatro barras 3/8”)

Figura 117. Detalle viga cimient, aceros de transferencia anclados en la viga,

Figura 118. Detalle viga confinamiento,, de cubierta aceros de transferencia anclados en la viga, Zona A

Figura 119. Efecto de refuerzo en la viga, por acción de las celdas inyectadas.

Figura 120. Incremento del área en compresión de la viga de confinamiento del diafragma de techo,

Figura 122. Detalle viga confinamiento,, de cubierta aceros de transferencia anclados en la viga, Zona B

Listado de tablas.

Tabla 1. Cálculo del coeficiente C_v por nivel. Muro b-1-2

**Tabla 2. Fuerzas acumuladas por hilada según zona de amenaza sísmica muro b-1-2
Losa armada en dos direcciones.**

**Tabla 3. Fuerzas acumuladas por hilada según zona de amenaza sísmica para muro carguero
con losa armada en una dirección**

Tabla 4. ϕV_n (Kn) para elementos de confinamiento

Tabla 5. Áreas de acero en tensión muro B-1-2

**Tabla 6. Refuerzos teniendo en cuenta el aporte de la fricción a cortante y flexo-compresión
por elemento de confinamiento en forma de t**

**Tabla 7. Refuerzos necesario sin teniendo en cuenta el aporte de la fricción a cortante y flexo-
compresión por elemento de confinamiento en forma de t**

**Tabla 8. Refuerzos elementos de confinamiento para elementos t e intermedio muro B-1-2 con
vacío.**

Tabla 9. Resistencia máxima permitida por elemento de confinamiento

**Tabla 10. Resistencia máxima permitida definitiva por elemento vertical de confinamiento
lateral**

**Tabla 11. Resistencia a cortante modulo intermedio primera hilada, con una y dos celdas
inyectadas. $M=0.6$**

**Tabla 12. Resistencia a cortante elementos de confinamiento primera hilada, unión con la
cimentación $M_u=0.6$.**

INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta la posibilidad de utilizar la fuerza de fricción como mecanismo de resistencia sísmica en viviendas de dos pisos, para ellos se propone un sistema constructivo en mampostería, a base de elementos prefabricados en concreto simple, diseñados especialmente para producir planos predefinidos de falla en los que las fuerzas normales provenientes del peso de la estructura y la compresión producidas por los esfuerzos de flexión inducidos por cargas laterales, generen la fuerza de fricción interna encargada de resistir los esfuerzos cortantes en plano del muro provocados por los efectos sísmicos.

Se enseña además el prediseño de los elementos constitutivos del sistema, a la par de un esquema general del proceso constructivo, junto con el análisis del posible comportamiento de un muro en la dirección paralela a su plano en las distintas zonas de amenaza sísmica contempladas en la norma sismo resistente Colombiana (N.S.R-98).

El contenido del informe es netamente teórico y su objetivo principal mostrar el enfoque y sus virtudes, dando el paso inicial y motivando nuevas investigaciones en tema, que a futuro permitan entregar a nuestra sociedad una nueva opción en sistemas constructivo para viviendas con resistencia sísmica por fricción.

OBJETIVOS

General

Presentar la posibilidad de utilizar la fuerza de fricción como mecanismo de resistencia sísmica para viviendas de uno y dos pisos.

Específicos

Plantear un sistema constructivo que permita utilizar las propiedades de fricción del concreto en la resistencia sísmica de viviendas de uno y dos pisos.

Usar y adaptar algunas metodologías de análisis y diseño dispuestas en la norma sismorresistente colombiana, para el análisis y diseño preliminar del sistema constructivo.

Proponer el diseño preliminar de los elementos que componen los muros y el sistema constructivo de resistencia sísmica por fricción.

DELIMITACIÓN DEL TEMA.

El alcance de la propuesta es a nivel de hipótesis, con este proyecto de grado se pretende plantear la idea de construir viviendas, mediante un sistema constructivo de elementos prefabricados en concreto, que permita el aprovechamiento de las propiedades de fricción de este material, en la resistencia de los efectos producidos por los sismos sobre las edificaciones.

Para ello se plantea utilizar el método de la fuerza horizontal equivalente en la estimación de las fuerzas de sismo junto con los principios físicos de fricción en el análisis de la resistencia lateral de los muros.

Se contempla emplear la metodología de estados límites de resistencia, contemplada en la norma sismorresistente colombiana N.S.R-98, en el diseño del sistema del sistema constructivo, tomando como base las metodologías dispuestas en el código para el diseño de elementos de mampostería, concreto simple y concreto reforzado,

El desarrollo de un nuevo sistema constructivo, es un camino largo y lleno de desafíos y no es objetivo de este proyecto de grado recorrerlo en su totalidad, el ideal es dar el paso inicial mostrando la posibilidad de este enfoque.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En Colombia gran parte de los núcleos poblacionales más importantes se encuentran ubicados en zonas de mediano y alto riesgo sísmico. En estas zonas es precisamente donde existe la mayor demanda de vivienda por parte de los estratos medio y bajo del país.

Teniendo en mente que la vivienda es el artículo de mayor valor que compran las familias colombianas y que en muchos casos les lleva toda una vida de trabajo conseguir.

Es imperativo presentar a nuestra sociedad nuevas y diversas soluciones de construcción de vivienda, que busquen ser económicas y fáciles de construir, al igual que garanticen la seguridad de las vidas y patrimonio, soluciones estructuradas y planeadas que contribuyan a sanear vicios constructivos y permitan la participación de la mano de obra menos calificada.

En general se ha adelantado mucho en el estudio y comprensión de los efectos sísmicos en edificios al igual que en tecnologías para protegerlos, pero en medios como el nuestro, en zonas urbanas y en especial el nivel rural el grueso de las edificaciones son viviendas y no contamos con los suficientes recursos económicos para protegerlas o adecuarlas con dispositivos de última tecnología.

Por esto, se hace necesario recurrir a soluciones más económicas y a la vez seguras que se adapten a nuestro entorno, donde no contamos con muchos recursos para construir, ni mano de obra altamente capacitada, ni con una industria constructora de gran capital y última tecnología, es por esto, que cualquier solución que se plantee, debe compensar nuestras carencias con gran creatividad y buen uso de los recursos con que disponemos.

Esto hace que ningún esfuerzo para alcanzar tan noble objetivo, sobre o sea suficiente, pues, el problema es grande y cada paso que damos en esa dirección, es un grano de arena que aporta la ingeniería en la construcción de un mejor futuro.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO MAMPOSTERIA POR FRICCION (MAP-FRI)

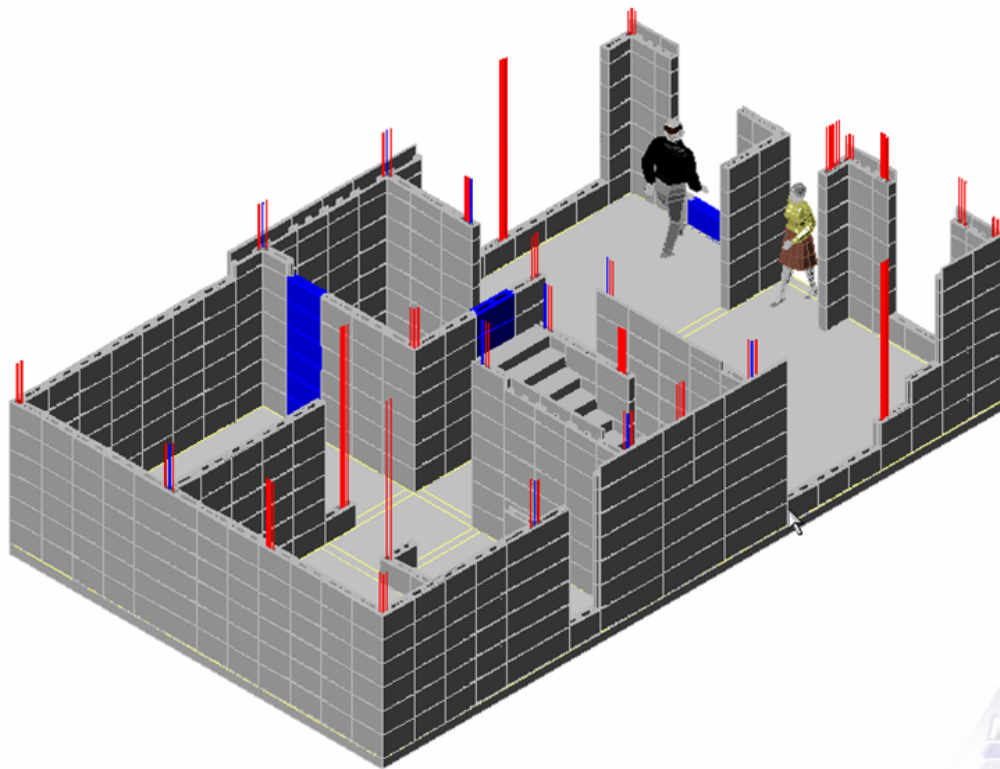


FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL SISTEMA MAP-FRI.

El sistema constructivo, se compone de hiladas de módulos de concreto simple, encajados entre sí, tanto horizontal como verticalmente, los módulos están dotados de encajes que actúan como travesaños mecánicos permitiendo el acople de los bloques y generando planos de falla definidos por la unión entre hiladas, donde se genera una fuerza de fricción a lo largo del muro, inducida por el peso de la estructura y la compresión debida a la flexión causada por las fuerzas laterales en la dirección paralela al plano del muro.

Los muros están compuestos por módulos de concreto de formas especiales y elementos de confinamiento lateral y vertical, así como de elementos intermedios, todos ellos embebidos dentro de cavidades especiales dispuestas en los módulos para tal fin.

Los elementos de confinamiento lateral son diseñados para resistir cortante por fricción en los planos de falla predeterminados por medio de la metodología de cortante por fricción dispuesta en la N.S.R-98 y de esta forma la totalidad de los esfuerzos cortantes en la dirección paralela al plano sean resistidos en su totalidad por la fricción.

Generalidades:

El sistema constructivo de mampostería por fricción, como su nombre lo indica, es un sistema de muros de cortante, elaborados en mampostería de concreto simple, diseñados especialmente para soportar el cortante por medio de fricción.

La mampostería se compone de elementos modulares manoportables en concreto simple de formas especiales, las cuales buscan agilizar el montaje y estandarizar la producción, El diseño de estos elementos o módulos es tal que, permite generar fricción entre las hiladas de bloques y entre los elementos verticales de confinamiento para contrarrestar el cortante.

Los muros se confinan lateralmente mediante elementos de borde verticales embebidos dentro de los módulos de mampostería y verticalmente se confina por medio de vigas y losas que actúan como diafragmas rígidos en cubiertas, entrepisos y cimentación.

Los módulos de mampostería resisten los efectos de compresión y conjuntamente con los elementos verticales de confinamiento lateral, resisten el cortante y los esfuerzos de flexo-compresión en la dirección paralela al plano del muro.

Las placas o losas de entrepiso se diseñan macizas y en dos direcciones, La cimentación se prevé sea con vigas cimientos o losas de cimentación y las cubiertas se amarran con vigas y correas.

Generando un marco continuo, que funcione como diafragma, todos los muros son confiándose en todo su perímetro, los módulos se encajan horizontal y verticalmente mediante encajes mecánicos y no se pegan, como se describe mas adelante.

Solo los muros ubicados en la dirección paralela a la acción del sismo, resisten los esfuerzos causados por estas acciones. Los muros ubicados en la dirección perpendicular a la acción del sismo solo resisten las fuerzas inerciales producidas sobre su propia masa.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

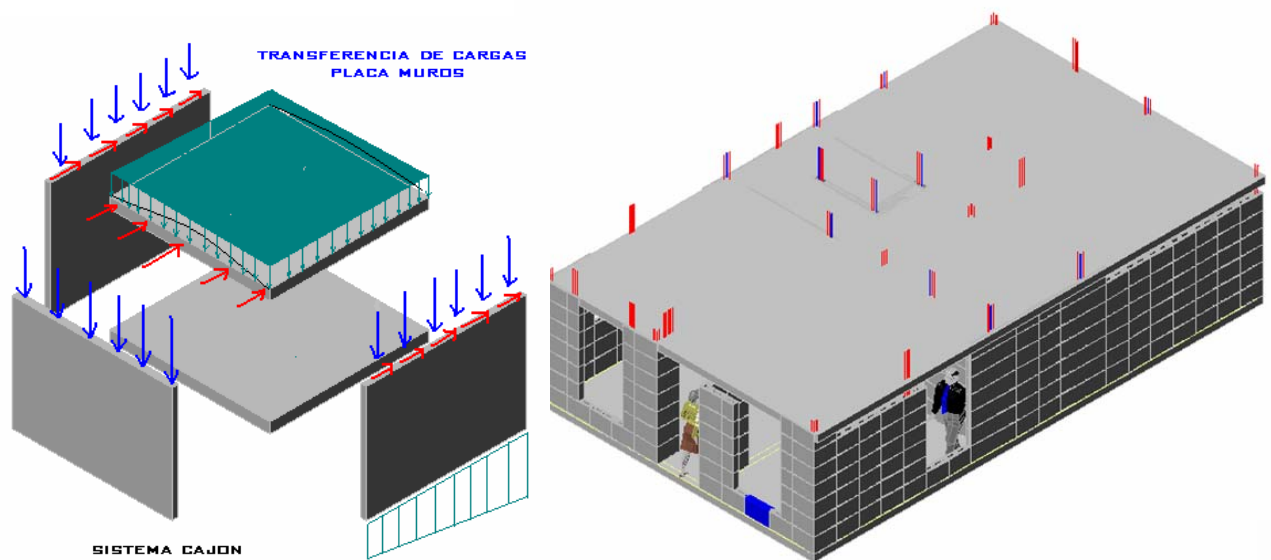


FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL SISTEMA MAP-FRI

El sistema constructivo de mampostería por fricción (Map-fri), Se basa en la acción conjunta de muros y placa de entrepiso, como un sistema de cajón, Se disponen muros de carga y cortante para resistir las cargas verticales y las cargas laterales.

Se complementa con diafragmas que transmiten las cargas horizontales a los muros verticales de cortante por fricción, los que transmiten las cargas a la cimentación y esta última recibe todas las solicitaciones impuestas sobre la estructura para transmitir las al suelo.

Función de las placas en el sistema estructural:

- Las placas de entrepiso transmiten a los muros, mediante flexión y cortante, las cargas verticales generadas en cada piso, tanto vivas como muertas, incluyendo el peso propio de la placa,
- Transmiten a los muros las cargas horizontales actuando como diafragma rígido, es decir que la transmisión de carga horizontal se logra por flexión en el plano de la placa.

Función de los muros en el sistema estructural

- Toman de la placa, las cargas verticales de cada piso y la trasladan a la cimentación,
- Reciben a través de la acción de diafragma horizontal de la placa las cargas horizontales,
- Soportan además, los efectos de torsión generados cuando existe excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa.

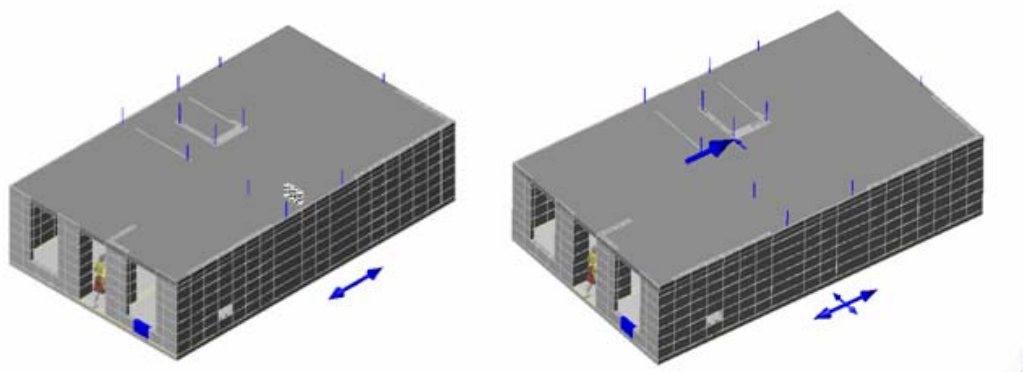
La distribución de fuerzas horizontales en los muros, es proporcional a la rigidez relativa de cada uno, ya que los desplazamientos de todos los muros de un mismo piso unidos a un diafragma, idealmente se suponen iguales.

Función de la cimentación.

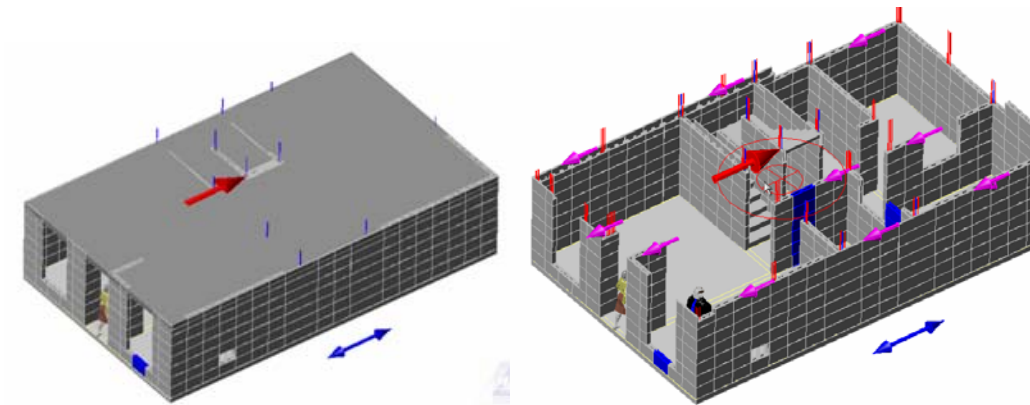
Su función es transferir al suelo las cargas verticales y laterales especificadas para la construcción, dentro de los límites de deformaciones totales y diferenciales aceptados para las casas de mampostería estructural

Descripción del funcionamiento estructural ante efectos sísmicos.

Las ondas sísmicas deforman el suelo de cimentación que se acelera en distintas direcciones, induciendo fuerzas inerciales sobre la vivienda, las cuales son proporcionales a la masa de la misma.

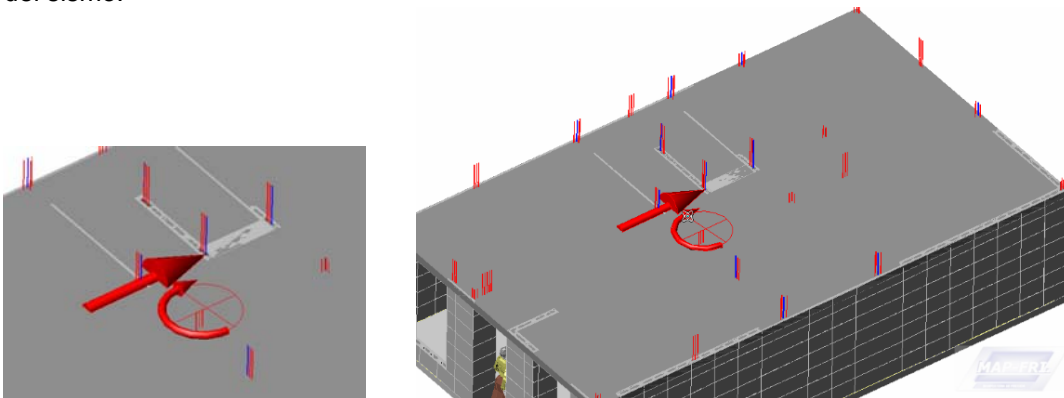


Para efectos de análisis estas fuerzas inerciales se concentran como una única fuerza en el centro de masa de cada piso de la vivienda, en direcciones ortogonales que concuerden con las direcciones principales de la estructura, tal como se muestra en las figuras.

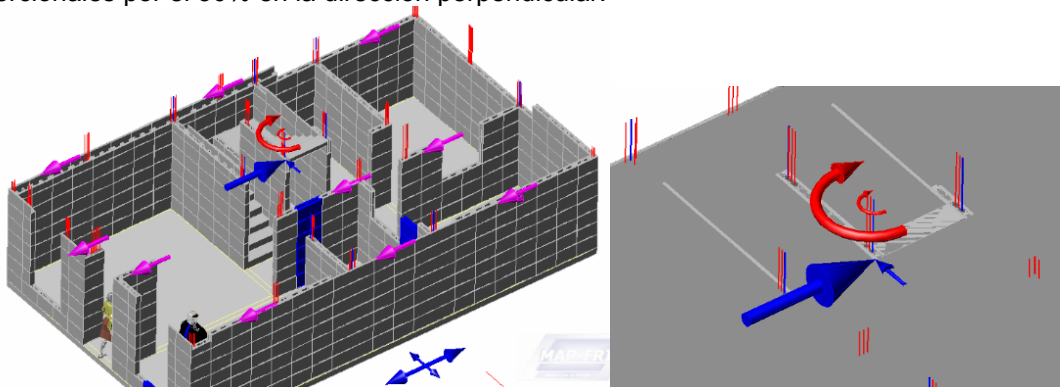


Esta fuerza debe ser resistida, solo por los muros ubicados en la dirección paralela a la acción del sismo y cada uno soporta una porción de la fuerza inercial total, en función a su rigidez.

La distribución de la rigidez de cada muro en planta, determinan el centro de rigidez de piso, y la excentricidad presentada entre este punto y el centro de masa, inducen efectos torcionales que al igual que la fuerza sísmica, deben ser soportados por los muros paralelos a la dirección del sismo.



La norma sismorresistente (N.S.R-98) recomienda analizar la estructura con la acción simultanea del 100% del sismo en una dirección y el 30% en la dirección perpendicular. Esta acción conjunta simula la incidencia de las aceleraciones sísmicas en una dirección inclinada con respecto a los ejes principales de la estructura. Esta acción perpendicular del 30% del sismo de diseño sobre la estructura permite considerar esfuerzos adicionales sobre los muros en la dirección principal de análisis debidos a efectos torcionales por el 30% en la dirección perpendicular.



En conclusión los muros en la dirección paralela a su plano deben soportar el 100% del sismo más el aporte de los efectos torcionales debidos a excentricidad y acciones conjuntas en la dirección perpendicular. Mas los esfuerzos por carga vertical por el peso de la estructura

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA.

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Las unidades de mampostería son en concreto simple y están diseñadas en formas especiales, para generar la geometría en planta de la vivienda.

Son módulos huecos dotados de encajes especiales que permiten su acoplamiento,

Es sistema de mampostería de fricción (Map-Fri), se fundamenta en la utilización de elementos elaborados a medida en de forma especialmente diseñadas para generar fricción en los planos establecidos por la unión superior e inferior entre hiladas de módulos.

Cada modulo ha sido especialmente diseñado siguiendo los siguientes parámetros:

Formas y tamaño estándar.

Todos los módulos tienen una altura efectiva de 33 cm. con la finalidad de hacer que 3 encarrados verticalmente conformen aproximadamente un metro, de manera análoga los elementos fundamentales tienen longitudes efectivas de 50 cm. y 12 cm. de ancho.

Se pretende con estas dimensiones que los elementos sean manportables, es decir que una persona los pueda alzar y manipular sin la necesidad de usar grúas o equipos especiales, un modulo para zona de amenaza sísmica alta pesa en promedio 0.3 Kn, aunque el elemento mas grande y pesado alcanza casi a pesar 1 kN.

Las dimensiones patrones de los módulos permiten fácilmente lograr longitudes múltiplos del metro para los muros y espacios,

Existen diferentes formas para los modulo que varían según la distribución de la planta arquitectónica que se pretenda lograr.

Las dimensiones de las edificaciones deben ajustarse a las longitudes que se logren con los módulos estándar y los alineamientos de los muros deberán ser ortogonales pues inicialmente no se contemplan módulos inclinados.

Los módulos además están dotados de unos encajes tanto horizontales como verticales tal como se muestran en la figura 2.

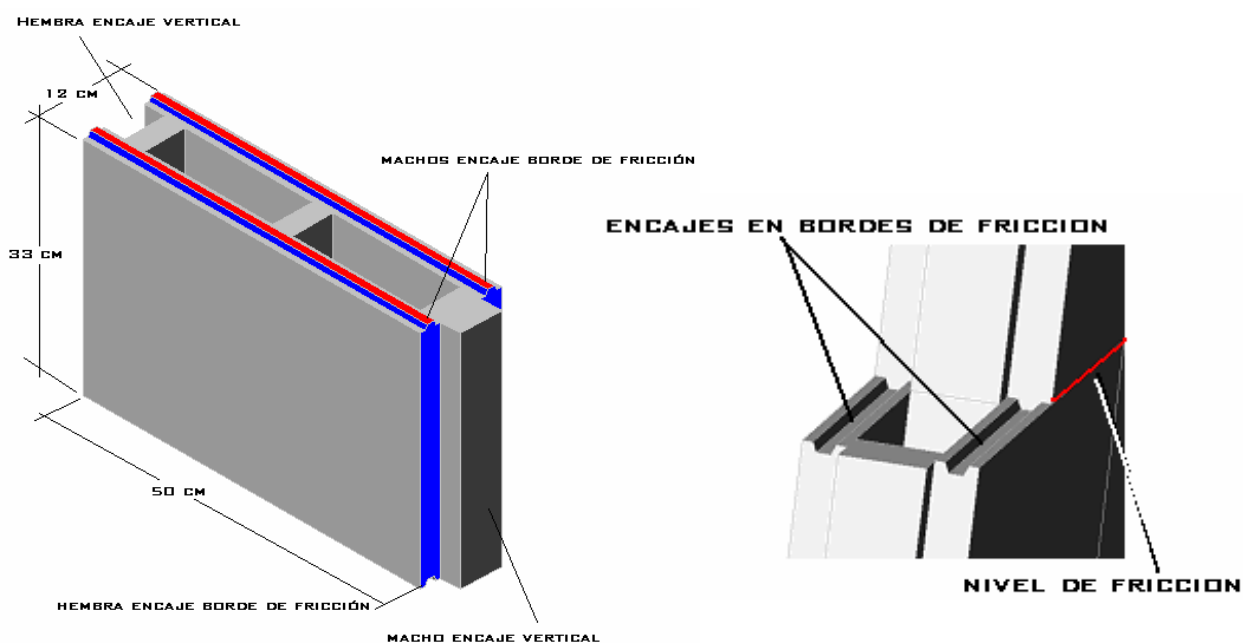


FIGURA 2 ENCAJES ELEMENTO INTERMEDIO.

El encaje o trabe vertical permite soportar parte del momento producido por excentricidad de la carga vertical y la curvatura producida en el plano del muro por la aceleración del sismo en la dirección perpendicular a este, en conjunto con el encaje horizontal del borde de fricción,

Este encaje en el borde de fricción cumple la función adicional de servir de guía para el posible movimiento relativo de las hiladas de bloques, donde se prevé se genere la fricción que contrarrestará al sismo, este encaje tiene forma trapezoidal para maximizar el área de contacto entre los bordes de fricción y disminuir el esfuerzo entre las caras del concreto y protegerlo del desprendimiento excesivo de granos, que pueden actuar como rodillos y disminuir la fricción.

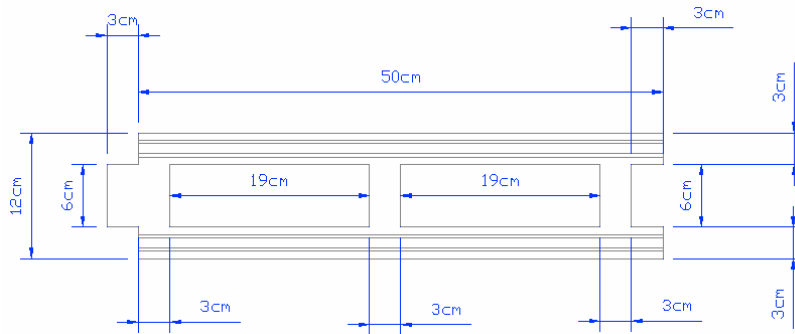


FIGURA 3. BLOQUE INTERMEDIO

Todos los elementos tienen un espesor de 3 cm en sus paredes y el mismo encaje vertical de 3 por 6 cm.



FIGURA 4. DETALLE ENCAJE VERTICAL RECTANGULAR

El encaje del borde de fricción también es el mismo para todos los elementos, tal como se detalla en la figura 5.

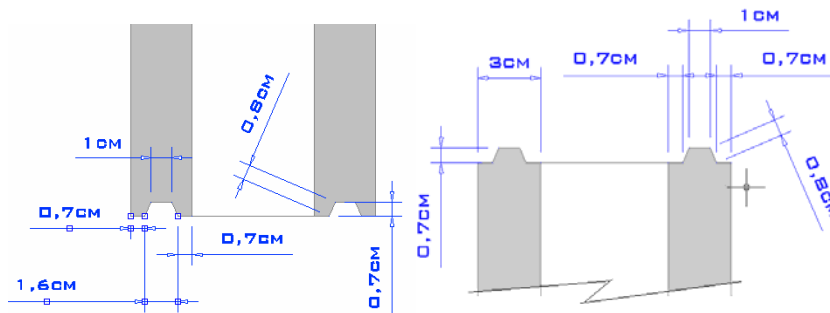


FIGURA 5. DETALLE ENCAJES BORDE DE FRICCIÓN.

MODULOS BASICOS

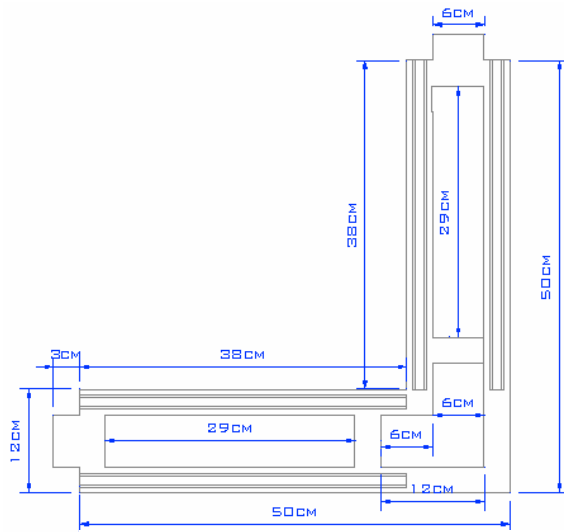


FIGURA 6. BLOQUE L DOBLE MACHO

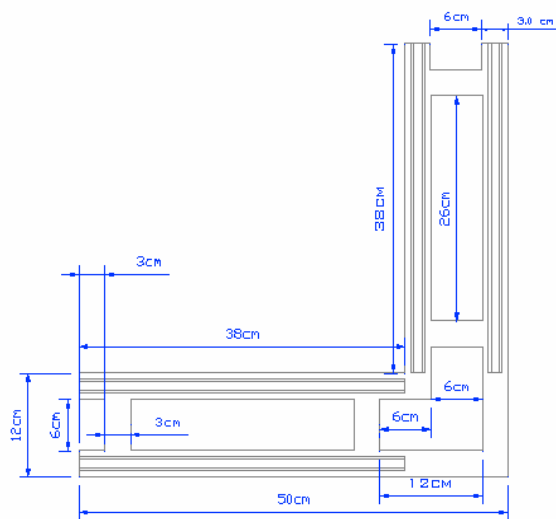
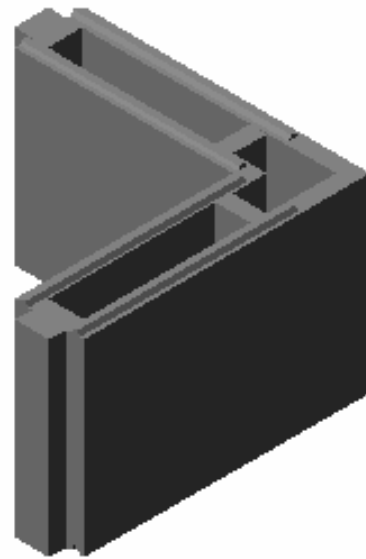


FIGURA 7. BLOQUE L DOBLE HEMBRA

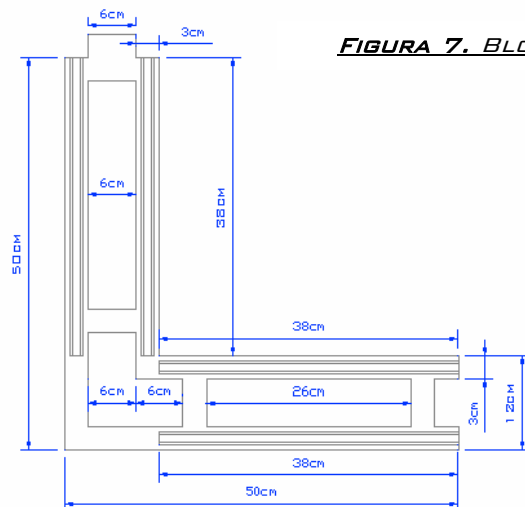
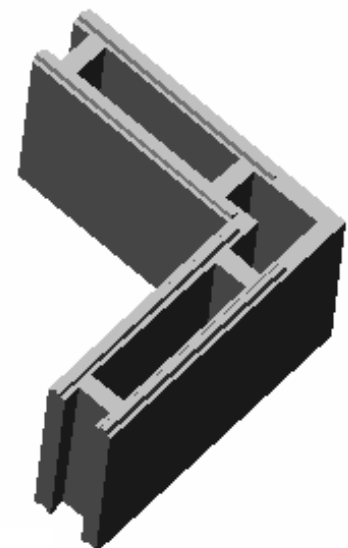
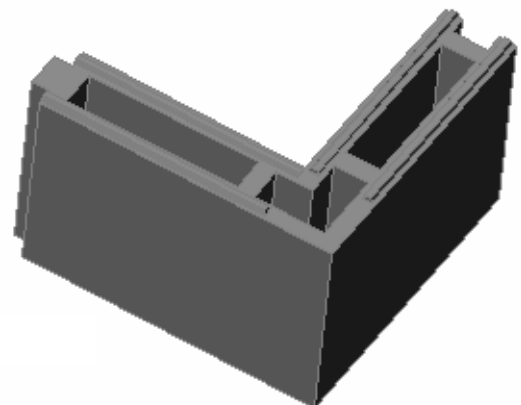


FIGURA 8. BLOQUE L MACHO HEMBRA



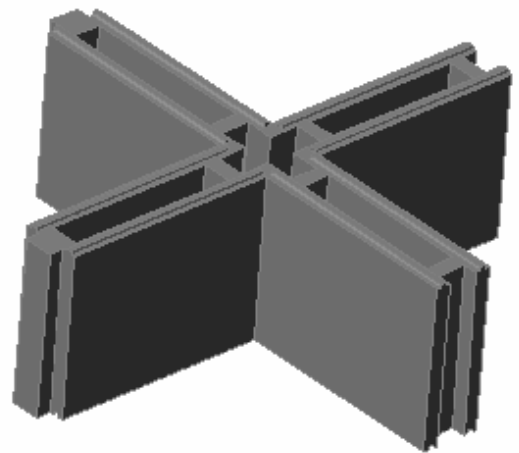
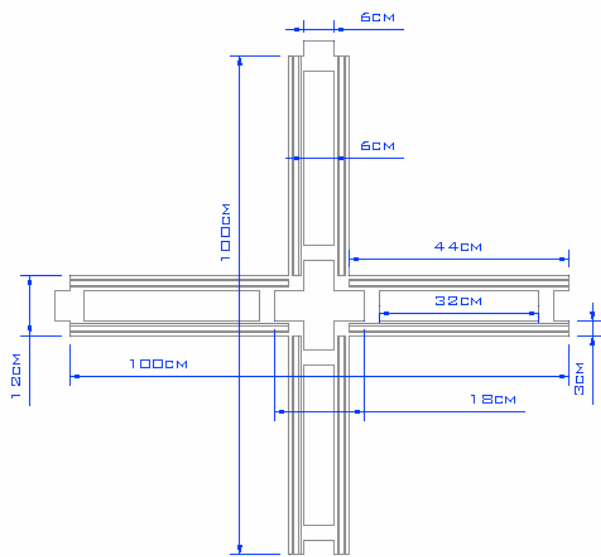


FIGURA 9. BLOQUE CRUZ UNIÓN DOS MUROS

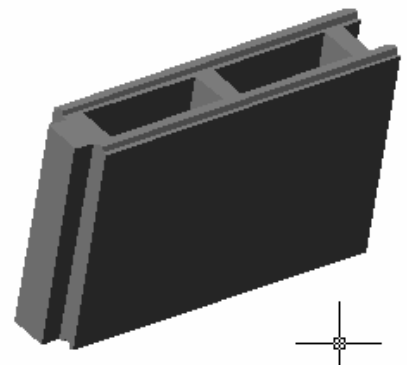
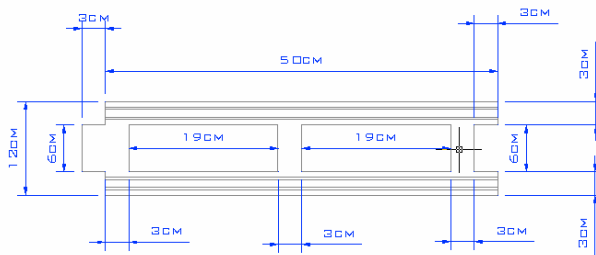


FIGURA 10. BLOQUE INTERMEDIO

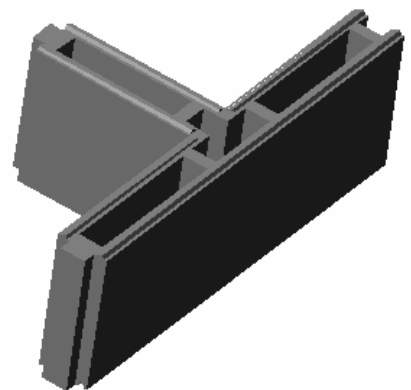
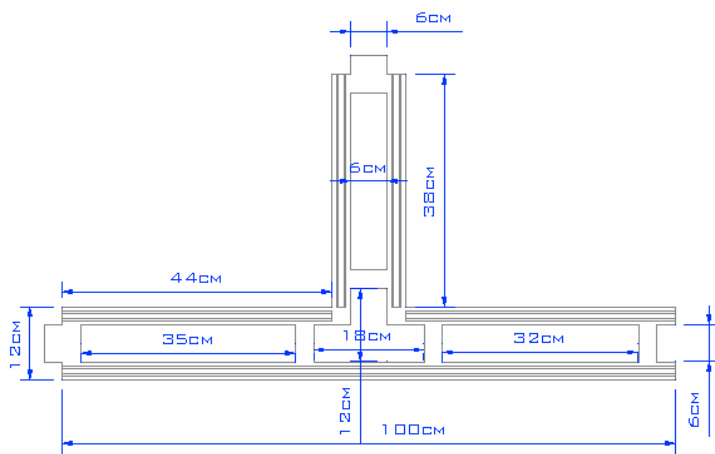


FIGURA 11. BLOQUE T DOBLE MACHO

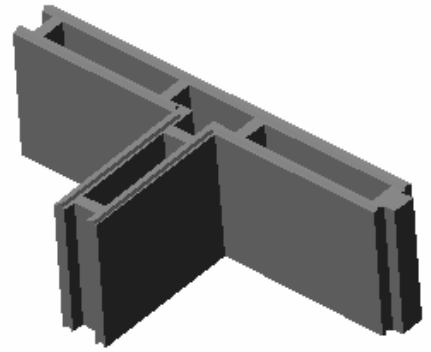
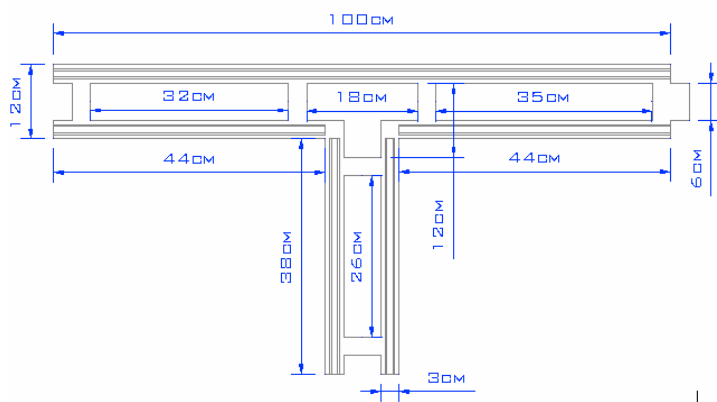


FIGURA 12.
BLOQUE T DOBLE HEMBRA

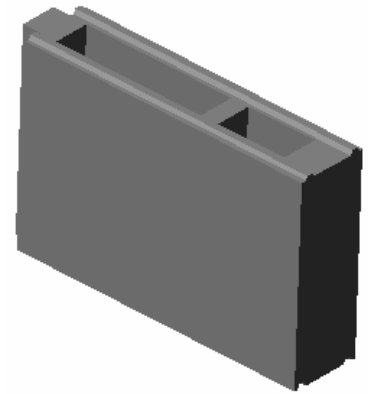
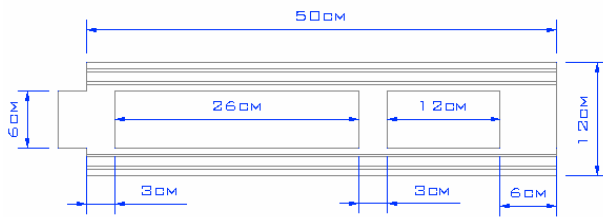


FIGURA 13. BLOQUE REMATE MACHO COMPLETO

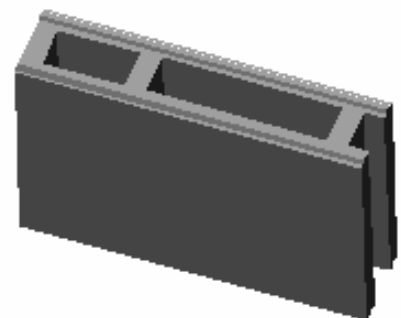
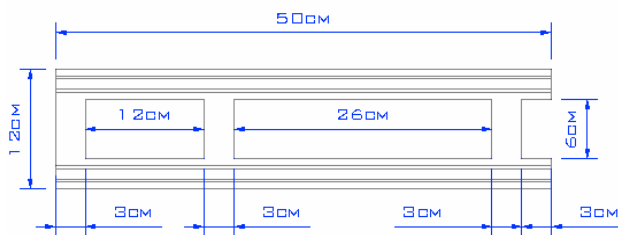


FIGURA 14. BLOQUE REMATE HEMBRA

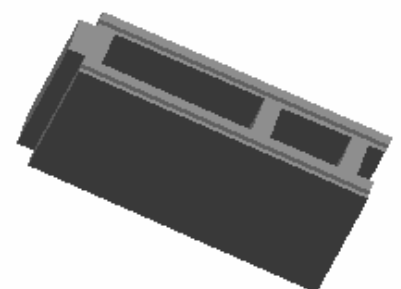
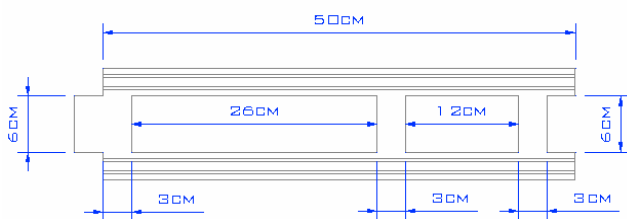


FIGURA 15
BLOQUE INTERMEDIO PARA ALOJAR ELEMENTO DE CONFINAMIENTO VERTICAL SIMPLE TIPO A

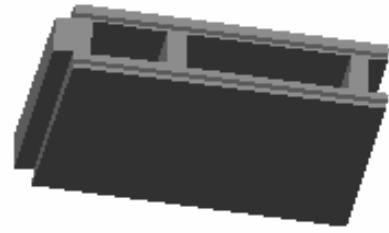
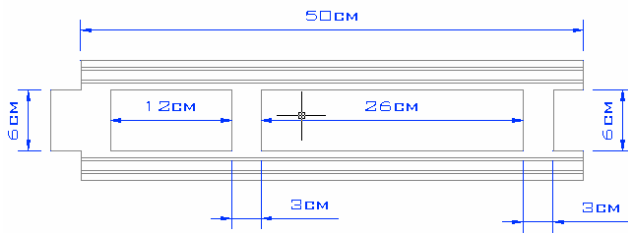


FIGURA 16. BLOQUE INTERMEDIO PARA ALOJAR ELEMENTO DE CONFINAMIENTO VERTICAL SIMPLE TIPO B.

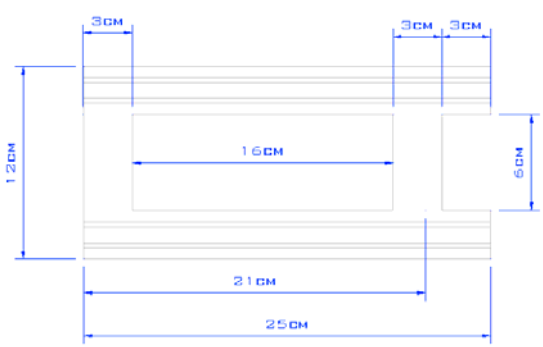


FIGURA 17. MEDIO BLOQUE REMATE MACHO

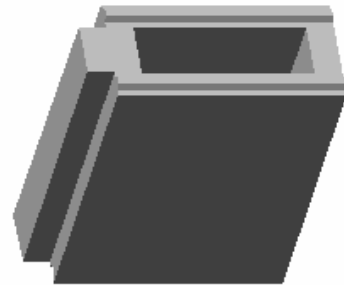
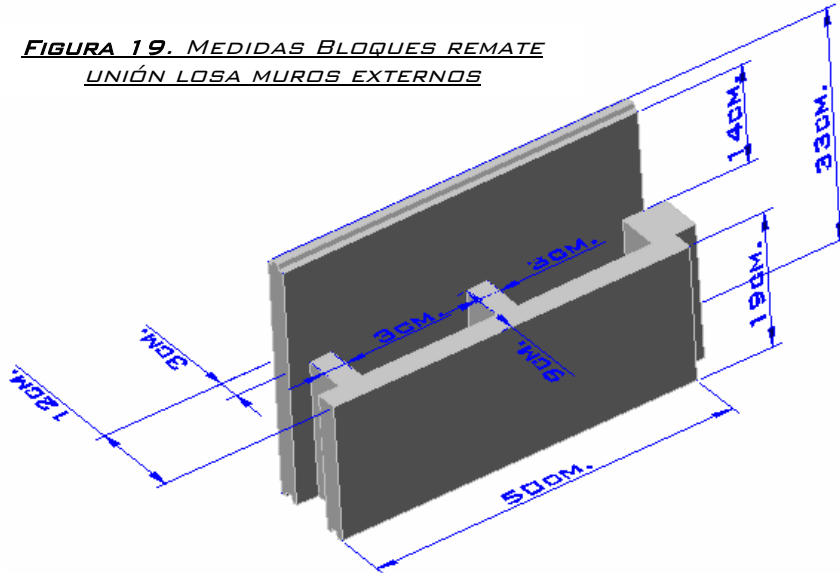


FIGURA 18. MEDIO BLOQUE REMATE HEMBRA

Existen dentro de los módulos constitutivos de la mampostería por fricción, otros módulos, de diseño igualmente especiales para casos particulares, como la unión de la losa con los muros. Al igual otros módulos están dotados con cavidades para el paso de los ductos eléctricos y para alojar los accesorios como tomacorrientes e interruptores. En la mampostería por fricción se prohíbe el paso de las tuberías hidráulicas y sanitarias por entre los muros, solo las tuberías eléctricas podrán alojarse dentro de los muros, para las otras se requerirá de crear falsos muros o cualquier otro dispositivo, pero por ninguna motivo pasar estas tuberías por el interior de los muros.

De igual manera existen otros módulos especiales, que funcionan como vigas dinteles para puertas y ventanas, también se diseñaron elementos inclinados para formar las pendientes de las cubiertas, y alojar las correas de confinamiento, Las medidas de los módulos anteriores corresponde a un prediseño de los módulos para zonas de amenaza sísmica baja e intermedia, para zonas de amenaza sísmica alta su diseño y funcionamiento se presentan mas adelante.

**FIGURA 19. MEDIDAS BLOQUES REMATE
UNIÓN LOSA MUROS EXTERNOS**



Los módulos de unión losa muro o muro viga de cubierta, son de las mismas dimensiones que los otros elementos difieren en la cavidad diseñada para alojar la losa de entrepiso o la viga remate de cubierta,

La cavidad es simplemente un espacio para alojar la losa dentro del bloque sin incrementar la altura del mismo, en este prediseño se estima el espesor de la losa en 14cm de espesor, tal como aparece en la figura anterior, la aleta que sobresale del modulo tiene dos funciones, la de servir como formaleta lateral y la de dar un acabado exterior de la misma calidad que el resto del muro.

Todos los elementos de unión losa muro conservan las mismas dimensiones de los elementos estándar antes mencionados y solo difieren en la cavidad que presentan, en las graficas siguientes se presentan los elementos de unión losa muro para muros exteriores, los elementos para muros interiores difieren un poco.



FIGURA 20. ELEMENTOS L UNIÓN LOSA MURO EXTERIORES

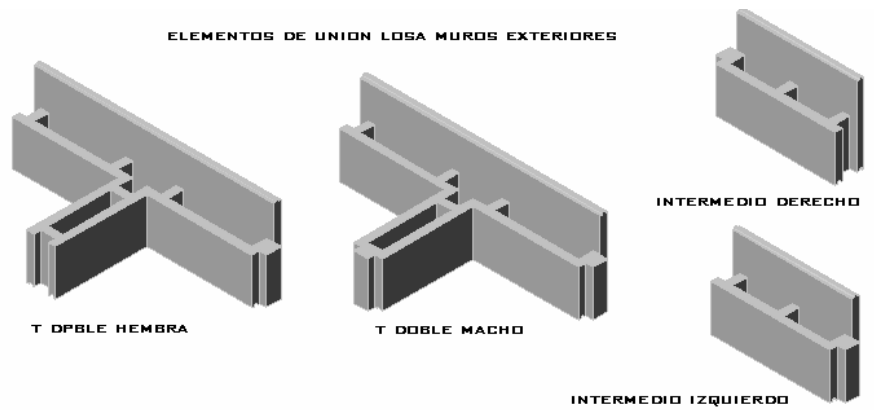


FIGURA 21. ELEMENTOS UNIÓN LOSA MUROS

Los elementos de unión losa muro, para muros interiores, varían de los elementos para muros exteriores, la diferencia radica en que estos no tienen la aleta que sobresale en los elementos para muros exteriores.

Las demás dimensiones se conservan, todos los electos de unión losa muros interiores tienen 19cm de altura tal como se muestra en la figura 22.

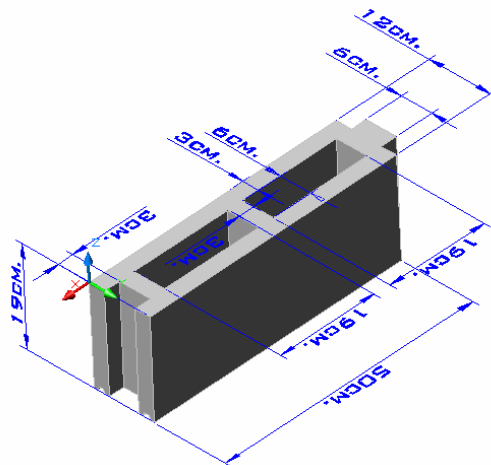


FIGURA 22. MEDIDAS BLOQUES REMATE UNIÓN LOSA MUROS INTERNOS

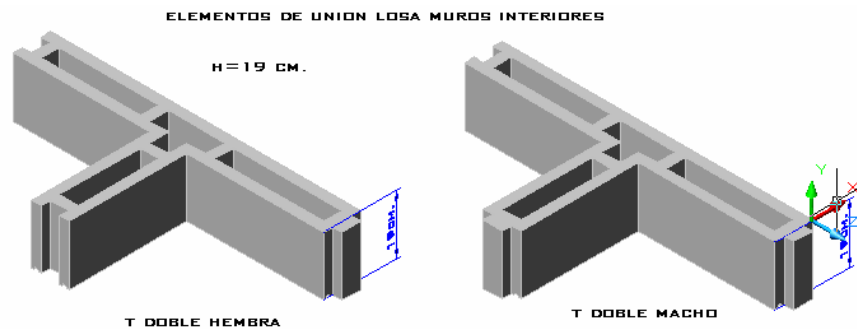




FIGURA 23. MEDIDAS BLOQUES REMATE UNIÓN LOSA MUROS INTERIORS

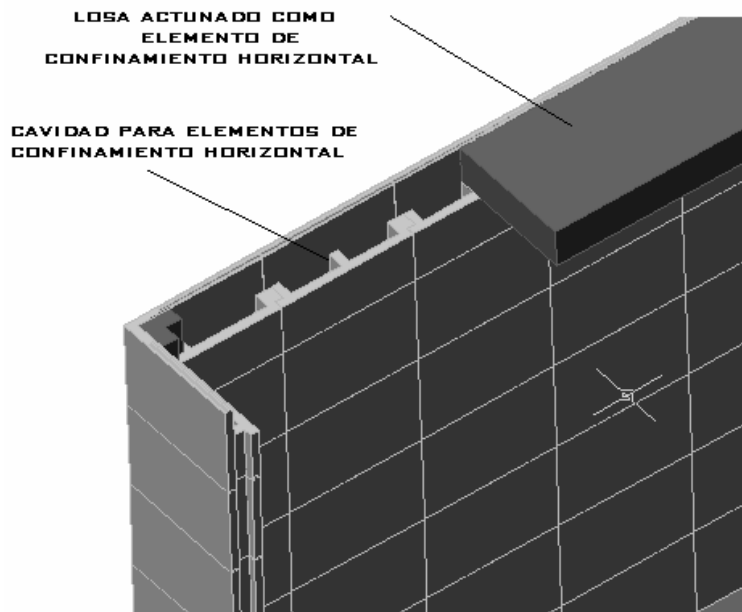
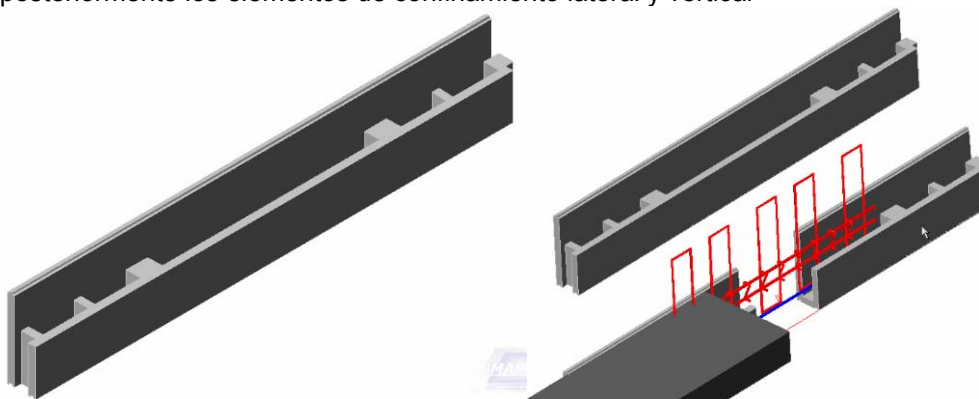


FIGURA 23. ESQUEMA BLOQUES DE REMATE UNIÓN LOSA MUROS

MODULOS ESPECIALES.

Dentro del sistema Map-Fri se requiere del uso unos de unos elementos especiales, variantes de los elementos básicos, Dotados de dientes especialmente diseñados para reforzar la resistencia a cortante de los módulos, especialmente los que se inyectan par formar posteriormente los elementos de confinamiento lateral y vertical



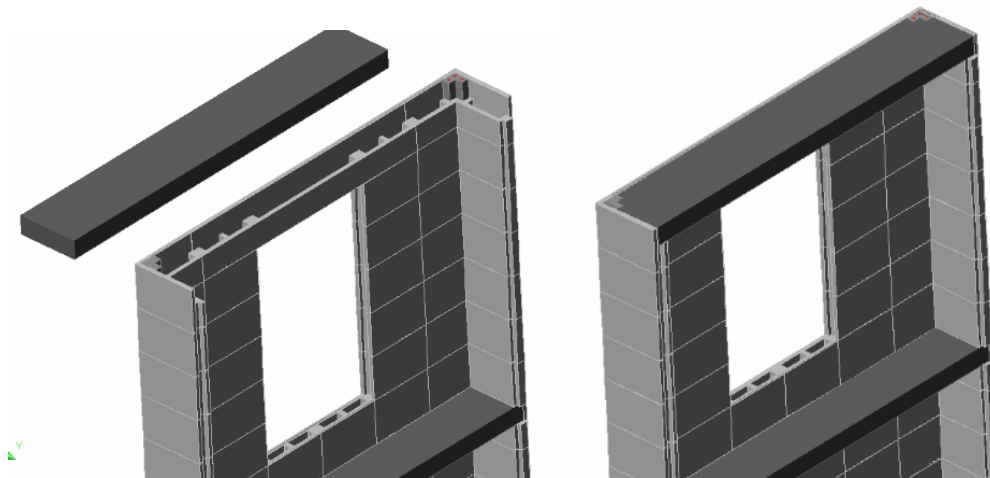


FIGURA 24 ELEMENTOS DINTEL

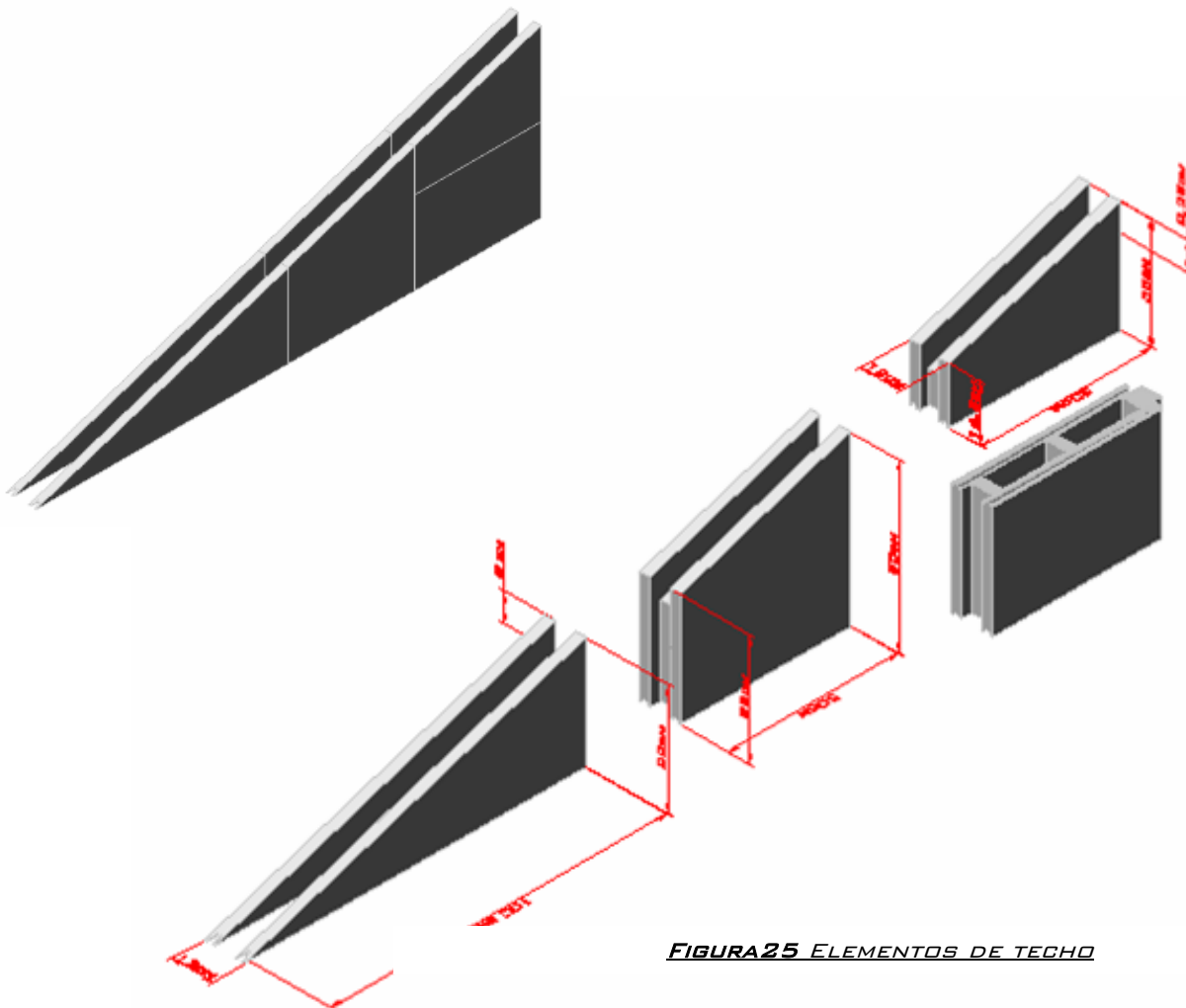


FIGURA25 ELEMENTOS DE TECHO

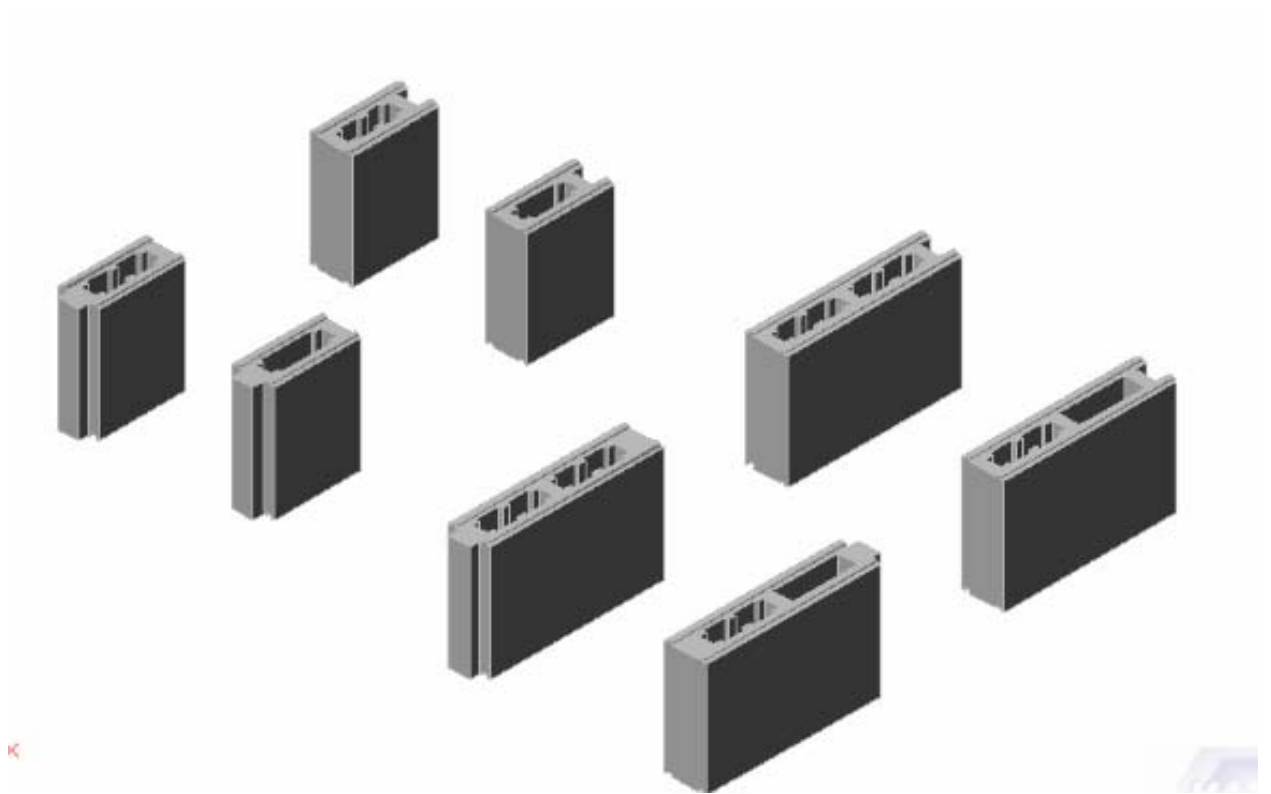


FIGURA 26 FAMILIA ELEMENTOS DE REMATE

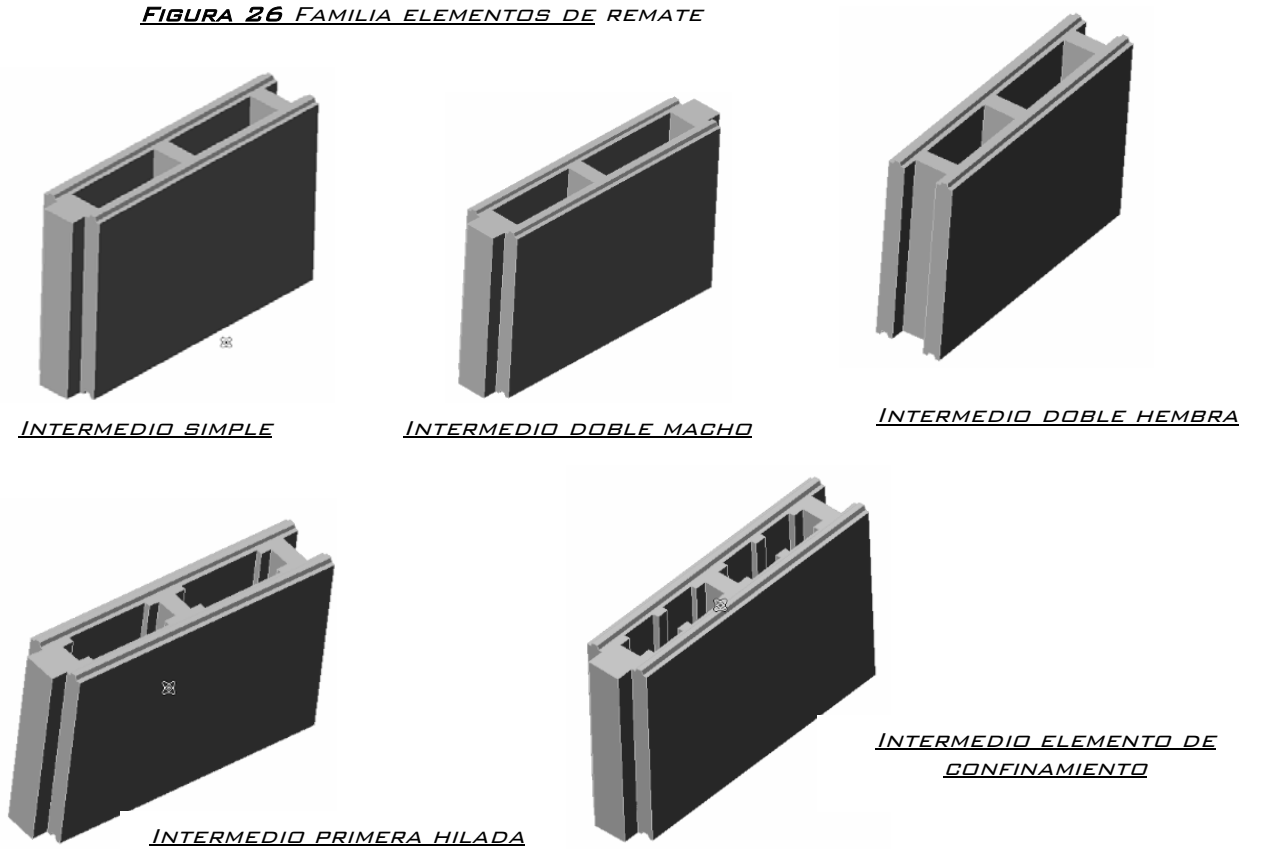
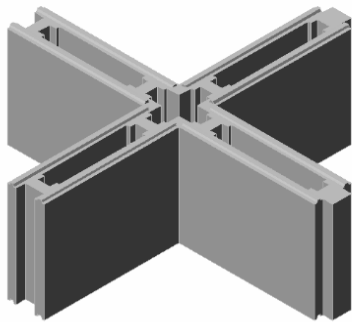
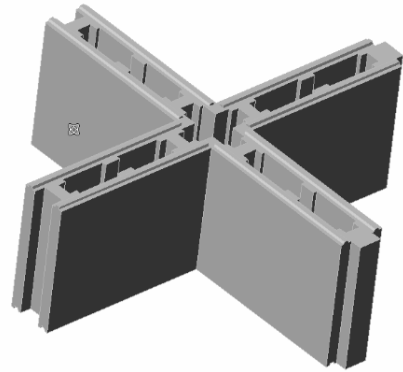


FIGURA 27 FAMILIA ELEMENTOS INTERMEDIOS REFORZADOS



ELEMENTOS CRUZ ZONA AMENA SÍSMICA BAJA



ELEMENTOS CRUZ ZONA AMENA SÍSMICA ALTA

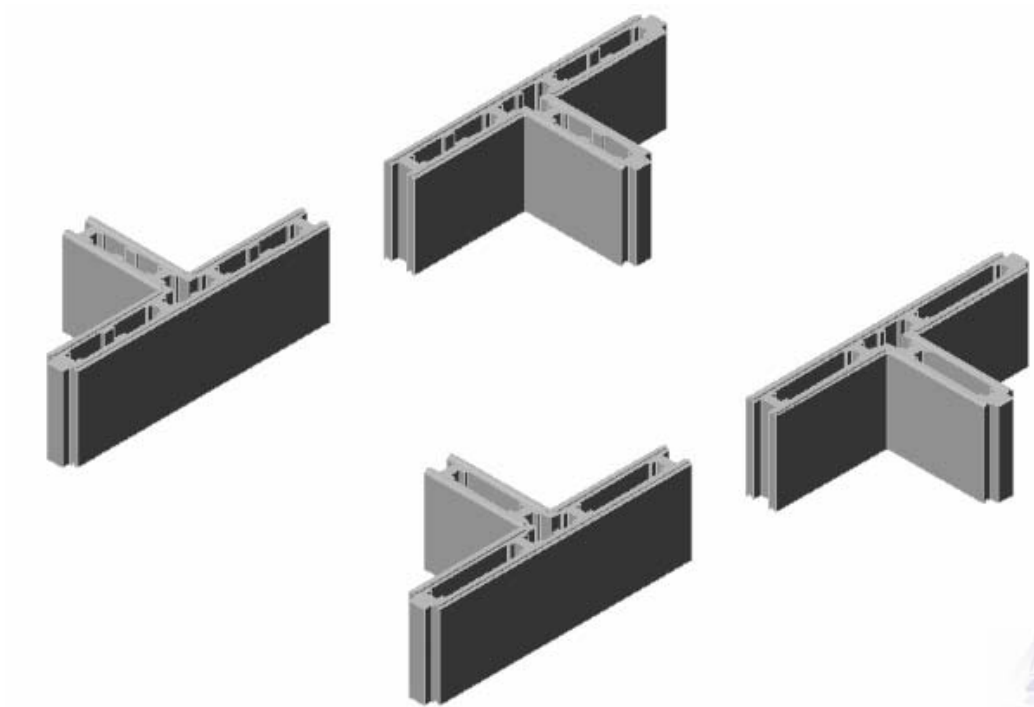
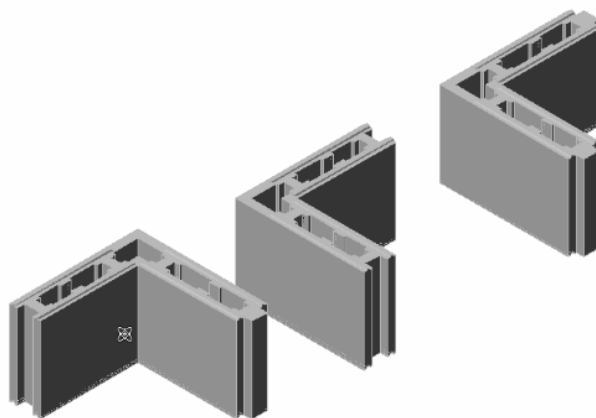


FIGURA 28 FAMILIA ELEMENTOS EN T REFORZADOS



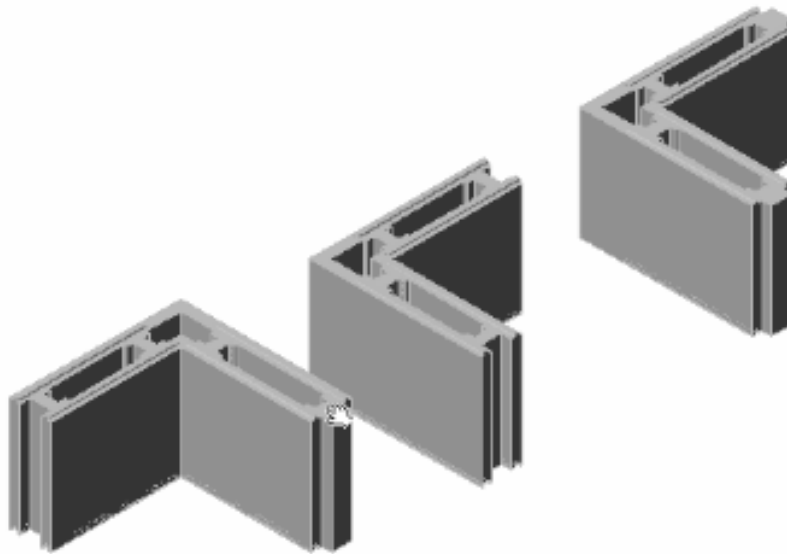


FIGURA 29 FAMILIA ELEMENTOS EN L REFORZADOS

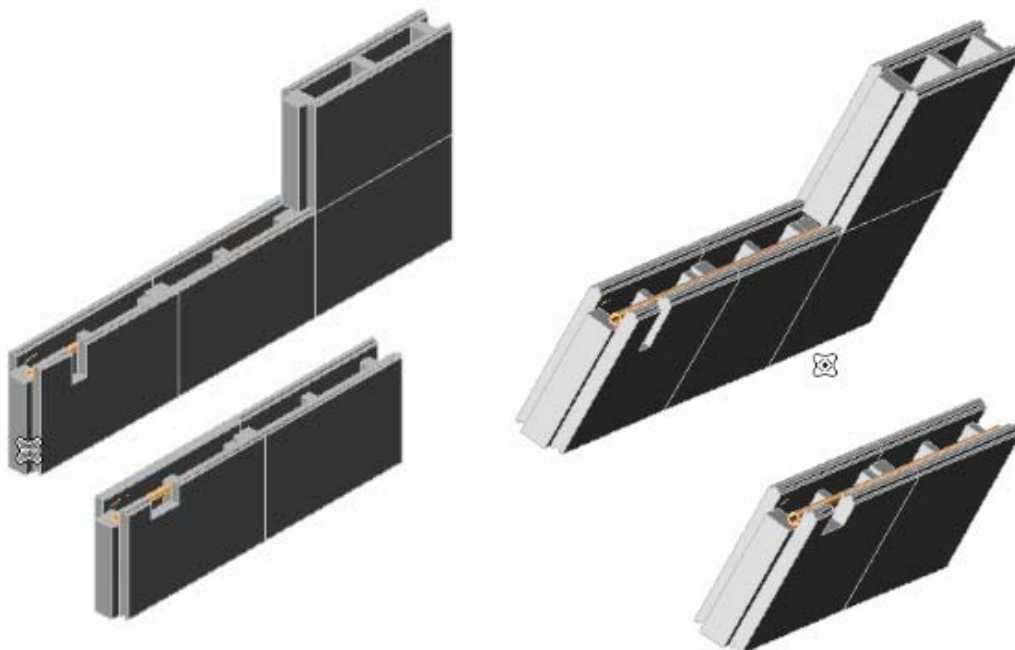
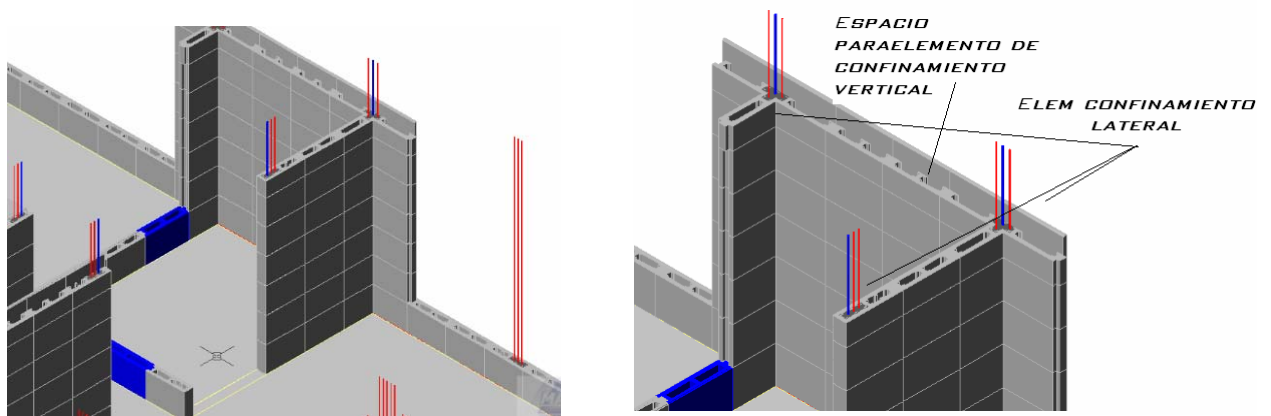


FIGURA 30 FAMILIA ELEMENTOS PASOS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

“Nota Importante”

Los módulos antes descritos son para zona de amenaza sísmica baja e intermedia, los módulos para zona de amenaza sísmica alta son del mismo diseño, y solo difieren en el espesor del módulo que es de 15cm a diferencia de los antes presentados con un ancho de 12cm, se siguen conservando los 6cm de las paredes de concreto y el espacio o vacío intermedio aumenta de 6cm a 9cm en zonas de amenaza sísmica alta.

ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO



Los bloques en el muro están confinados por elementos verticales fundidos dentro los propios bloques y reforzados con aceros longitudinales.

Los aceros dentro del elemento de confinamiento, tienen la función de resistir la tensiones debidas a los esfuerzos de flexo compresión y transferir cortante por fricción

Los aceros restantes en el elemento de confinamiento son el refuerzo de transferencia de cortante por fricción del elemento vertical de confinamiento lateral. Figura 24.

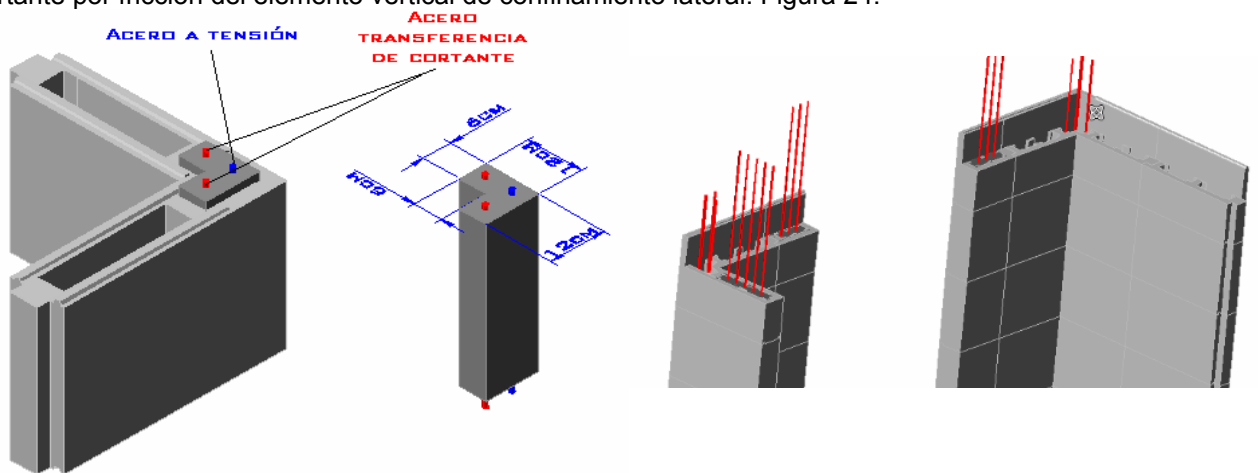
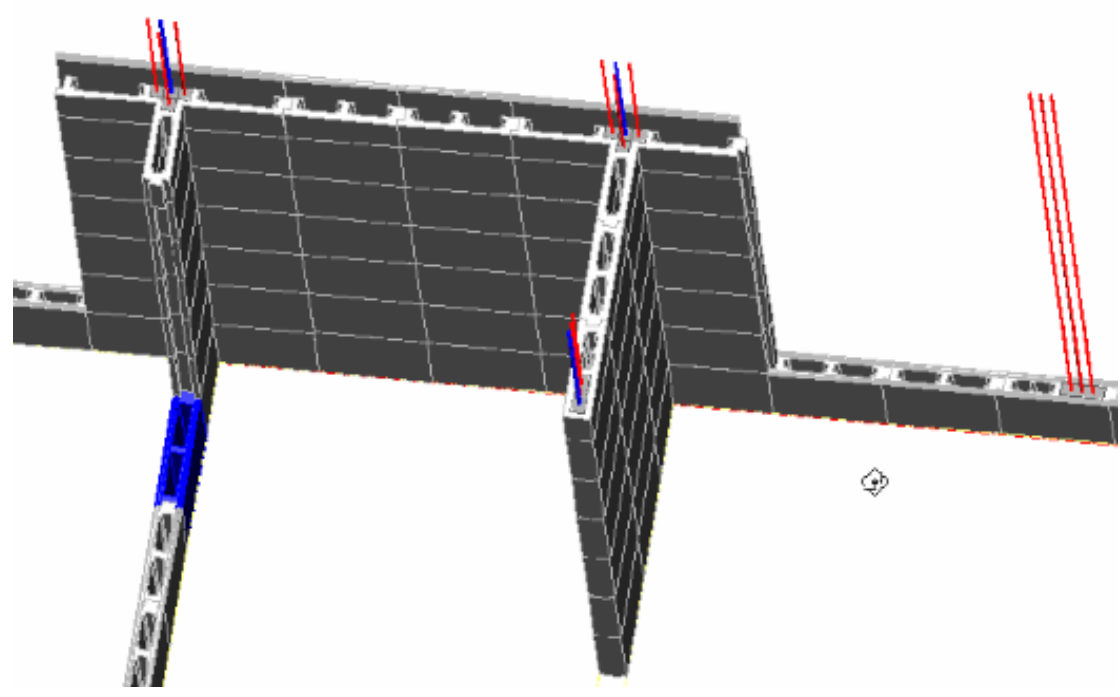
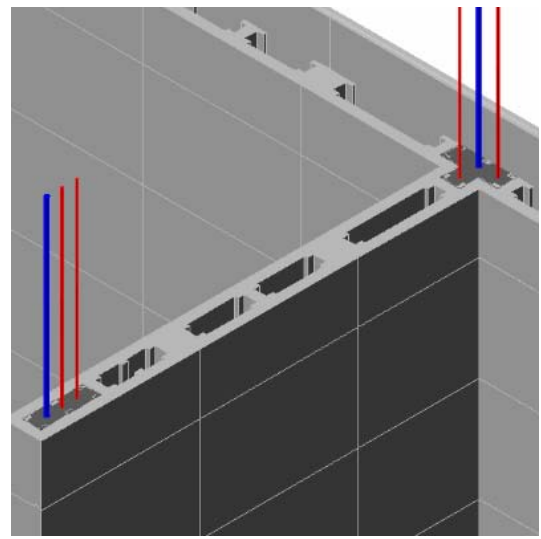
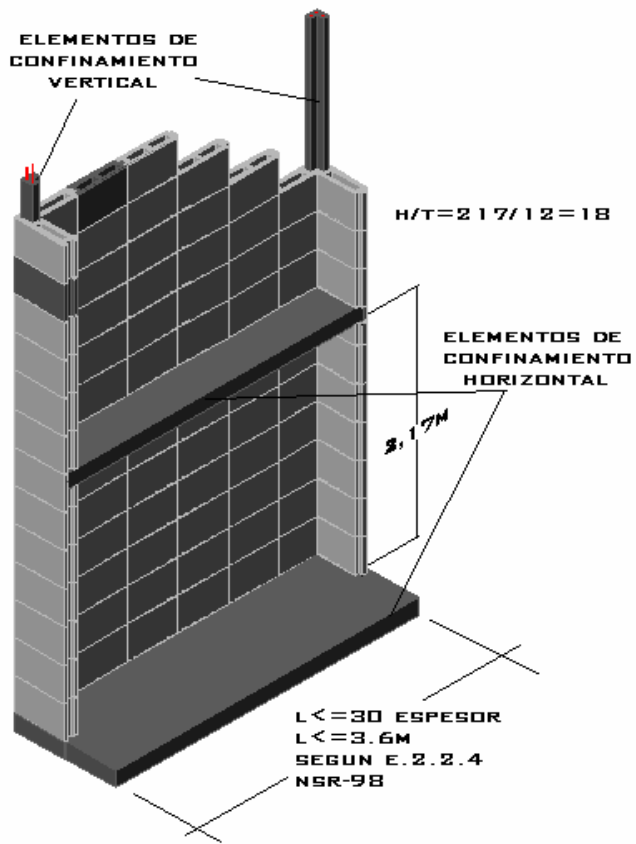


FIGURA 31. ELEMENTO DE CONFINAMIENTO EMBEBIDO EN MODULO DE CONCRETO EN FORMA DE L.

Los muros están compuestos por módulos de concreto simple de formas especiales. Y están confinados por los elementos verticales y las losas de entrepiso y de cimentación para los muros del primer piso y por la losa de entrepiso y la viga de diafragma de cubierta para los muros del segundo piso,

Los elementos de confinamiento lateral cumplen varias funciones dentro del muro,

- En primer lugar como su nombre lo indica confina los bloques y le dan integridad al muro, pues los elementos no están pegados, solo encajados y sostenidos por el peso de la estructura y el confinamiento conferido por estos elementos, como se mencionó anteriormente.



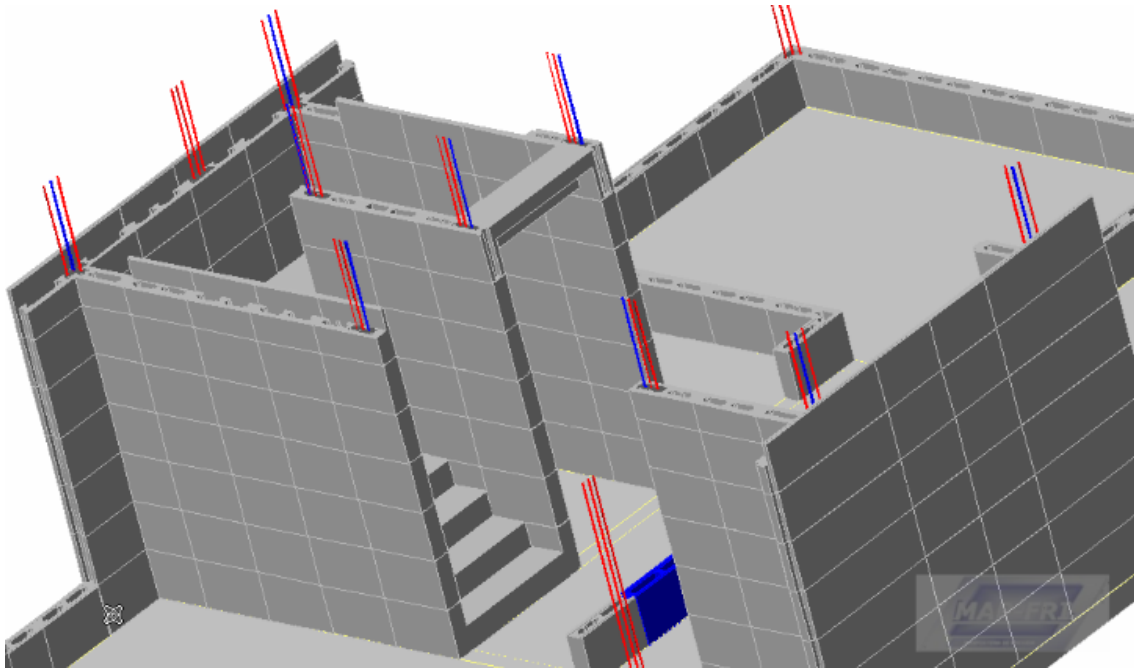


FIGURA 33. ESQUEMA GENERAL UBICACIÓN ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DENTRO DEL MURO

- Resten la fuerza cortante que la fricción entre los bloques no alcanza a transmitir a la cimentación,
- Participan soportando la tensión que generada por la flexo-compresión en el plano del muro,
- Resisten los momentos transmitidos de la losa a los muros por la flexión de la misma en el plano perpendicular al a estos.
- Funcionan como tensores ante las aceleraciones verticales producidas por el sismo.
- Refuerzas los módulos de concreto simple en formas de I en las esquinas ante desplazamientos fuera de las direcciones ortogonales de los muros.
- Sostienen los entrepisos y funcionan como tensores en muros largos, contrarrestando posibles efectos de ingravidez inducidos por la componente de aceleración vertical de sismo.

Estos elementos se funden en todos los modos de vértice y unión, al igual que en algunos lugares intermedios entre muros. También en los elementos de remate y en los bordes de los vacíos para puertas y ventanas.

Los elementos verticales de confinamiento lateral se funden dentro de los módulos de concreto en cavidades especiales diseñadas para este fin como se muestra en las figuras siguientes. Figura 26, a 28.

CAVIDADE PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO VERTICAL EN ESQUINAS BLOQUES EN L

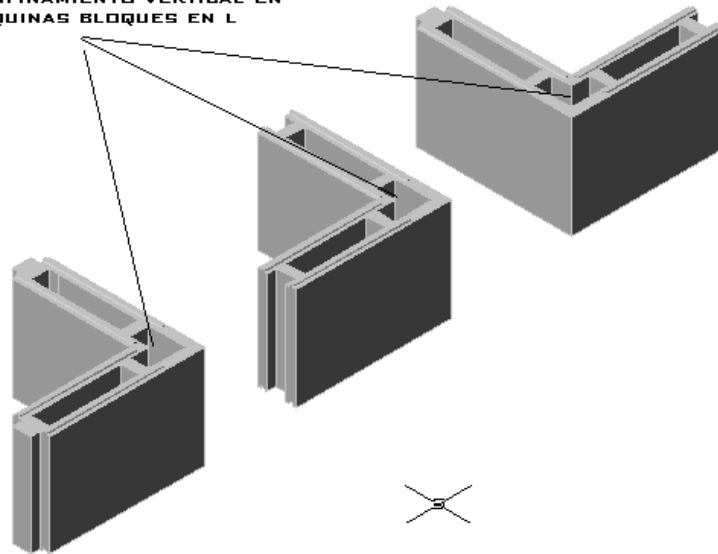


FIGURA 34.
CAVIDADES ELEMENTO DE CONCRETO PARA ALOJAR LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO EMBEBIDO EN MÓDULOS FORMA DE L.

CAVIDADES PARA ELEMENTOS CONFINAMIENTO VERTICAS EN MODULOS DE UNION PARA UNO Y DOS MURD

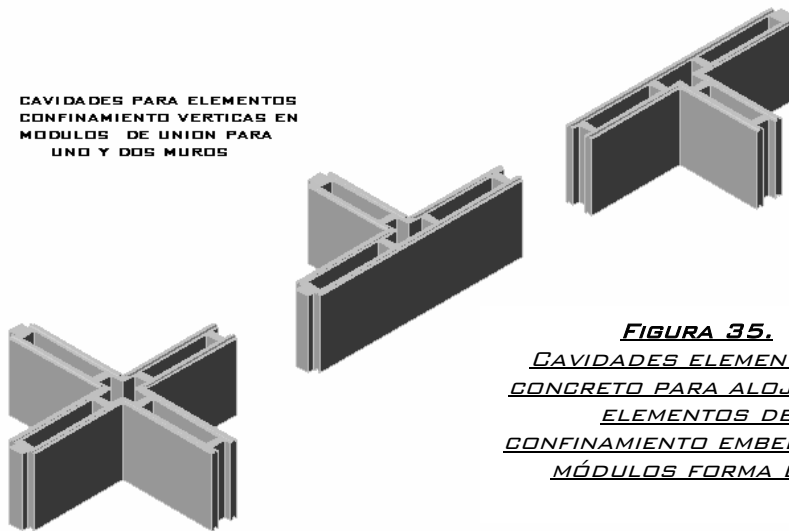


FIGURA 35.
CAVIDADES ELEMENTO DE CONCRETO PARA ALOJAR LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO EMBEBIDO EN MÓDULOS FORMA DE T

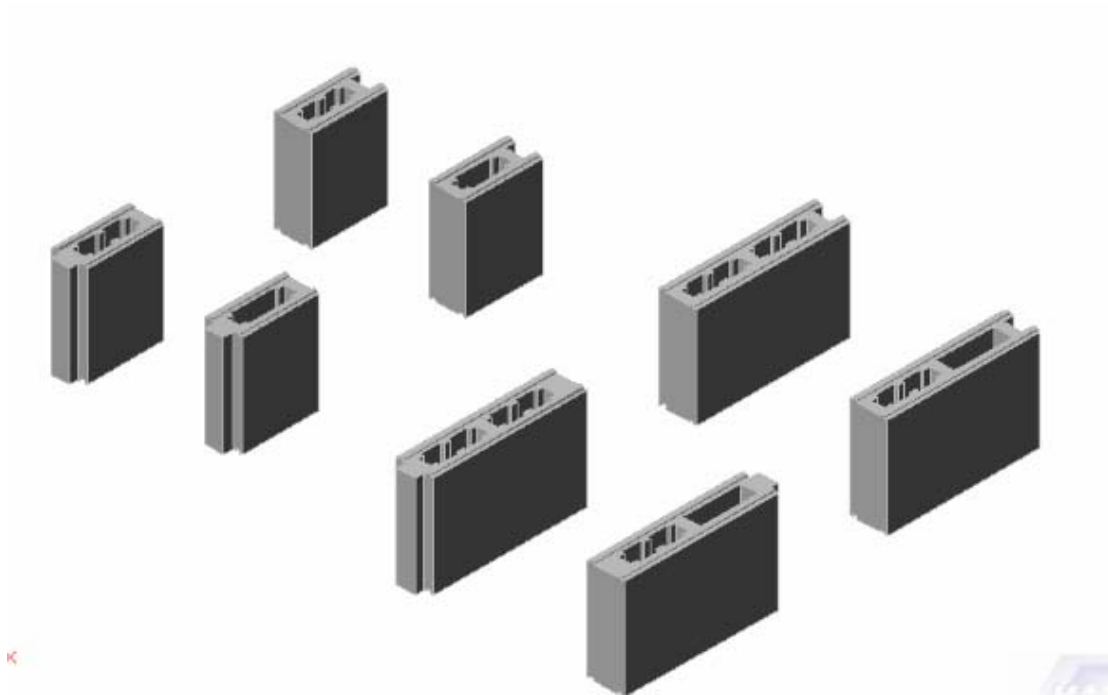
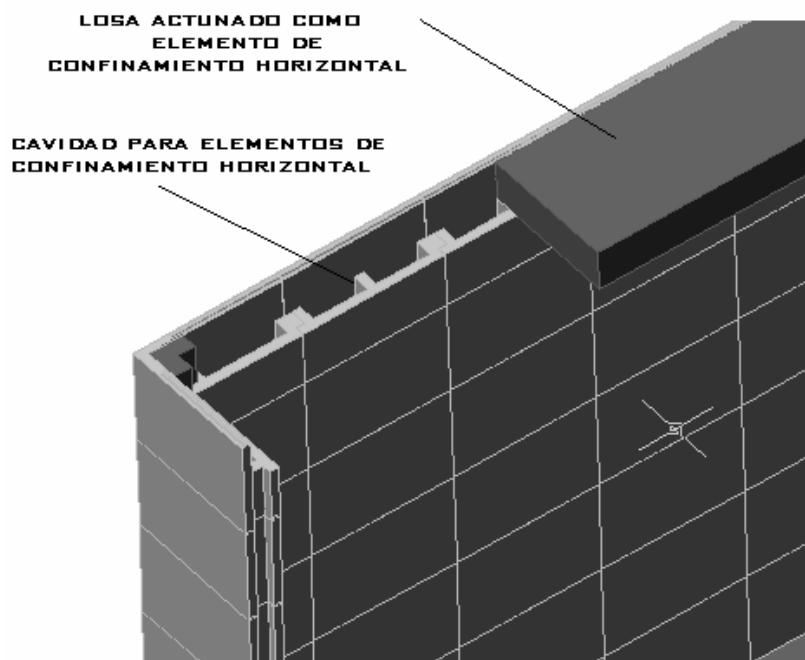


FIGURA 36. CAVIDADES ELEMENTO DE CONCRETO PARA ALOJAR LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO EMBEBIDO EN MÓDULOS INTERMEDIOS

También se confina horizontalmente los muros, por medio de las placas o la viga de remate en cubiertas, mediante el uso de módulos de concreto especiales que permiten la inclusión de estos elementos sin modificar la altura del muro o su estética exterior, ahorrando parte de la formaleta como se muestra en las figura siguientes, Figura 29 y 30.



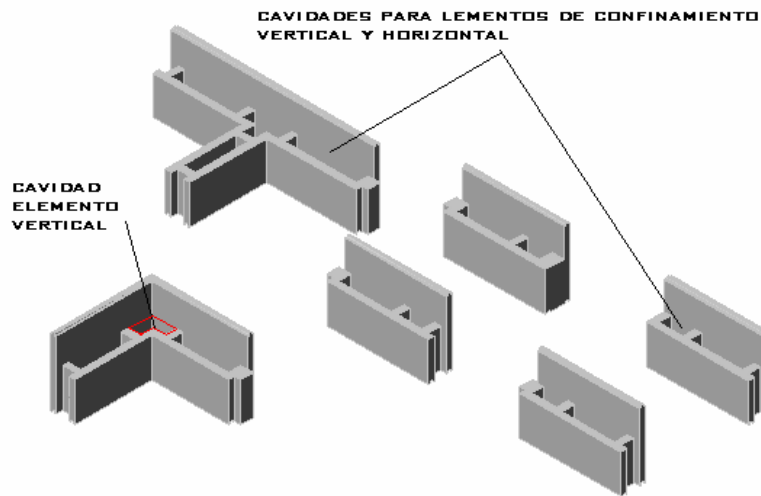


FIGURA 37. CAVIDADES ELEMENTO DE CONCRETO PARA ALOJAR LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO EMBEBIDO EN MÓDULOS Y LA LOSA O VIGA DE DIAFRAGMA

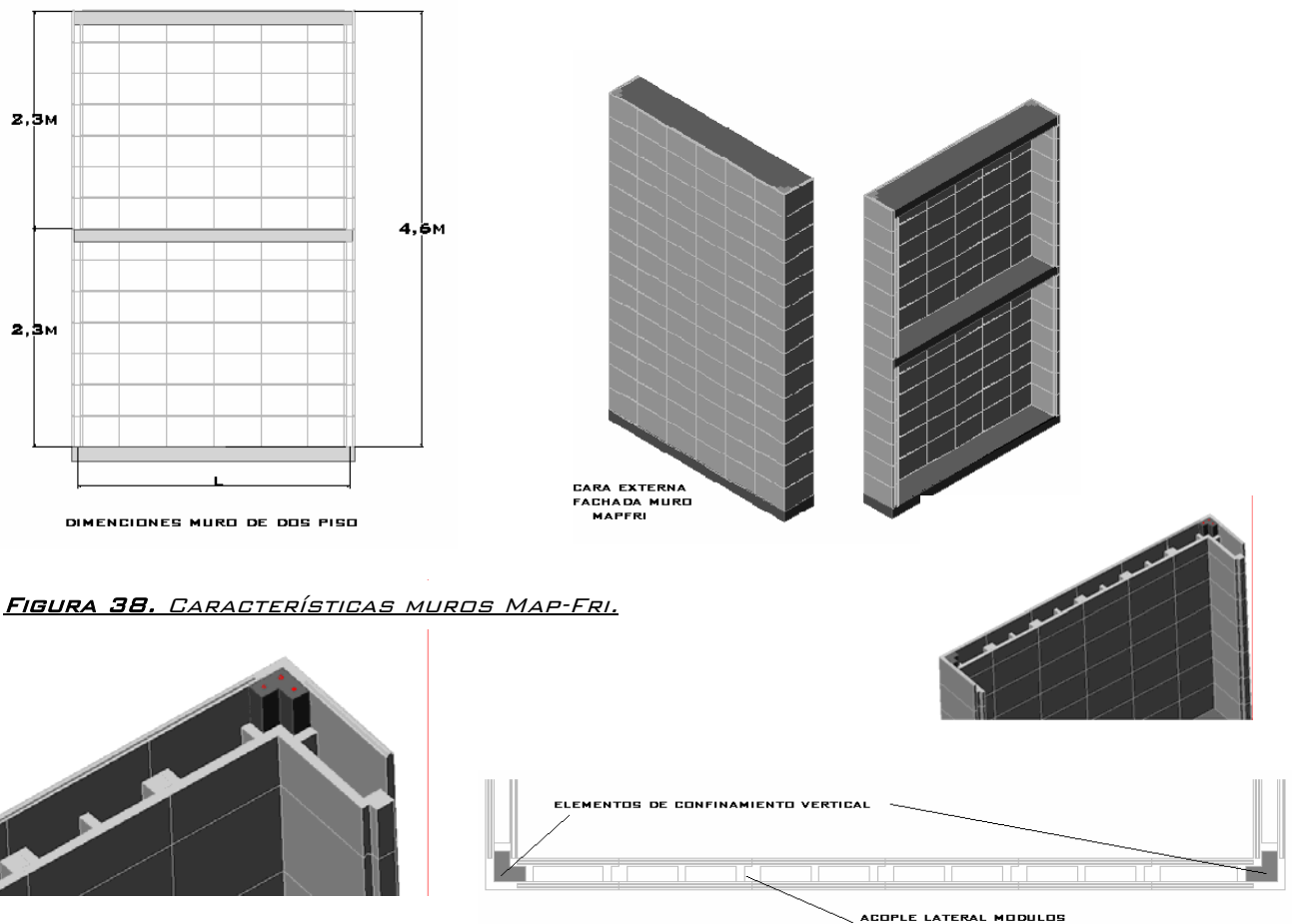
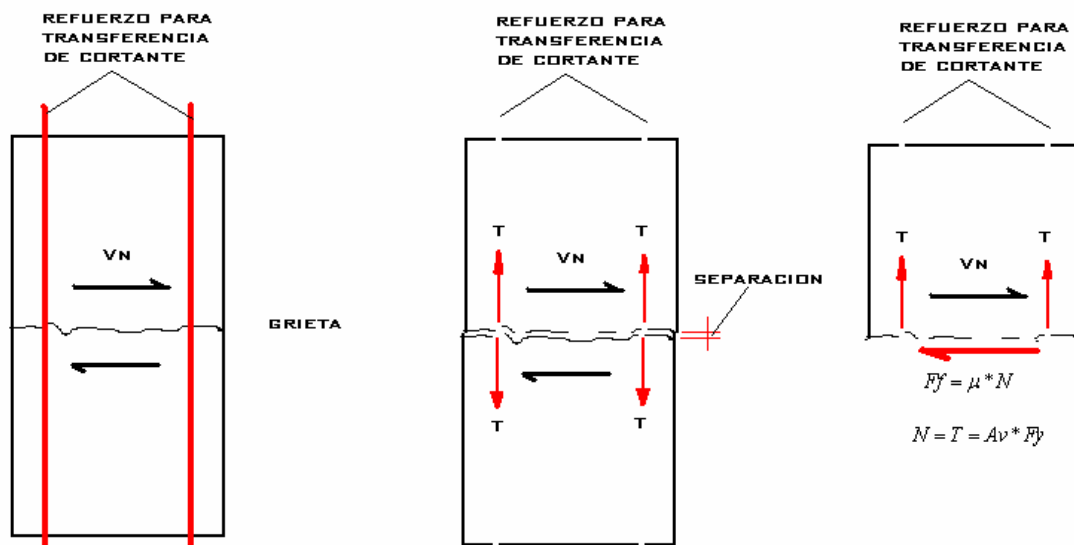
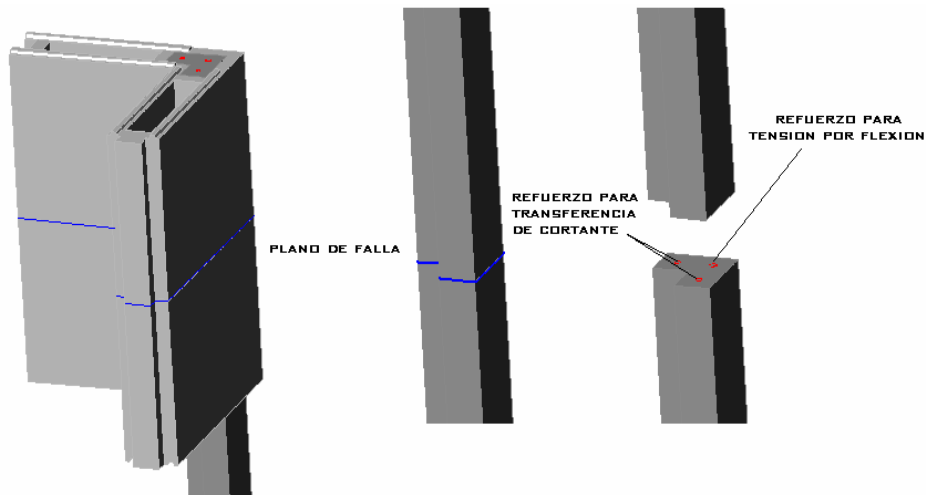
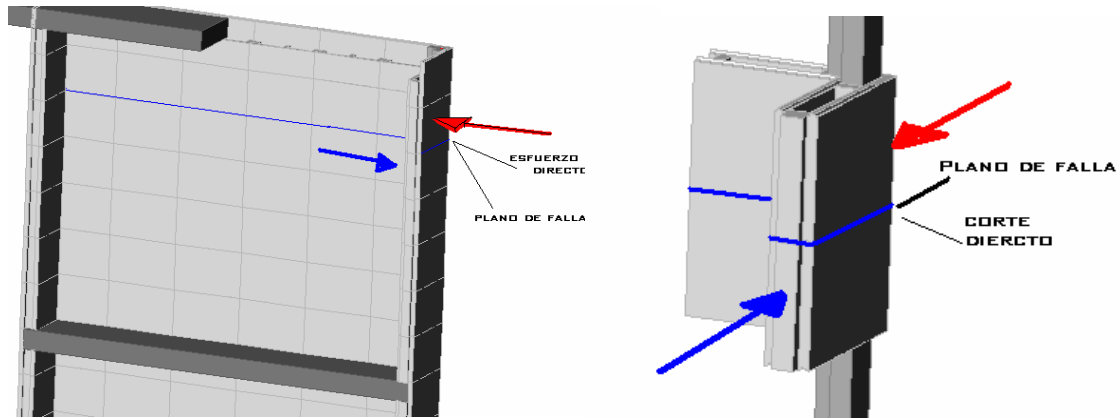


FIGURA 38. CARACTERÍSTICAS MUROS MAP-FRI.

FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL.



Los elementos de confinamiento trabajan resistiendo el cortante por fricción y se diseñan mediante la metodología de transferencia de cortante por fricción para que se genere una grieta en la unión entre hiladas, por los esfuerzos de corte directo y en esta grieta se genere una fuerza de fricción proporcional a la cuantía de refuerzo por transferencia de cortante, tal como se describe mas adelante.

MUROS DE MAMPOSTERÍA POR FRICCIÓN (MAP-FRI)

Los muros de mampostería por fricción están compuestos: Por los módulos, los elementos verticales de confinamiento lateral y los elementos de confinamiento horizontal.

FIGURA 39. ESQUEMA GENERAL REFUERZO MURO.

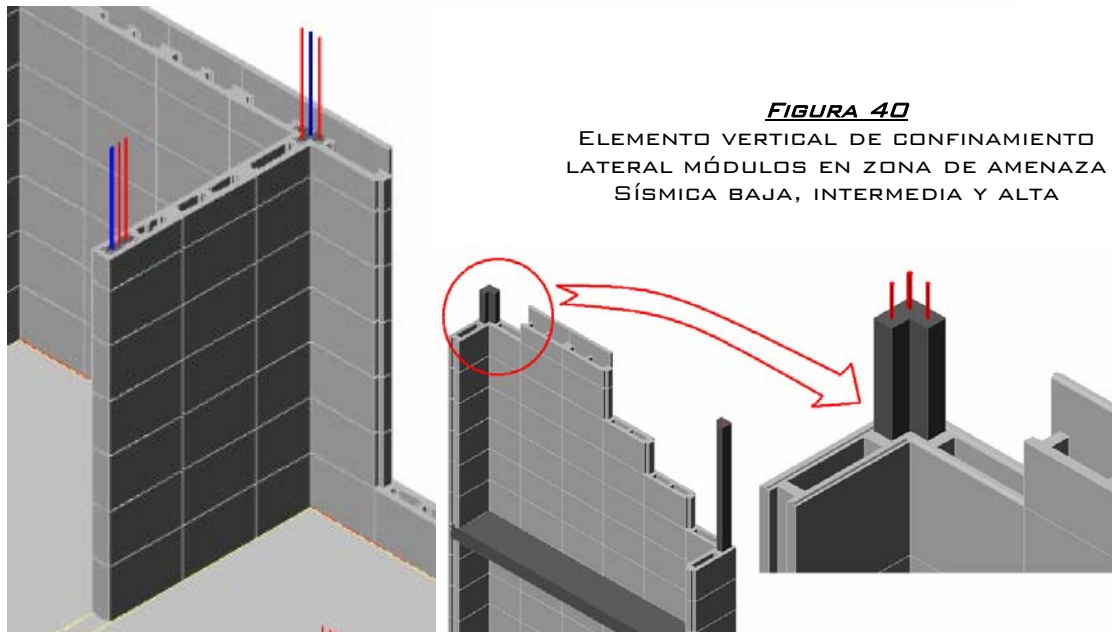
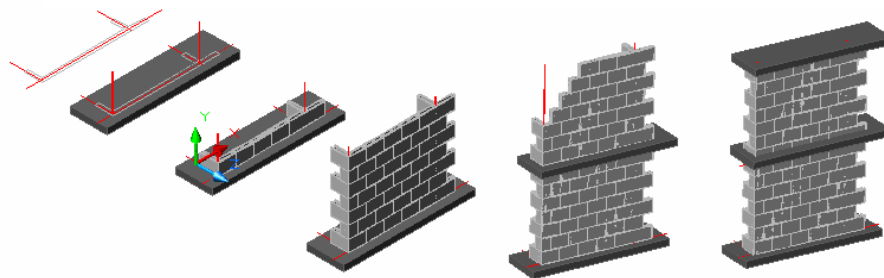


FIGURA 40
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO LATERAL MÓDULOS EN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA BAJA, INTERMEDIA Y ALTA

ANÁLISIS PARA CARGA AXIAL:

Inicialmente se proyecta los módulos en concreto simple de $F'c=21\text{Mpa}$, recordando que los valores del coeficiente de fricción se obtuvieron para esta resistencia.

Resistencia axial de los bloques de mampostería por fricción.

La máxima resistencia axial teórica sin excentricidad de un elemento en concreto simple esta dada por las expresiones del capítulo c-22.5 resistencias de diseño para concreto simple de la norma sismorresistente N.S.R-98.

$$P_n = 0.60 f'_c \left[1 - \left(\frac{\ell_c}{32h} \right)^2 \right] A_1 \quad (\text{C.22-4})$$

Esta expresión utiliza el 60% de la resistencia del concreto y lo reduce en un factor de esbeltez representado por el término entre paréntesis de la anterior ecuación.

El factor de esbeltez es función de la relación $l/32h$ al cuadrado donde en los módulos Map-Fri l representa la altura del módulo y h el espesor efectivo de concreto, como se muestra en la figura siguiente, figura 33.

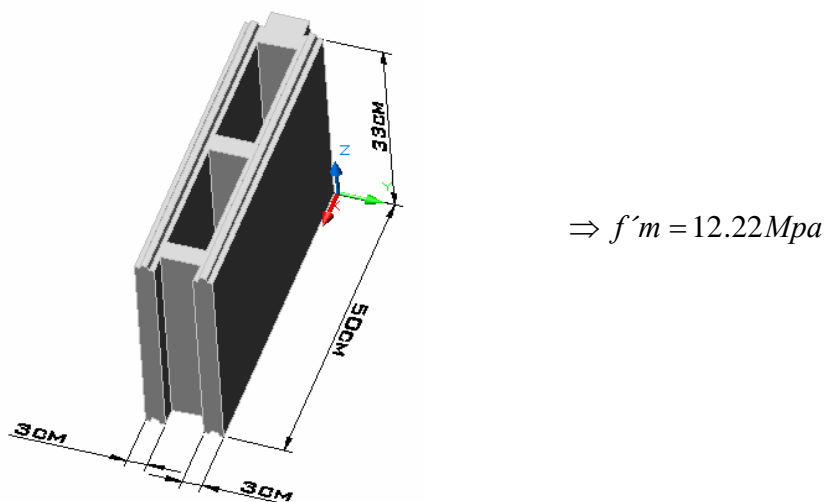


FIGURA 41. ESQUEMA GENERAL ELEMENTO INTERMEDIO

Entonces la resistencia a compresión de la mampostería por fricción estará dada por:

$$f'm = 0.6 * f'c * \left(1 - \left(\frac{h}{32 * Ee} \right)^2 \right)$$

Donde $h=33\text{cm}$ $Ee=6\text{cm}$ y $f'c=21\text{Mpa}$

$$\Rightarrow f'm = 12.22 \text{ Mpa}$$

La resistencia de la mampostería en arcilla de bloque tolete (macizo) con mortero tipo M, esta cerca de los 9Mpa, esto como valor referencia.

Resistencia axial teórica de muros Map-fri:

Los muros de mampostería de fricción no están pegados, solo encajados y confinados tanto lateral como verticalmente, los encajes verticales y los de los bordes de fricción brindan al muro un soporte lateral, que para efectos ilustrativos se asumirá similar a la resistencia aportada por el mortero de pega en un muro de mampostería confinada en arcilla tradicional,

Como no se ha emprendido la parte experimental del sistema, se requiere adaptar alguna metodología existente como un estimativo inicial de lo que puede llegar a ser la resistencia en compresión de los muros Map-Fri.

En la norma sismorresistente colombiana N.S.R-98. se incluyen entre otras dos metodología para estimar la resistencia en compresión de un muro, que pueden servir a este propósito, la metodología para muros de mampostería descrita en los numerales del titulo d, y el método empírico de diseño para muros macizos de concreto simple descrito en el numeral c.22.6.5.

Ambas metodología usan un factor de esbeltez multiplicado por un porcentaje de la resistencia en compresión

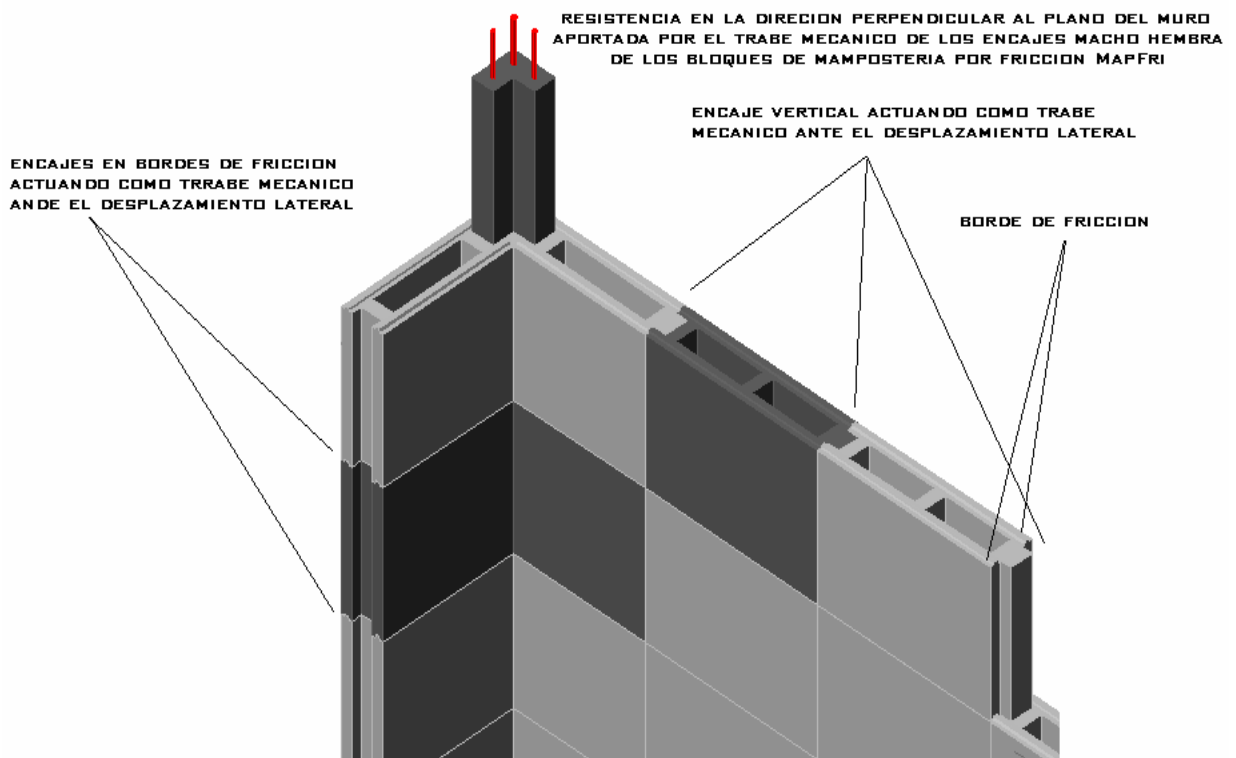


FIGURA 42. ENCAJES ACTUANDO COMO TRABES MECÁNICOS ANTE DESPLAZAMIENTO LATERAL DE LOS BLOQUE DENTRO DEL MURO

El método empírico, se restringe en el código a muros macizos rectangulares con carga céntrica, es decir que la carga resultante este dentro del tercio central del muro.

Además el espesor de los muros de carga no debe ser menor a $1/24$ de la altura o la luz, la menor de las dos, o 14cm,

Los muros map-fri no cumplen con el limite inferior de los 14 cm. de espesor en zonas de amenaza sísmica baja donde el espesor del muro el de 12cm pero en zonas de amenaza sísmica lata los módulos de proyectan con un espesor de 15cm, cumpliendo según las sonas con los espesores mínimos recomendados por el código y con las relaciones de esbeltez inferiores a 25

El meto de diseño para mampostería confinada D.10.3.3 - ESPESOR MINIMO DEL MURO - Los muros de mampostería confinada en ningún caso pueden tener una relación entre la altura libre del muro y su espesor mayor de 25 y deben tener un espesor nominal no menor de 110 mm. En viviendas de uno y dos niveles se pueden utilizar como espesores mínimos los establecidos en la tabla E.2-1.

**Tabla E.2-1
Espesores mínimos nominales para muros estructurales en casas de uno y dos pisos (mm)**

ZONA DE AMENAZA SISMICA	NUMERO DE NIVELES DE CONSTRUCCION		
	UN PISO	DOS PISOS	
		1º NIVEL	2º NIVEL
ALTA	110	110	100
INTERMEDIA	100	110	95
BAJA	95	110	95

Nota: Para estos espesores mínimos nominales no se deben tener en cuenta los pañetes y acabados

En el diseño preliminar de los muro map-fri la relación entre la altura libre del muro y su espesor es de 18 inferior al limite establecido para la mampostería confinada
 La longitud libre entre muros recomendada para mampostería confinada se resume en el e.2.4.4 N.S.R-98

E.2.4.4 - ESPESOR MÍNIMO DE MUROS CONFINADOS DE RIGIDEZ – La distancia libre horizontal o vertical, entre apoyos o amarres no puede exceder a 30 veces el espesor del muro. Para esta limitación debe considerarse verticalmente la distancia entre la cimentación y la losa de entrepiso o viga de amarre, o entre la cimentación y la losa de entrepiso y la viga de amarre de la cubierta, y horizontalmente la distancia entre columnas de amarre o muros de carga trabados. En ningún caso el muro puede tener un espesor menor de 100 mm.

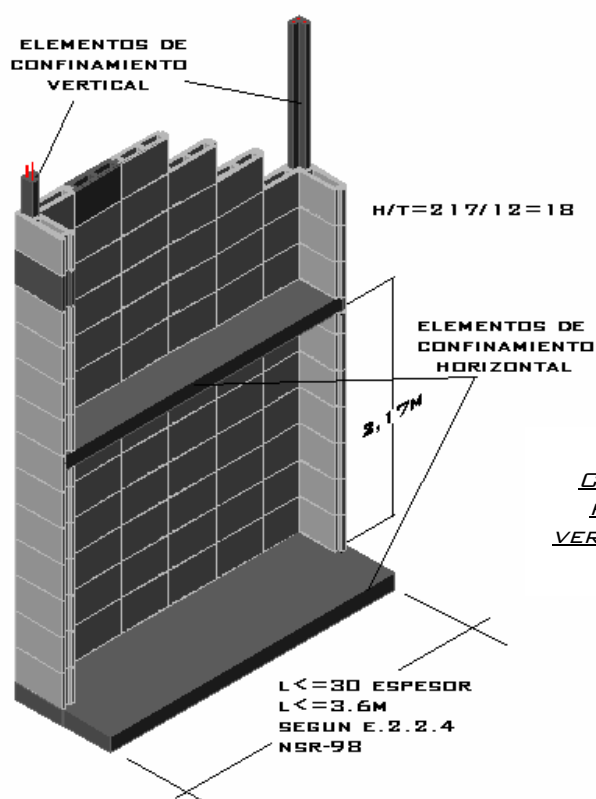


FIGURA 43
CONFINAMIENTO
HORIZONTAL Y
VERTICAL DEL MURO

La mampostería de fricción se confina tal como se hace con la mampostería confinada, se diferencia en el tipo de elementos verticales de confinamiento lateral y los encajes existentes entre los módulos que no están pegados sino encajados.

Debido a la carencia de información experimental para la mampostería de fricción, en un principio se adoptaran algunas de las condiciones y metodologías usadas para la mampostería confinada, con las que se espera hacer el estudio inicial de la mampostería por fricción.

Los encajes verticales y horizontales de los módulos se diseñaron con la intención de suplir, por medio de la acción de trabe mecánico, la labor que ejerce el mortero de pega en la mampostería confinada en la dirección perpendicular al plano del muro, es decir, dar resistencia lateral en esta dirección, figura 34.

Se espera que Los encajes de los bloque, actúen como refuerzo interno en el muro ante cargas inerciales propias de los bloques que constituyen el muro en la dirección perpendicular al plano del mismo, es decir, resistan en el empuje propio producido por las fuerzas inerciales del sismo en la dirección perpendicular al plano del muro, al igual, que contribuyan en resistir los efectos de pandeo.

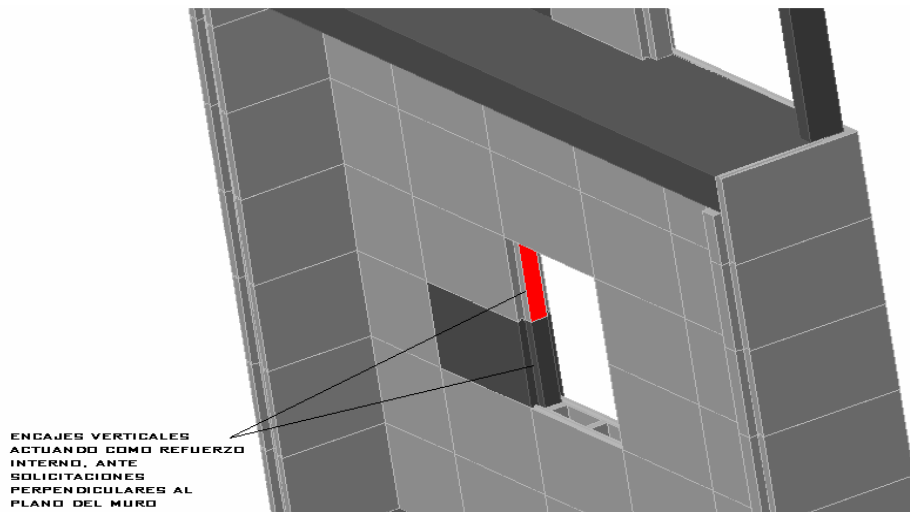


FIGURA 44.
EFFECTO TRABE MECÁNICO DE LOS ENCAJES VERTICALES

Estos encajes actúan como vigas de concreto simple sujetas a flexión por la curvatura vertical en el plano perpendicular al del muro, y a compresión por el peso de los elementos arriba de estos, este peso contribuye a la estabilidad del muro.

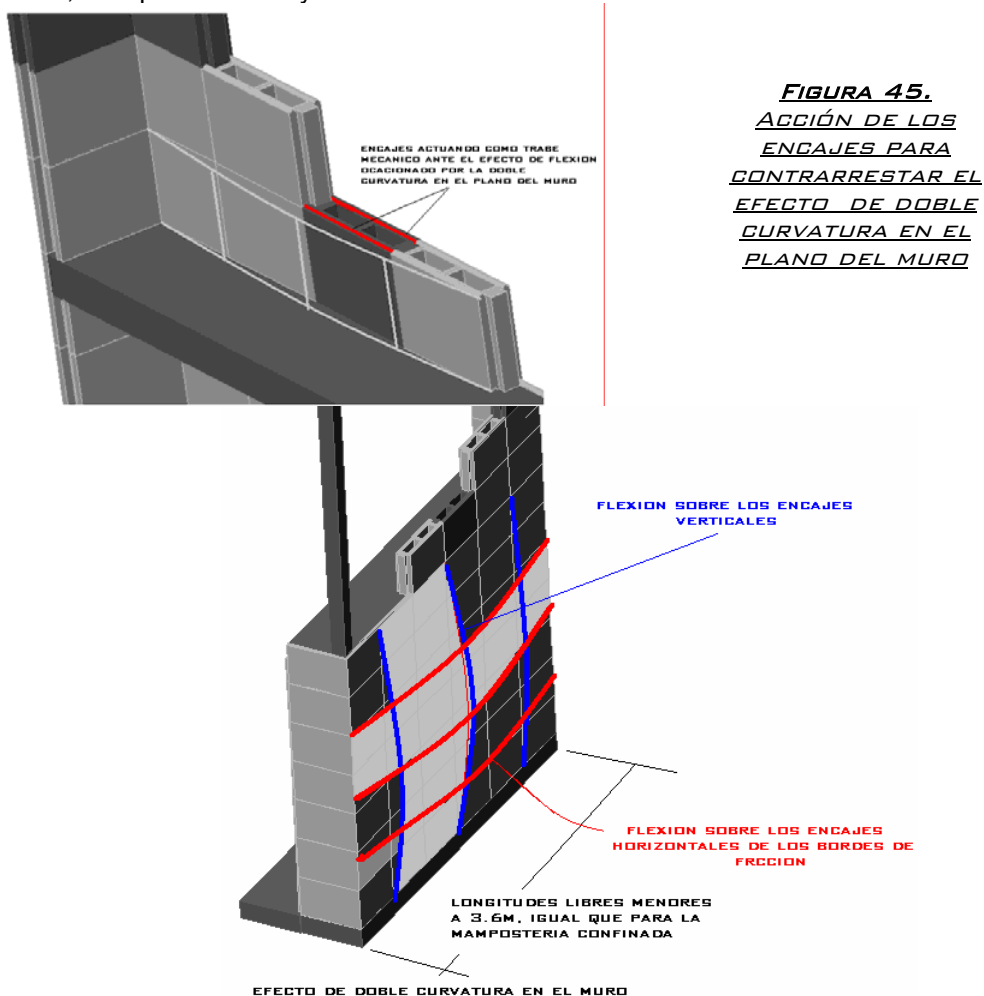


FIGURA 46 .ENCAJES ACTUANDO COMO REFUERZO INTERNO EN LAS DOS DIRECCIONES ANTE EL EFECTO DE DOBLE CURVATURA EN EL PLANO DEL MURO

Este efecto favorable de los encajes, actuando como trabe mecánico, es el fundamento, para usar como estimativo inicial, alguna de las dos formulaciones antes descritas, la de muros macizos de concreto simple, o muros de mampostería confinada, a continuación se describen las dos formulaciones para cargas axiales céntricas.

Factor de esbeltez:

Mampostería confinada

$$Re = 1 - \left(\frac{h}{40 * t} \right)^3 = 1 - \left(\frac{2.17}{40 * 0.12} \right)^3 = 0.9$$

Concreto simple

$$Re = 1 - \left(\frac{h}{32 * t} \right)^2 = 1 - \left(\frac{2.17}{32 * 0.12} \right)^2 = 0.82$$

Re para concreto simple es el mismo que para muros de concreto reforzado por el método empírico.

Resistencia a compresión:

Mampostería confinada

$$f'_{muro} = 0.8 * (0.85 * f'_m) * Re = 0.8 * 0.85 * 12.22 * 0.9 = 7.48 Mpa$$

Concreto simple

$$f'_{muro} = 0.6 * f'_c * Re = 0.6 * 21 * 0.82 = 10.33 Mpa$$

Método empírico (Muro macizo concreto simple)

$$f'_{muro} = 0.45 * f'_c * Re = 0.45 * 21 * 0.82 = 7.75 Mpa$$

En conclusión es más exigente la metodología para mampostería confinada y por consiguiente es la mas segura para adoptar, En la estimación inicial de la resistencia a compresión para los muros Map-Fri.

Esto es muy ventajoso, pues el enfoque del diseño a flexo-compresión de los muros de mampostería confinada, es el más conveniente de adaptar a la mampostería de fricción.

Se concluye del análisis anterior que la resistencia nominal a compresión céntrica en un muro Map-Fri, esta dado por:

$$f'_{muro} = 0.8 * (0.85 * f'_m) * \left(\frac{h}{40 * t} \right)^3 = 0.8 * 0.85 * 12.22 * \left(\frac{2.17}{40 * 0.12} \right)^3 = 7.48 Mpa$$

De la expresión anterior, la capacidad portante de la primera hilada de bloques sobre la cimentación para un muro estándar de 7 hiladas para carga axial estará dada por:

$$\frac{P_n}{A_c} = 7.48 Mpa \Rightarrow P_n(N) = 7.48 * A_c(mm)$$

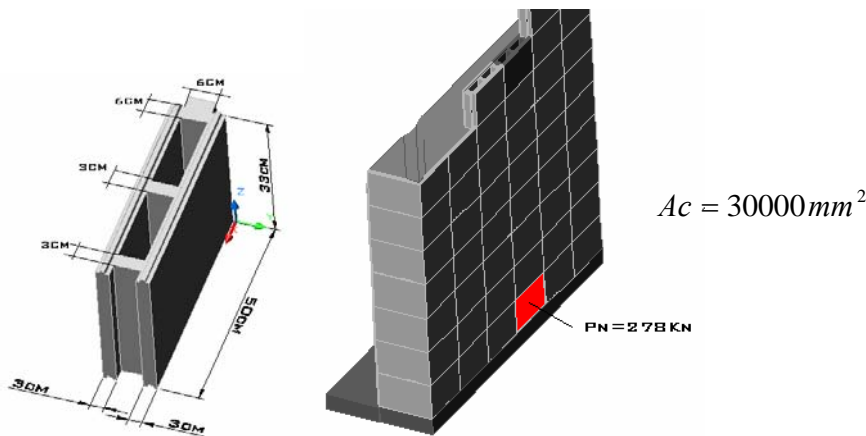


FIGURA 47. POSICIÓN DEL BLOQUE SOMETIDO AL MAYOR ESFUERZO DE

$$\phi P_n(\text{módulo}) = 0.6 * (7.48 * 30000 = 224400N) = 134.64KN$$

Un metro de muro, constituido por dos módulos tendrá una resistencia nominal de 269.28Kn, Lo que traduce una resistencia de 328.8Kn/m por metro lineal de muro.

$$\phi P_n.ml = 269 \frac{KN}{m}$$

DISEÑO DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO:

En la concepción del sistema de muros de mampostería por fricción map-fri todos los muros estructurales, son portantes, es decir, todos reciben carga vertical proveniente de los elementos superiores además de su propio peso, la placa de entepiso se diseñara en dos direcciones para efectos de flexión, esto hace que todos los muros reciban carga vertical y adicionalmente el refuerzo en dos direcciones, proporciona redundancia a la estructura en caso de colapso por explosión o por impacto de un vehículo con alguno de los muros.

La resistencia ante fuerzas laterales provenientes del sismo, procede de la fricción generada en los planos que se forman entre los elementos constituyentes del muro, que se ha diseñado especialmente para este fin, más el aporte a cortante de los elementos verticales de confinamiento lateral

El muro esta sometido en caso de sismo a la acción simultanea de cargas verticales y horizontales en la dirección paralela a su plano. Estas cargas inducen dentro del muro diferentes efectos:

- La carga vertical produce compresión en los elementos del muro (módulos y elementos verticales de confinamiento lateral)
- La carga lateral produce un efecto de flexión debido a la configuración de voladizo empotrado en la base, que induce esfuerzos de tensión, compresión y cortante en la sección.

La fuerza de fricción dentro de los muros es generada por el peso de la estructura y los esfuerzos de compresión inducidos por la flexión en comunión con las propiedades de fricción del material, la intensidad de las fuerzas sísmicas de diseño depende de la zona de amenaza sísmica en que se ubique la edificación y el aporte a cortante de los elementos verticales de confinamiento lateral depende de la cuantía de refuerzo por transferencia que se les asigne.

El comportamiento de las cargas en la dirección paralela a al plano del muro, se compone por:

- Las fuerzas inerciales laterales, inducidas por la aceleración del suelo de fundación.
- La fuerza de fricción inducida entre las superficies en contacto de los muros y el aporte de los elementos verticales de confinamiento lateral al cortante y la flexión.

Se emplea para el diseño a cortante el método de estados límites de resistencia y un modelo matemático de muro en voladizo empotrado en su base, arriostrado lateralmente por diafragmas.

Resistencia diseño = Φ *Rest. Nominal \geq Rest. Requerida

$$\phi V_n \geq V_u$$

El coeficiente de fricción dinámico $\mu=0.6$ empleado en los cálculos, se evaluó experimentalmente, tal como se describe en el anexo 1, se emplea un coeficiente de reducción de resistencia $\Phi=0.85$ para cortante por fricción, (según N.S.R-98) en los elementos de confinamiento y uno de $\Phi=0.5$ para la fricción generada entre los bloques, esto debido al grado de incertidumbre, pues es un análisis, netamente teórico, en el futuro cuando se disponga de información experimental, será posible modificar este coeficiente a un valor menos conservador.

Para entender mejor el funcionamiento de los muros, Se presenta a continuación una estructura simple, sobre la cual se describen las principales características del funcionamiento del sistema.

La estructura de la figura, esta comprendida por 2 espacios cuadrados adyacentes separados por un muro interior, las losas son armadas en dos direcciones, y tiene dos pisos, los muros en cada dirección tienen que soportar el 100% del sismo en la dirección paralela a su plano.

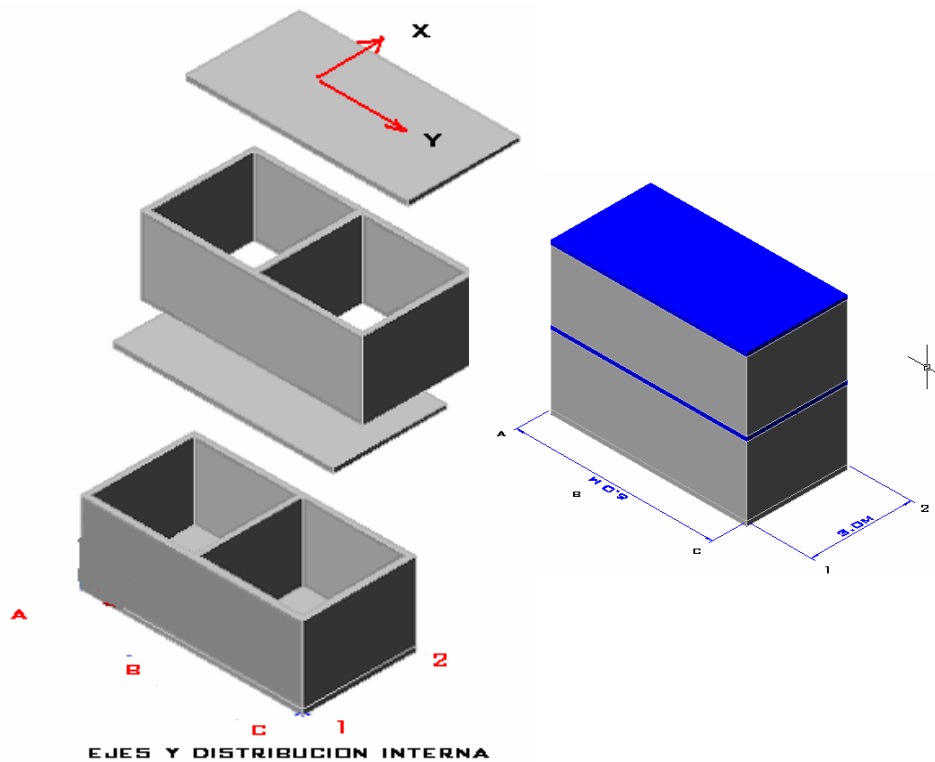


FIGURA 4B. DISTRIBUCION INTERNA DE MUROS Y EJES ESTRUCTURA DE EJEMPLO.

Para simplificar el modelo inicial, la cubierta se modela como una placa maciza, con propiedades inerciales similares a las de una cubierta tradicional en machihembre y teja de barro. El modelo inicial no contempla vacíos por puertas y ventanas y sus efectos, se discutirán mas adelante.

El muro a analizar es el muro MB-12 en la dirección x como se muestra en la figura.

Los tres muros en la dirección X, son iguales y por ende con igual rigidez, como el diafragma de losa es rígido, cada muro soporta una porción de la carga sísmica en función a su rigidez, es decir cada muro soportara la tercera parte de la sollicitación sísmica.

Para efectos de incluir en el análisis el posible incremento en las sollicitaciones del muro por efectos torcionales, el muro MB-12, se cargara con la mitad de la mitad de la masa total inercial de la estructura y no con la tercera parte como le correspondería por rigidez, como se muestra en la figura 41

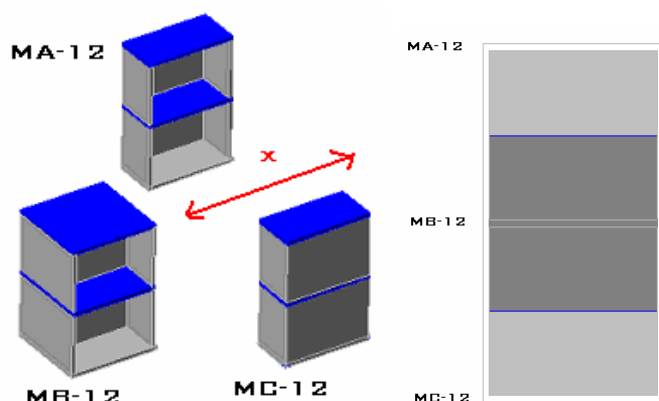


FIGURA 49. MASAS INERCIALES AFERENTES POR MURO DIRECCION X

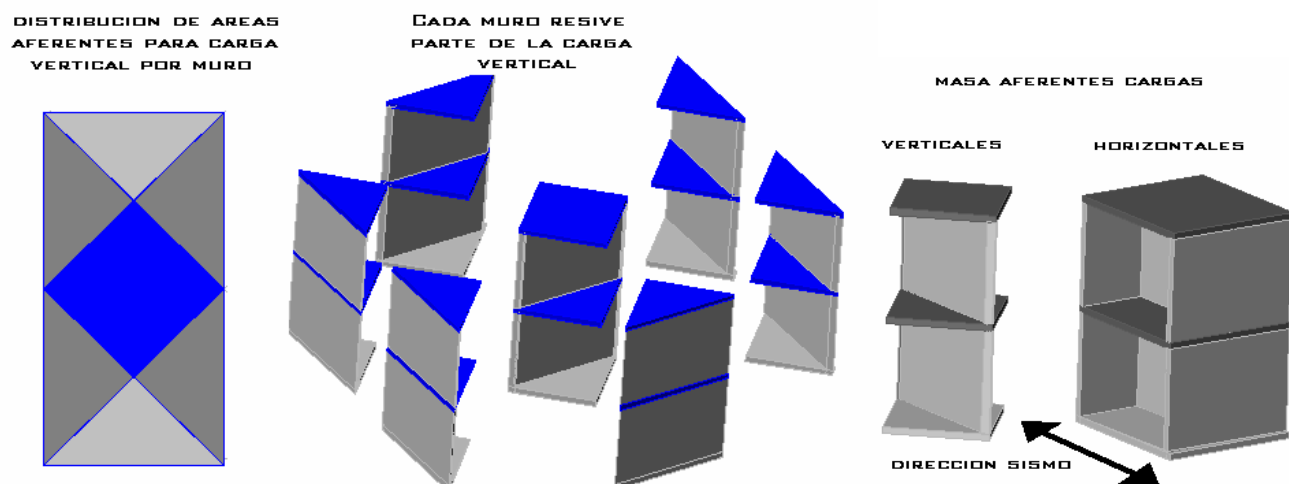


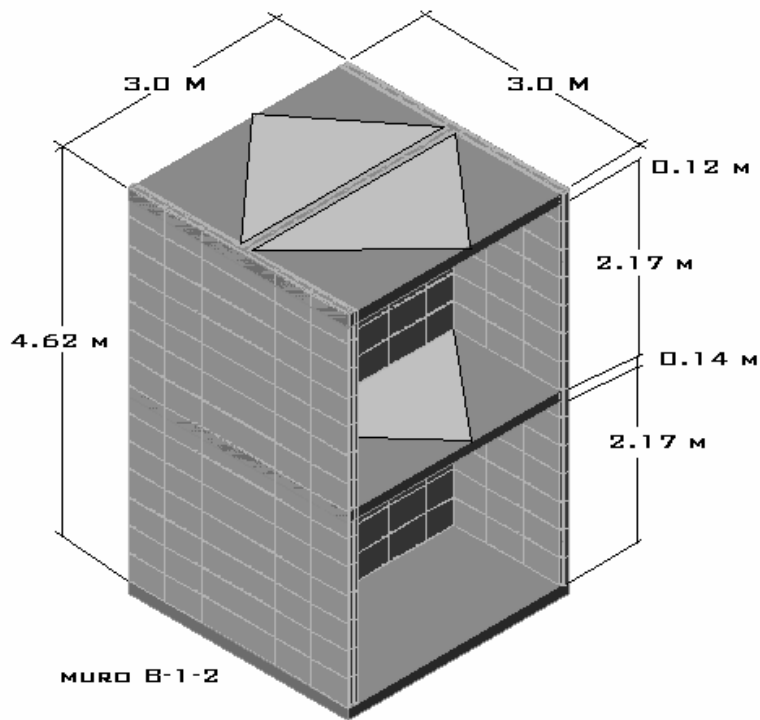
FIGURA 50. DISTRIBUCIÓN ÁREAS AFERENTES DE CARGA VERTICAL POR MURO

Como se evidencia en las graficas anteriores la masa inercial aferente al muro por efectos sísmicos, es superior a la masa aferente por carga vertical sobre los mismos, Esta diferencia se debe en gran parte, a que solo los muros orientados en la dirección paralela, a la acción del

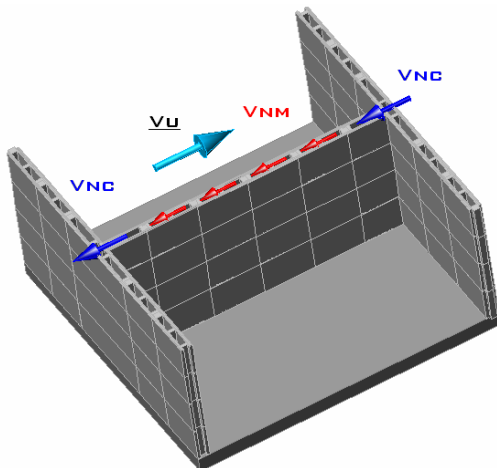
sismo deben soportar el 100% de la sollicitación sísmica, mientras para efectos de carga vertical, los muros en ambas direcciones se reparten la carga.

En resumen un muro cualquiera tendrá actuando sobre su plano, las fuerzas inerciales laterales debidas a la masa aferente mas las fuerzas verticales debidas a la transferencia de peso dentro de la estructura.

El estado de fuerzas actuantes en el plano del muro, se muestra como ejemplo, para el muro central en el eje B, muro MB-12, en la dirección x.



En cada hilada actúan las **FIGURA 51 DIMENSIONES MURO CENTRAL** estructura, esto genera dentro de los planos formados entre las hiladas el estado de cargas mostrado en las figuras siguientes:



$$V_u \leq \phi(V_{nc} + V_{nm})$$

$$\phi = 0.85 \text{ (Para elementos De confinamiento)}$$

$$\phi = 0.5 \text{ (Para Módulos De Mampostería)}$$

V_{nc} : Resistencia nominal a cortante de los elementos de confinamiento (Transferencia de cortante)

V_{nm} : Resistencia nominal a cortante de la mampostería (Fuerza de fricción entre hiladas de bloque)

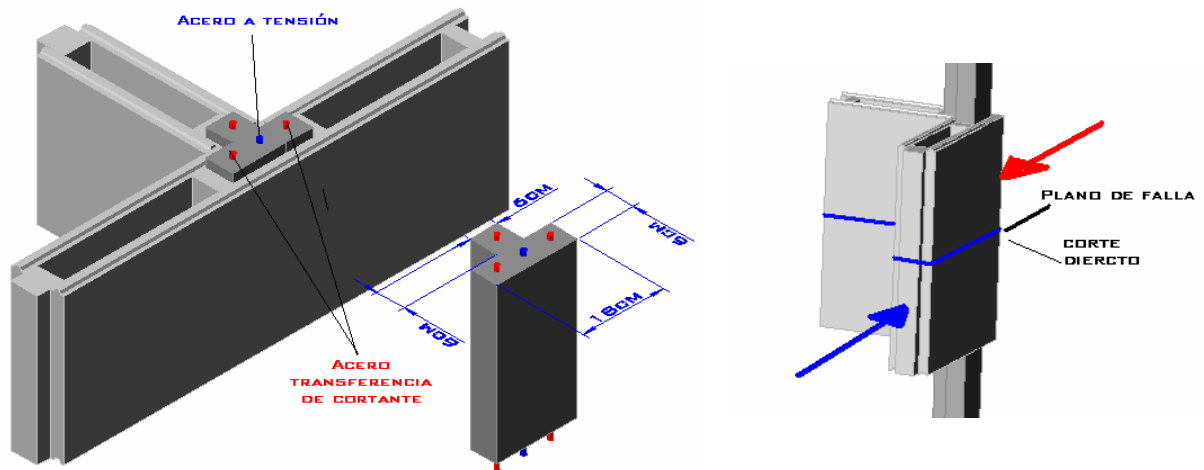


FIGURA 52. ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO LATERAL EMBEBIDO ENTRE

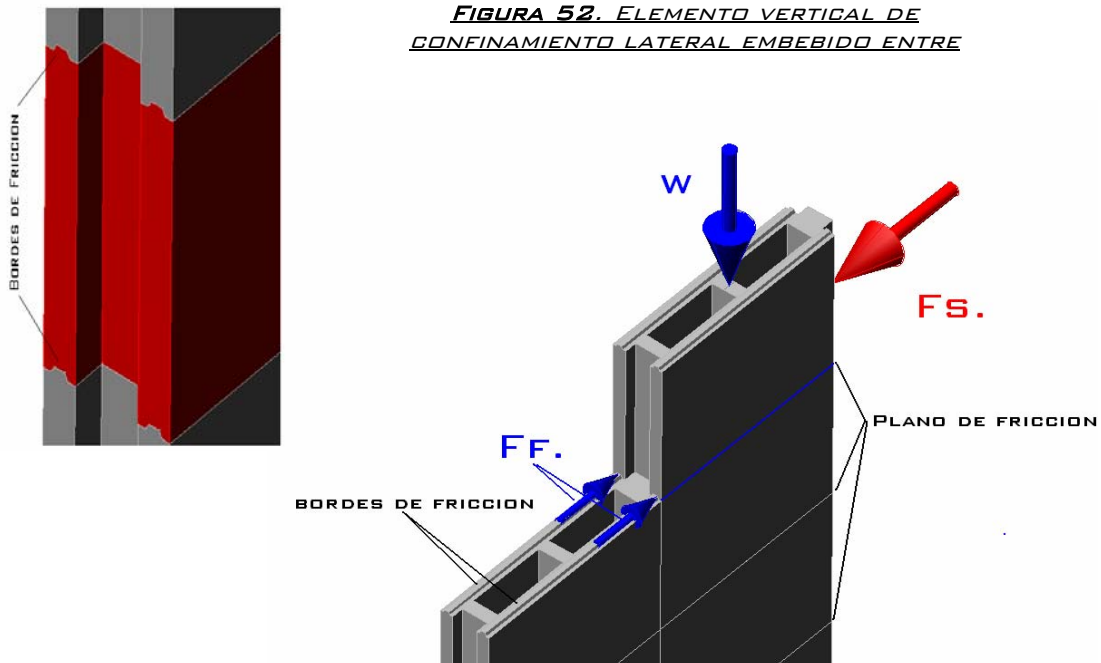


FIGURA 53. ENCAJES, BORDES Y PLANOS DE FRICCIÓN EN LOS MÓDULOS MAP-FRI

Los bordes de fricción actúan como rieles, guiando la fuerza de fricción en la dirección paralela al plano del muro, como se muestra en la figura 47, y el cortante directo del desplazamiento relativo de las hiladas, produce la fricción dentro de los elementos de confinamiento, donde se genera la fuerza de fricción por transferencia de cortante de los aceros de refuerzo en fluencia.

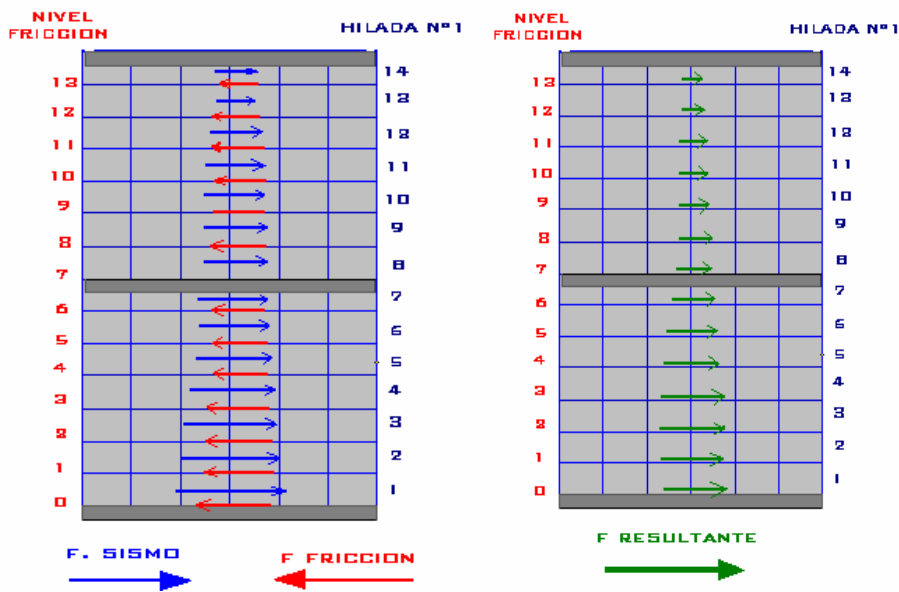


FIGURA 54. FUERZAS ACUMULADAS POR NIVEL

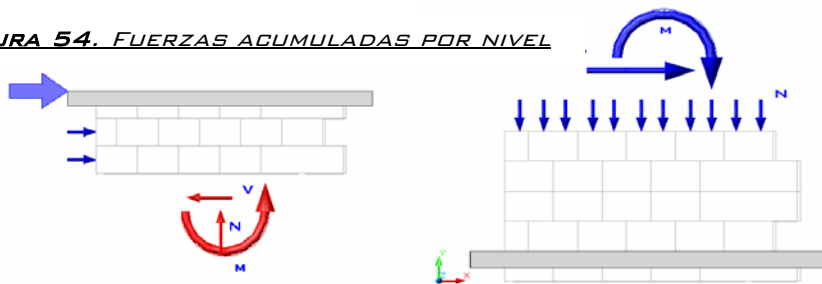
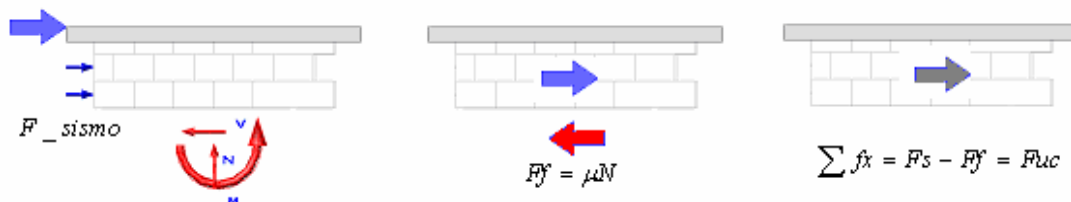


FIGURA 49. FUERZAS INTERNAS POR NIVEL

En cada plano se genera una fuerza de fricción, debida a la acción de la fuerza normal y el coeficiente de fricción dinámico de los elementos $\mu=0.6^1$, esta fuerza se opone a la acción sísmica; la resultante de estas dos fuerzas, es el efecto que deben soportar los elementos verticales de confinamiento lateral.

La fracción de la fuerza sísmica soportada por la fricción es transferida entre planos hasta llevarla a la cimentación,

La fuerza resultante entre la fuerza inercial acumulada que actúa sobre las hiladas y la fuerza de fricción generada en el plano de contacto entre los bloques, es la fuerza cortante última que deben soportar los elementos verticales de confinamiento lateral,



¹ EL CALCULO DEL COEFICIENTE DE FRICCION SE DESCRIBE EN EL ANEXO 1

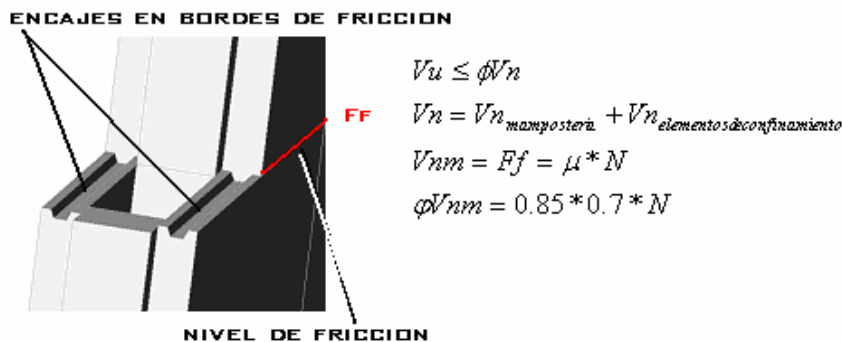
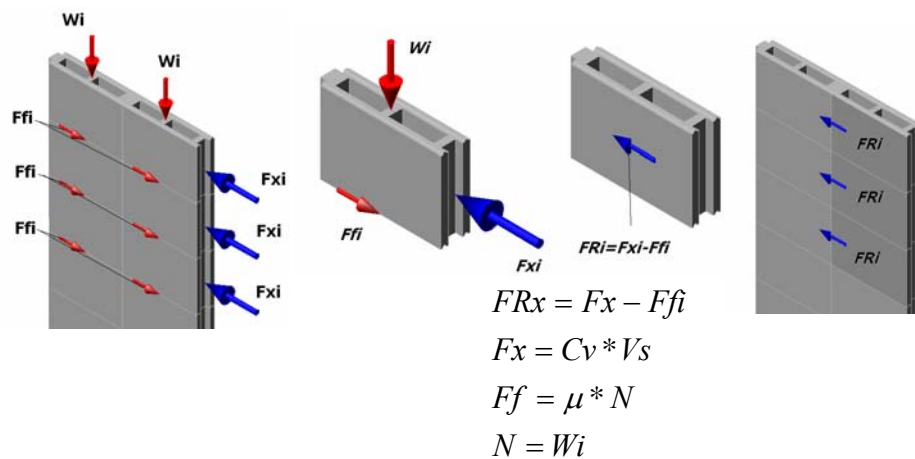


FIGURA 55. ESQUEMA FUERZA RESULTANTE FUERZAS DE SISMO Y DE FRICCIÓN.

En el cálculo de la fuerza de fricción, no se mayoran las cargas verticales, se emplean solo las cargas muertas sin mayorar de los elementos aferentes al muro.

En el análisis para el cálculo de la fricción se contempla usar un coeficiente de reducción $\Phi=0.5$ Para el cálculo del aporte en compresión de la flexión, debida a las fuerzas laterales, se usaran las fuerzas de diseño (E). con un coeficiente de disipación de Energía $Ro=2.5$, el mismo utilizado para mampostería confinado y estructuras en bareque, este coeficiente es propio de cada sistema estructural y debe ser evaluado experimentalmente, debido a las características del sistema constructivo y al grado de disipación de energía que se espera de sistema y por no contar aun con información experimental se adopta para el análisis inicial un $Ro=2.5$.

La fuerza de fricción es entonces función directa de la fuerza normal, que equivale al peso acumulado, mas la compresión inducida por la flexión en el plano del muro, sobre cada hilada, con lo que la fricción aumenta como lo hace el peso de la estructura y las fuerzas laterales que inducen la flexión sobre el plano de los muros, pero el peso puede cambiar, debido a la componente vertical de la aceleración del sismo, que puede inducir efectos de ingravidez en un momento determinado, dependiendo de las características del sismo, por ello el aporte principal a cortante por fricción en el muro, lo suministran los elementos verticales de confinamiento y la compresión generada por la flexión y la fricción de los elementos de confinamiento, es función exclusiva de la cuantía de acero de transferencia dentro de estos elementos y no del peso de la estructura.

CALCULO DE LA FUERZAS EN LA DIRECCION PARALELA AL PLANO DEL MURO

CALCULO DE LAS FUERZAS SISMICAS.

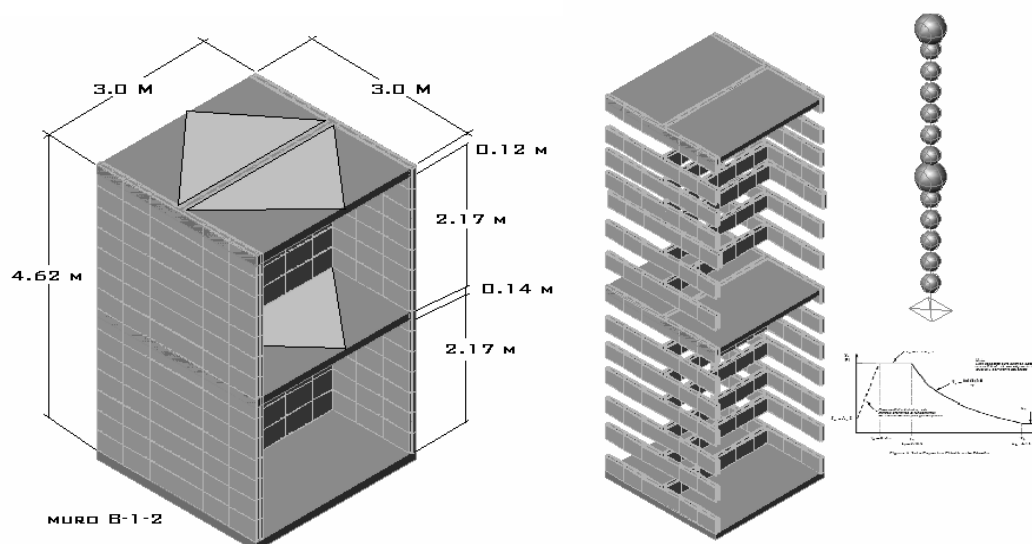


FIGURA 56. MODELO DE CONCENTRACIÓN DE MASAS PARA ANÁLISIS SÍSMICO.

En el cálculo de las fuerzas sísmicas sobre el muro de ejemplo, se emplea el método de la fuerza horizontal equivalente, y para cada hilada se concentra la masa como se muestra en la figura 51, según la metodología expresada en la norma sismorresistente Colombiana.

El sismo de diseño aumenta con el riesgo sísmico según la zona de amenaza sísmica y con esta el valor del cortante en la base, que se reparte en altura con el coeficiente C_v como se muestra en la gráfica 52,

Para el diseño del sistema constructivo, las zonas de amenaza sísmica se dividieron en 2 dos grupos, el grupo A, que comprende la zonas de la 1 a la 6 y el grupo B que comprende las zonas de 7 a la 10, esto con el fin de separar la zonas según el grado de exigencia y el tipo de módulos, usados en cada zona, para la zona A, se emplean los módulos de 12cm de espesor y para el grupo B los de 15cm, de espesor, al igual ambas zonas se diferencian por los requerimientos en el tamaño y disposición de los refuerzos. A Continuación se muestra esta división.

REGIÓN N°	AA	AMENAZA SÍSMICA	CIUDAD	AA	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA
			ARAUCA	0.15	INTERMEDIA
10	0.45	ALTA	ARMENIA	0.25	ALTA
9	0.4	ALTA	BARRANQUILLA	0.10	BAJA
8	0.35	ALTA	BOGOTÁ D. C.	0.20	INTERMEDIA
7	0.3	ALTA	BUCARAMANGA	0.25	ALTA
6	0.25	ALTA	CALI	0.25	ALTA
5	0.2	INTERMEDIA	CARTAGENA	0.10	BAJA
4	0.15	INTERMEDIA	CÚCUTA	0.30	ALTA
3	0.1	BAJA	FLORENCIA	0.20	INTERMEDIA
2	0.075	BAJA	IBAGUÉ	0.20	INTERMEDIA
1	0.05	BAJA	LETICIA	0.05	BAJA

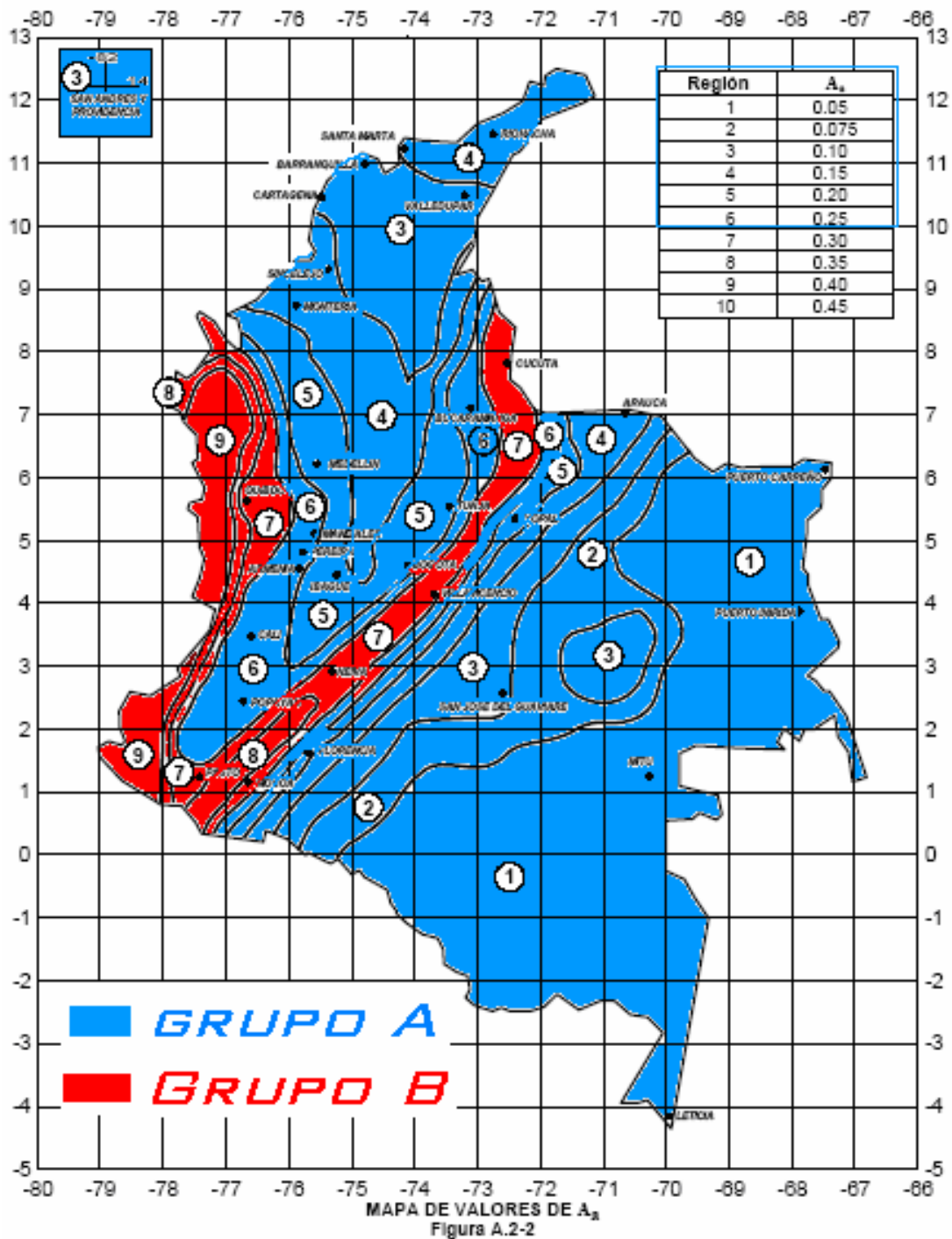


FIGURA 57. GRUPOS DE ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MAP-FRI

Como se muestra en la figura anterior, la mayor parte del país, se encuentra localizada en el grupo de zonas de amenaza sísmica A, donde los requerimientos sísmicos, permiten usar los módulos de 12cm de espesor y la zona B, por el tamaño de las vigas y por los requerimientos de estabilidad lateral, como de traslapos y detallado del refuerzo, se requiere de usar los módulos de 15cm de espesor, que dan mas estabilidad y espacio para la colocación de los refuerzos en los elementos de confinamiento, tanto vertical, como horizontal.

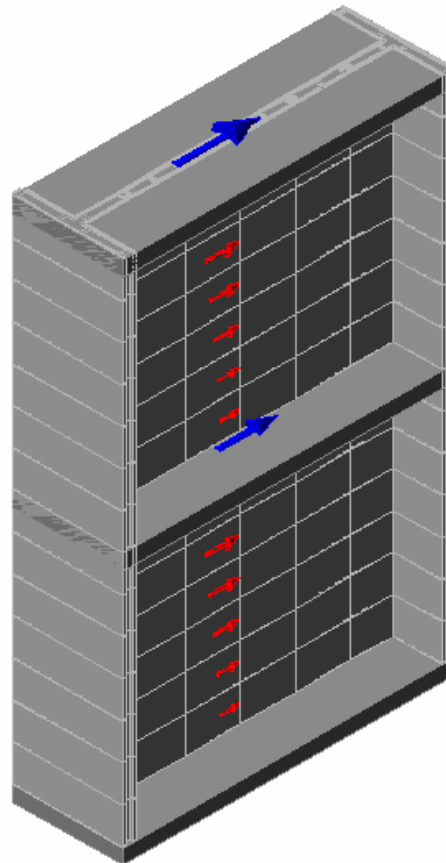
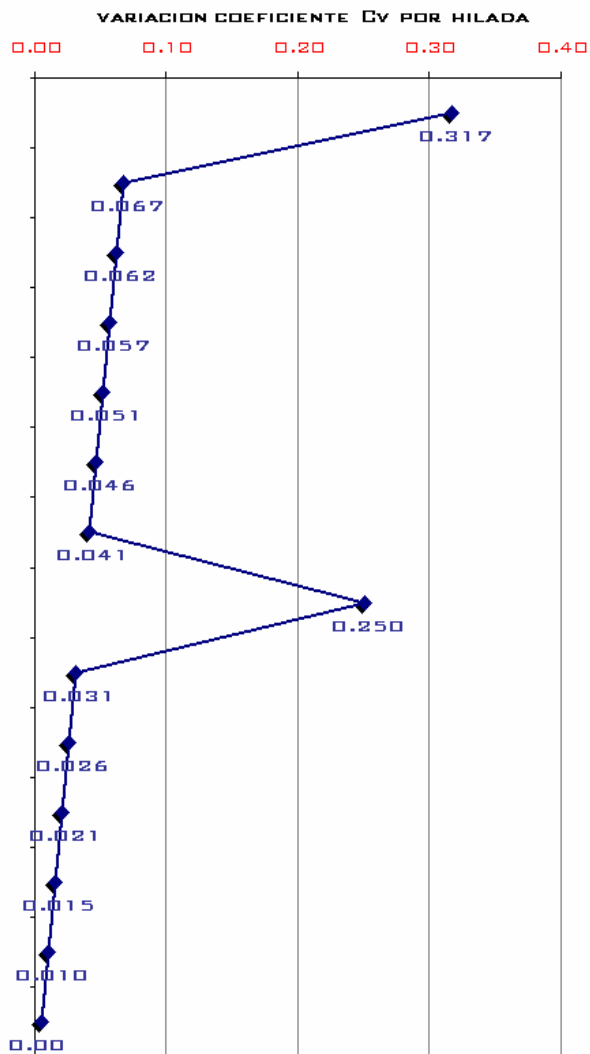


FIGURA 58. VARIACIÓN DEL COEFICIENTE C_v EN ALTURA PARA EL MURD EN ANÁLISIS MB-12

Las fuerzas sísmicas debidas al sismo de diseño, varían según la zona de amenaza sísmica y en altura, varían según la distribución de las masas y la altura con respecto a la base. Según el análisis sobre cada hilada actúa una fuerza lateral ubicada en el centro de masa de la misma, estas fuerzas laterales acumuladas en altura representan la variación del esfuerzo cortante en altura, como se muestra en las graficas siguientes.

Sobre cada hilada actúan una fuerza en compresión debida al peso de la porción de estructura sobre su nivel, la fuerza horizontal acumulada hasta su nivel y un momento flector inducido por la acción de las fuerzas laterales.

El momento inducido por las fuerzas laterales, produce sobre la sección esfuerzos de tensión y compresión, donde la tensión es soportada por los aceros dentro de los elementos de confinamiento y la compresión es soportada por la mampostería, donde esta actúa como fuerza normal y produce fricción.

A continuación se muestra la variación nivel a nivel entre hiladas de la fuerza laterales

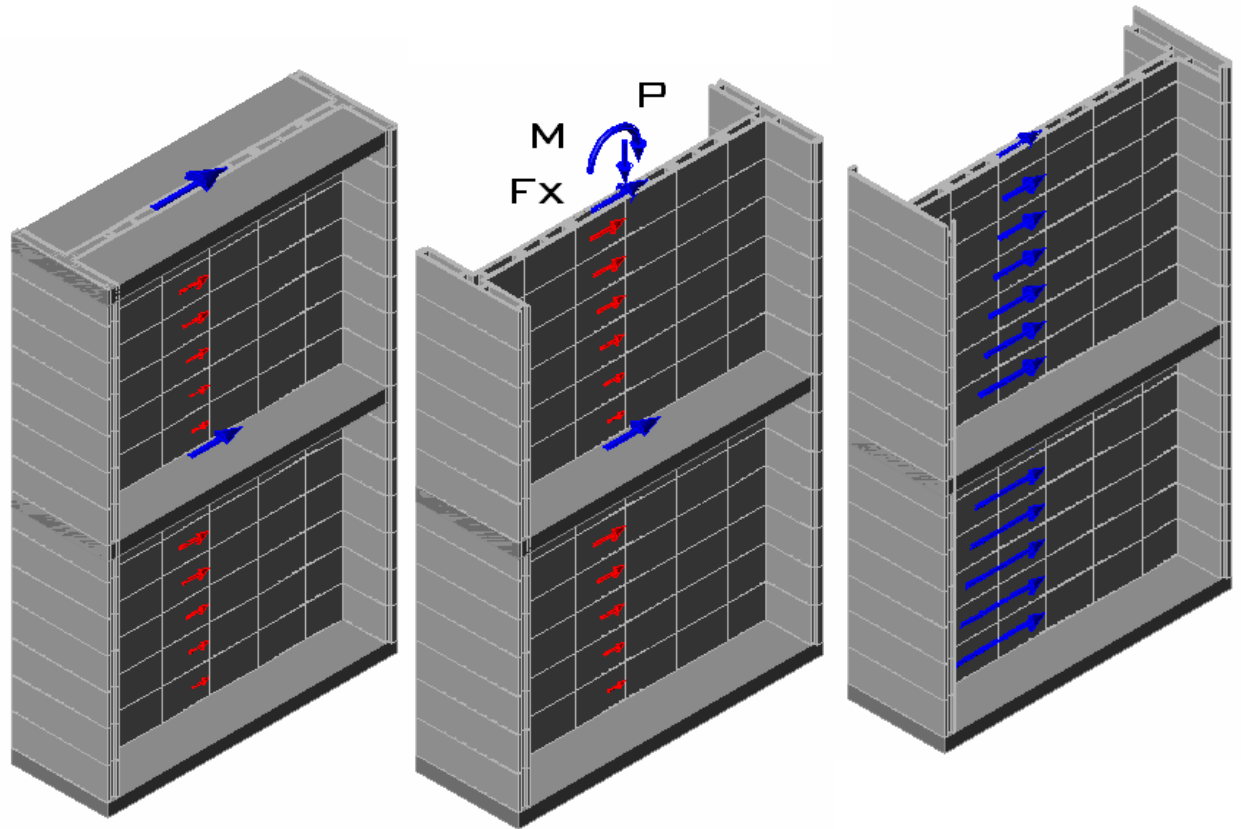


FIGURA 59. FUERZA LATERAL ACUMULADA POR HILADA EN EL MURO DE EJEMPLO.

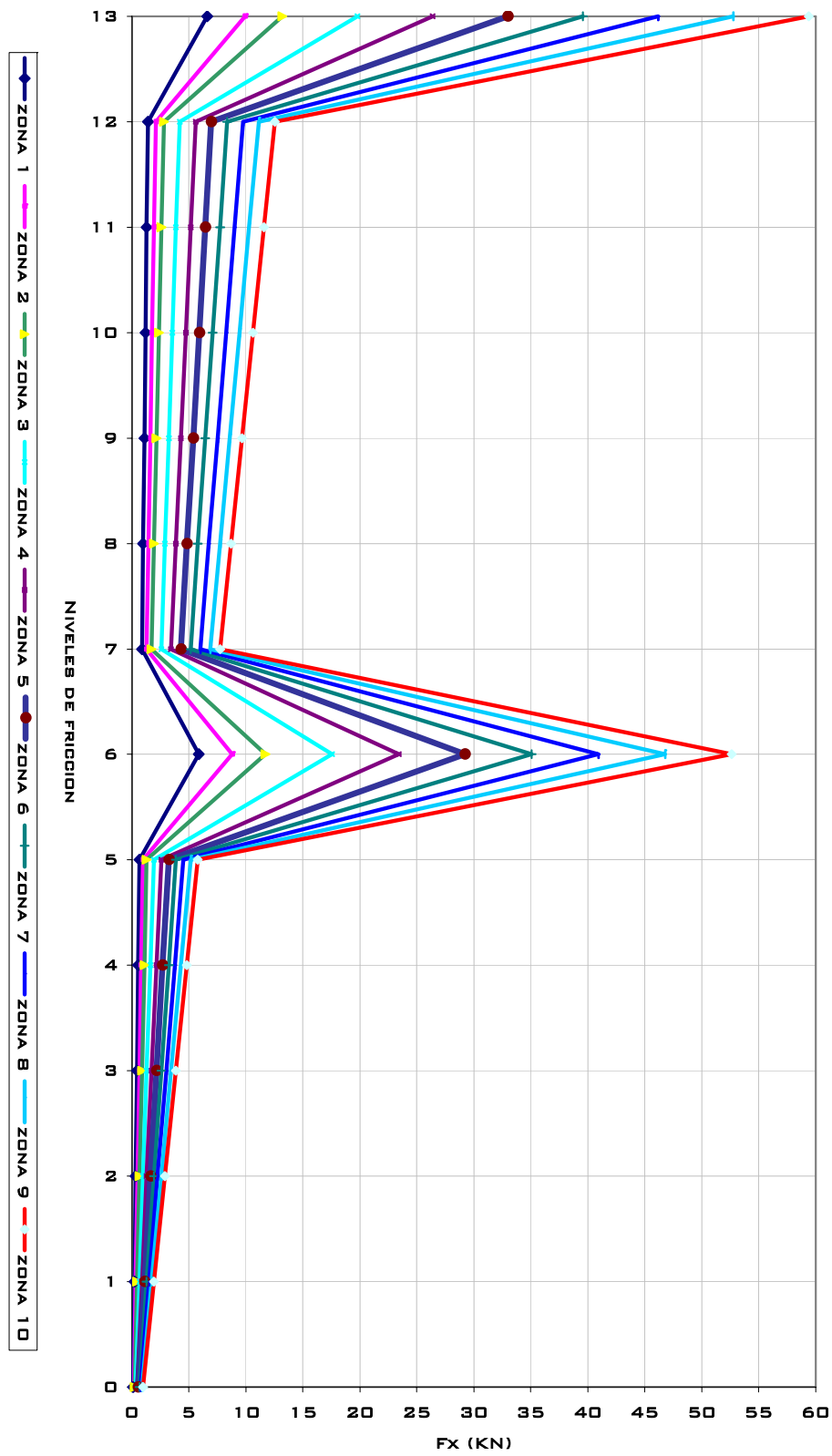
En la grafica 56 se muestra como varia las fuerzas laterales actuantes, por sismo de diseño según zona de amenaza sísmica y por nivel de fricción para el muro de ejemplo, allí se evidencia como la mayor concentración de fuerzas se localiza a nivel de entresijos donde de igual forma también se concentra la masa.

En la figura 57, se muestra la variación acumulada en altura de las fuerzas laterales producidas por el sismo, esta fuerza se convierte en el esfuerzo a cortante último que deben soportar conjuntamente la mampostería y los elementos de confinamiento lateral por fricción.

Esta fuerza de diseño es decir fuerzas E, reducidas por el coeficiente de disipación de energía $R_o=2.5$ antes mencionado.

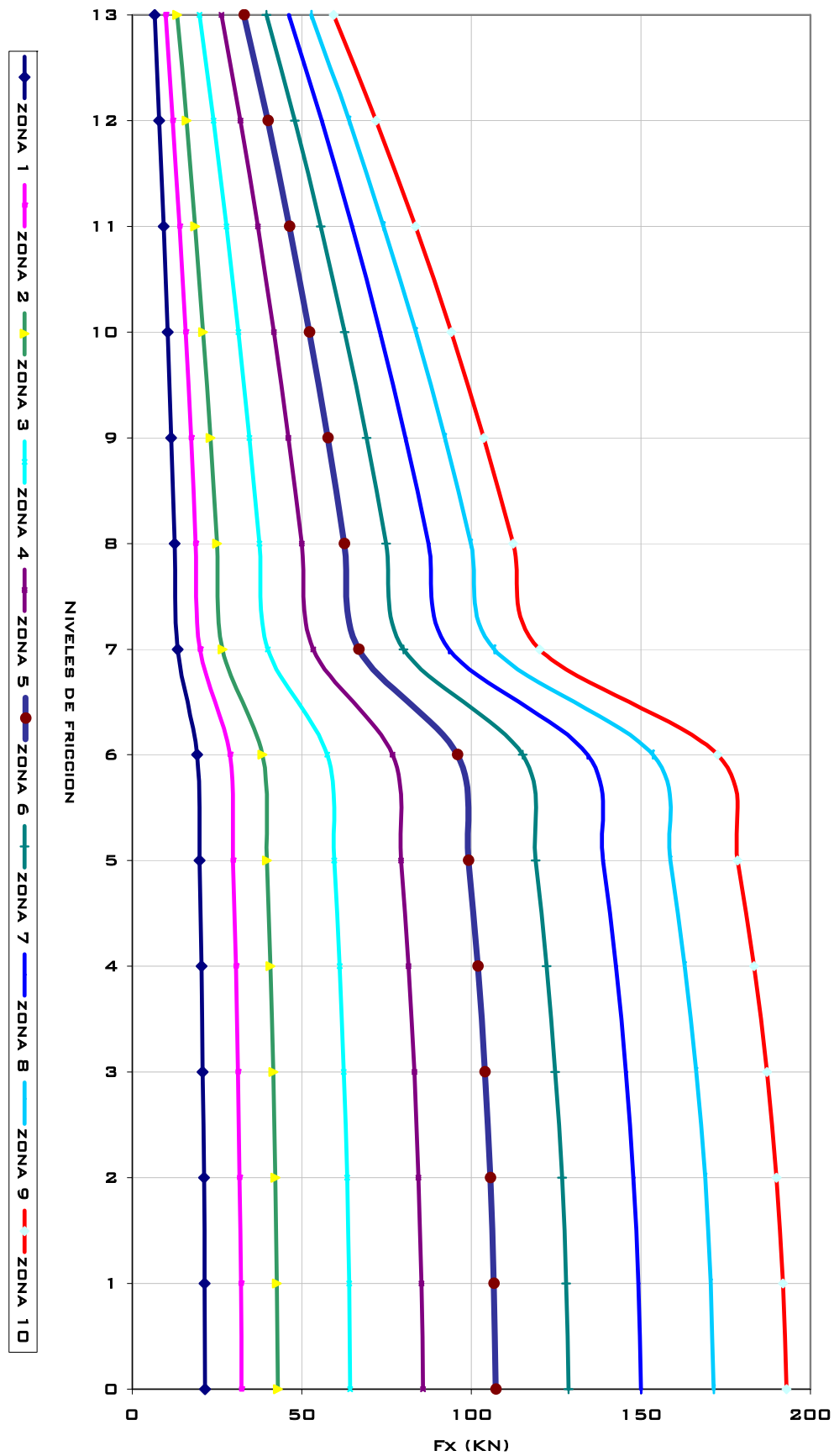
Este esfuerzo cortante último debe ser soportado por la acción conjunta de la mampostería y los elementos de confinamiento lateral por medio de la fricción desarrollada en ellos.

Las fuerzas laterales inducen flexión y esta a su vez esfuerzos de tensión y compresión. La compresión producida por la flexión actúa en la sección como fuerza normal y con las propiedades de fricción del concreto, generan una fuerza de fricción proporcional al valor de las fuerzas laterales del sismo, que produce la flexión, esta es la principal característica del sistema y se muestra en las figuras 58 y 59.



FUERZA SISMICA POR NIVEL Y ZONA DE AMENAZA SISMICA

FIGURA 60. FUERZA LATERAL ACTUANTE POR HILADA EN EL MURO DE EJEMPLO, SEGÚN ZAS.



FUERZA SISMICA POR NIVEL Y ZONA DE AMENAZA SISMICA

FIGURA 61. FUERZA LATERAL ACUMULADA POR HILADA EN EL MURO DE EJEMPLO, SEGÚN ZAS.

FIGURA 62. FLEXIÓN GENERANDO COMPRESIÓN Y FRICCIÓN

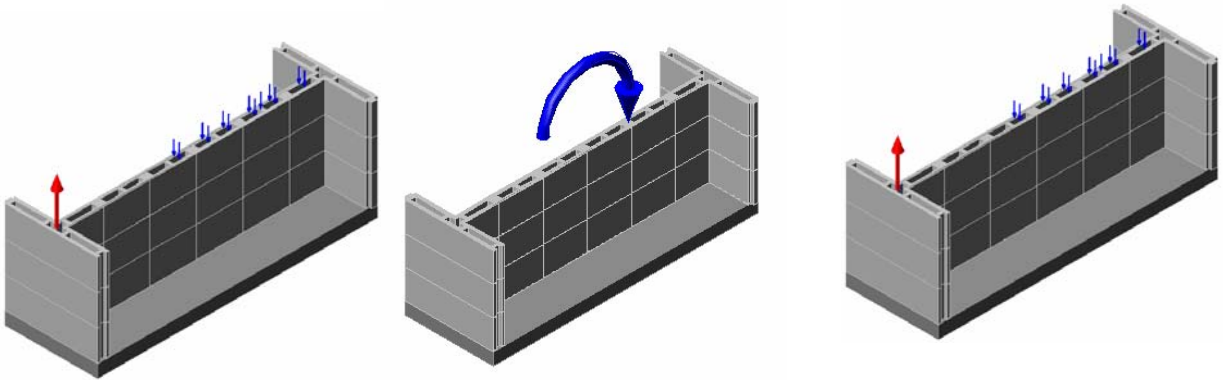
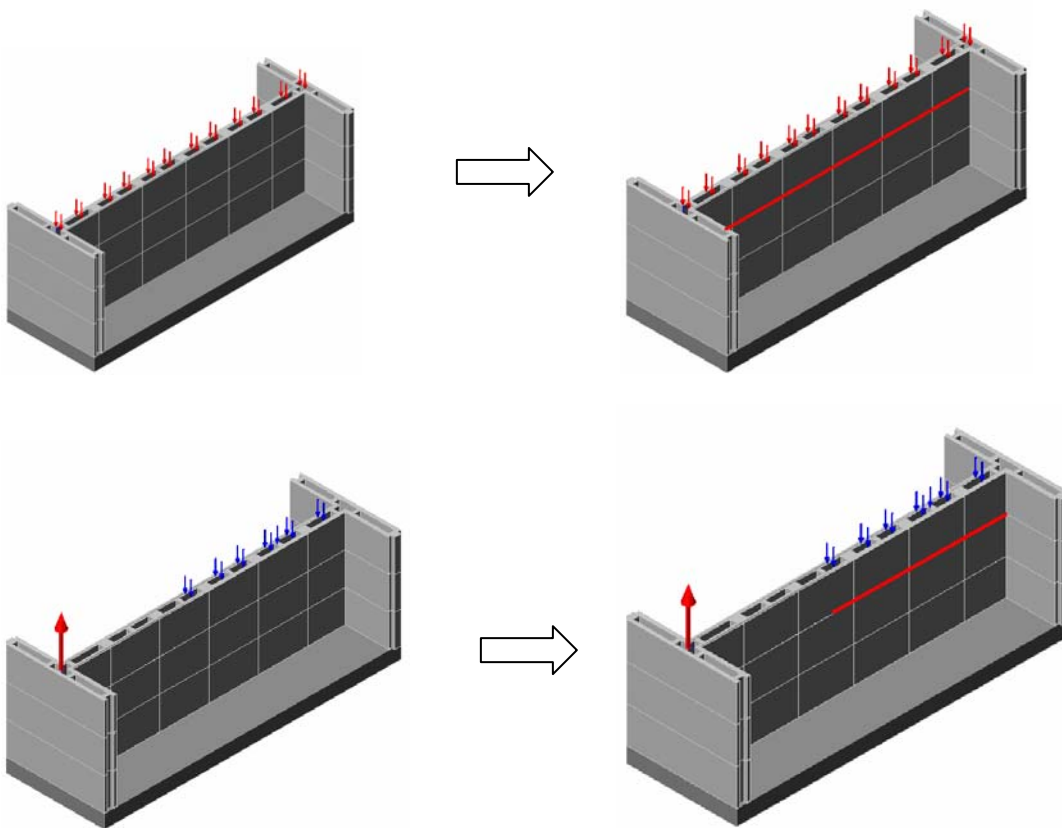
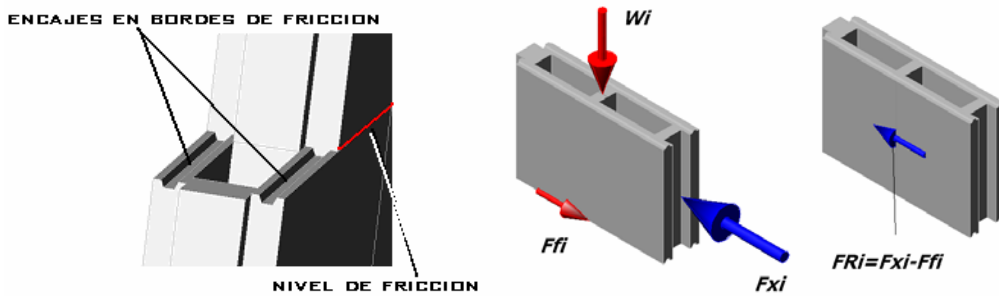


FIGURA 63. CARGA AXIAL POR EL PESO DE LA ESTRUCTURA GENERANDO FRICCIÓN.



Flexión y compresión producen fuerza de fricción en las secciones del muro sobre los rieles de fricción dentro de los módulos como se muestra en las figuras.



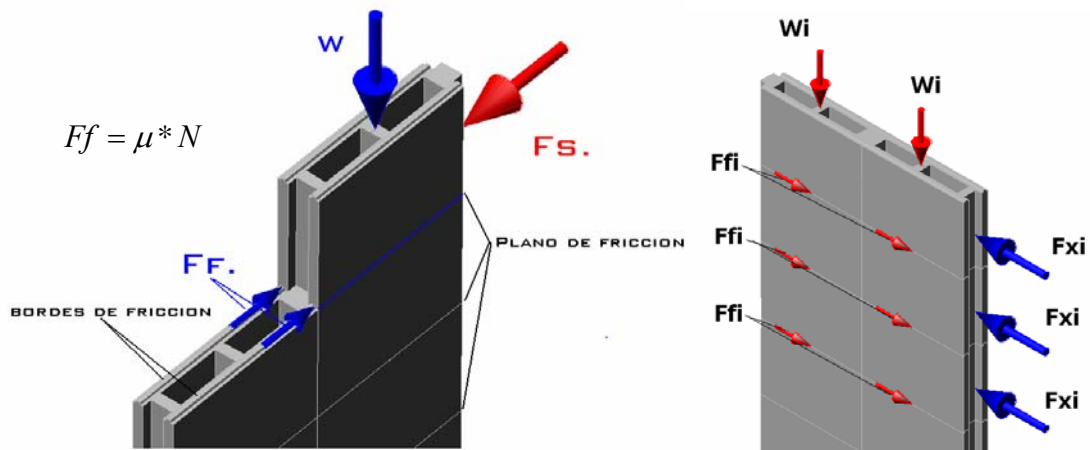


FIGURA 64. FUERZA DE FRICCIÓN GENERADA EN LOS PLANOS

Esta fuerza de fricción se acumula en los niveles y opone a la acción lateral de las fuerzas sísmicas soportando parte de estas y transmitiéndolas a la cimentación.

La relación entre las fuerzas laterales actuantes y la fuerza de fricción generada es la característica mas importante del comportamiento estructural de los muros en la dirección paralela a su plano, pues a mayor la intensidad de las fuerzas laterales, mayor flexión y por ende mayor fuerza de fricción, esto le da una característica muy apreciada desde el punto de vista estructural, logrando que las mismas fuerzas sísmicas, trabajen para resistirse a si mismas y dándole al sistema estructural la capacidad de aumentar su resistencia en la medida que aumentan las sollicitaciones.

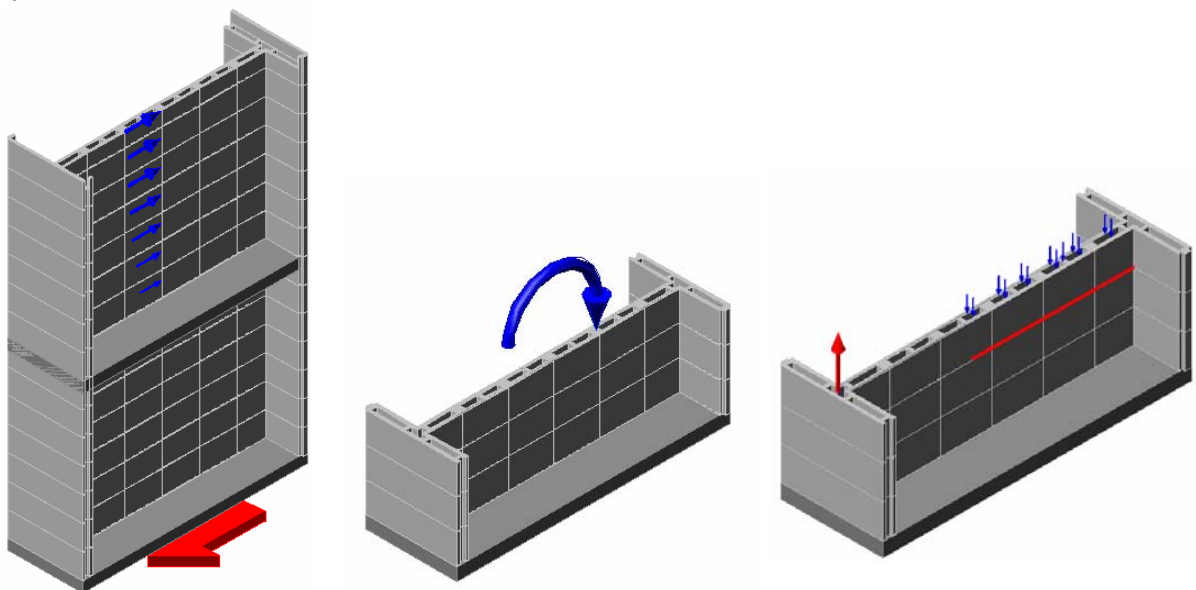


FIGURA 65. RELACIÓN ENTRE FUERZAS LATERALES ACTUANTES Y FUERZA DE FRICCIÓN GENERADA.

A MAYOR SOLICITACIÓN ➡ MAYOR RESISTENCIA DEL SISTEMA.

La fuerza de fricción depende de la fuerza normal y el coeficiente de fricción, es independiente del área en contacto.

$$F_f = \mu * N$$

El coeficiente de fricción, es el de concreto liso contra concreto liso, calculado para concreto liso de 21Mpa, a través de un experimento de plano inclinado como se muestra en el anexo 1. La fuerza normal sobre cada hilada esta conformada por el peso de la estructura sin mayoral y la compresión debida a la flexión inducida por las fuerzas laterales, que varía según la zona de amenaza sísmica, como se muestra en la figura siguiente.

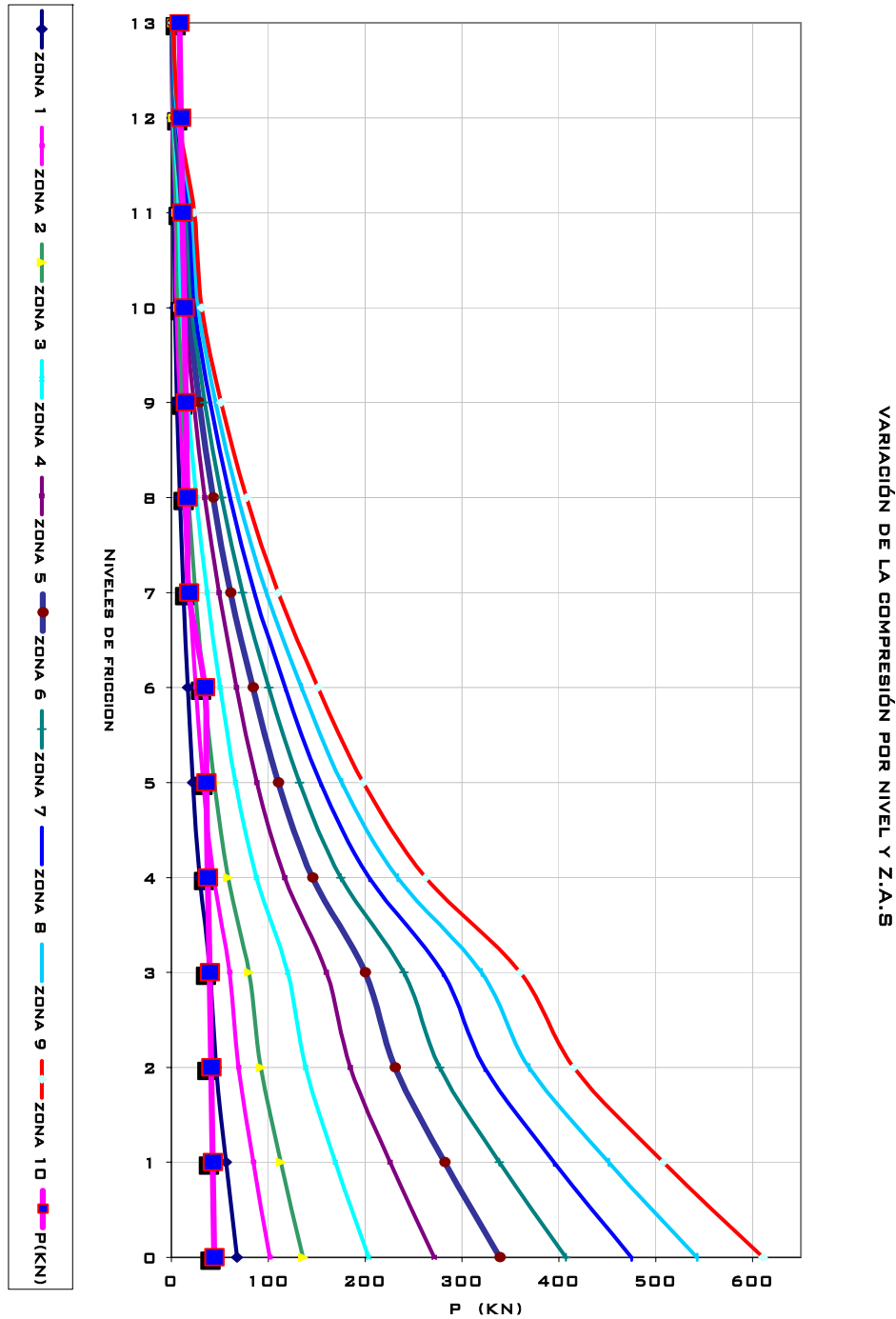
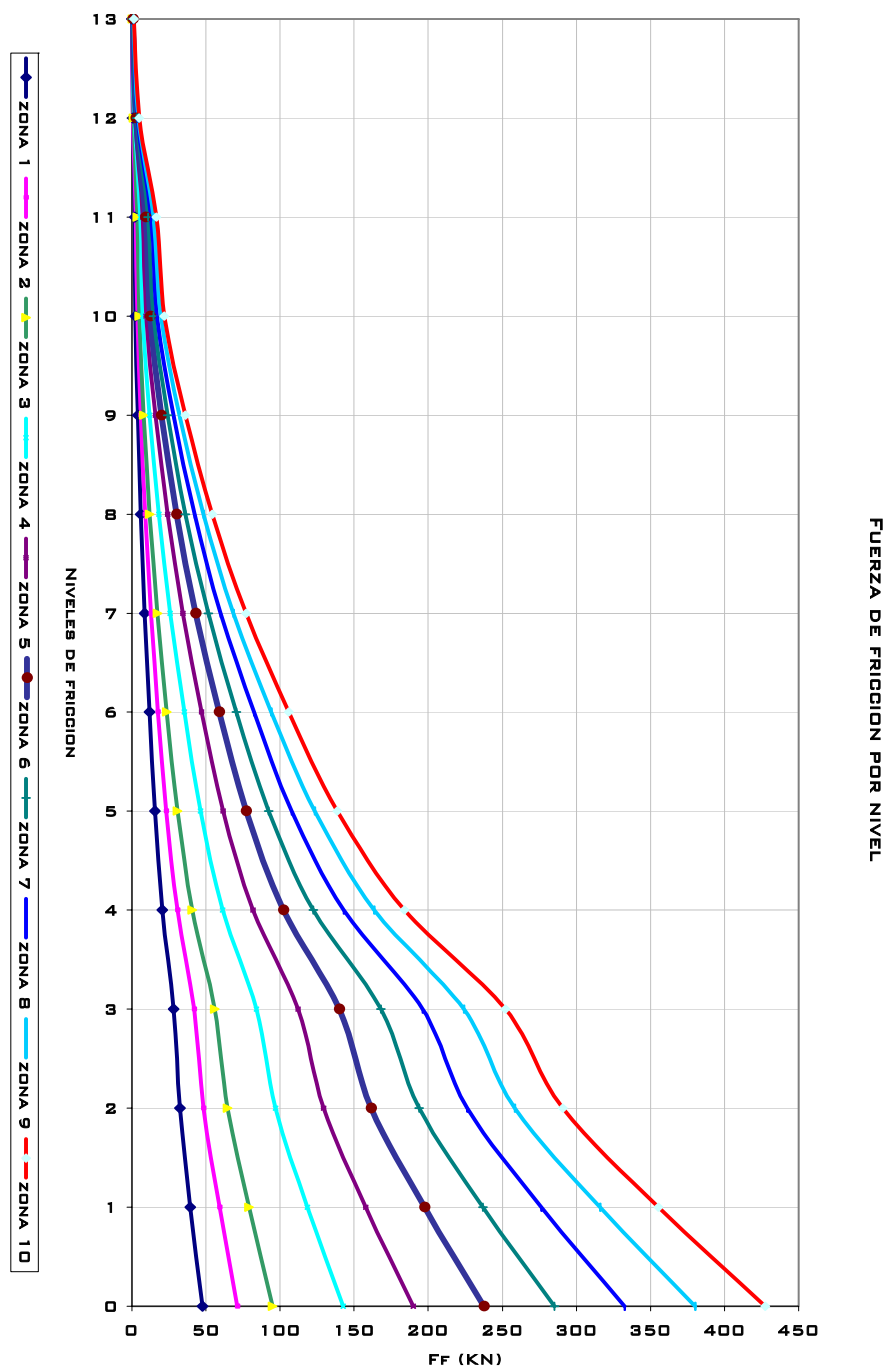


FIGURA 66. VARIACIÓN DE LA FUERZA NORMAL POR HILADA, SEGÚN ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA

El incremento de las solicitaciones laterales produce un incremento en la fuerza normal y este a su vez en la fuerza de fricción.

Como se observa en la grafica anterior el aporte por el peso de la estructura en la fuerza normal total (peso acumulado sobre el muro, línea magenta con cuadros azules), no es muy alto y teniendo en cuenta los posibles efectos de ingravidez producidos por aceleraciones verticales, es conveniente no tomar en cuenta la componente de la fuerza normal aportada por la carga vertical en el calculo de la fuerza de fricción, con lo que la fuerza de fricción es independiente del peso de la estructura como se muestra en la grafica siguiente:



En la grafica anterior se muestra como varia la fuerza de fricción por nivel y por zona de amenaza sísmica, para efectos de diseño se obtiene la fuerza de diseño multiplicando la fuerza nominal (grafica Anterior) por el coeficiente de reducción de resistencia $\Phi=0.5$, que es lo

FIGURA 67. VARIACIÓN DE LA FUERZA DE FRICCIÓN POR HILADA, SEGÚN ZONAS DE AMENAZA

suficientemente conservador para un análisis inicial. La resistencia de diseño por fricción se muestra en la grafica siguiente para el muro ejemplo MB-12

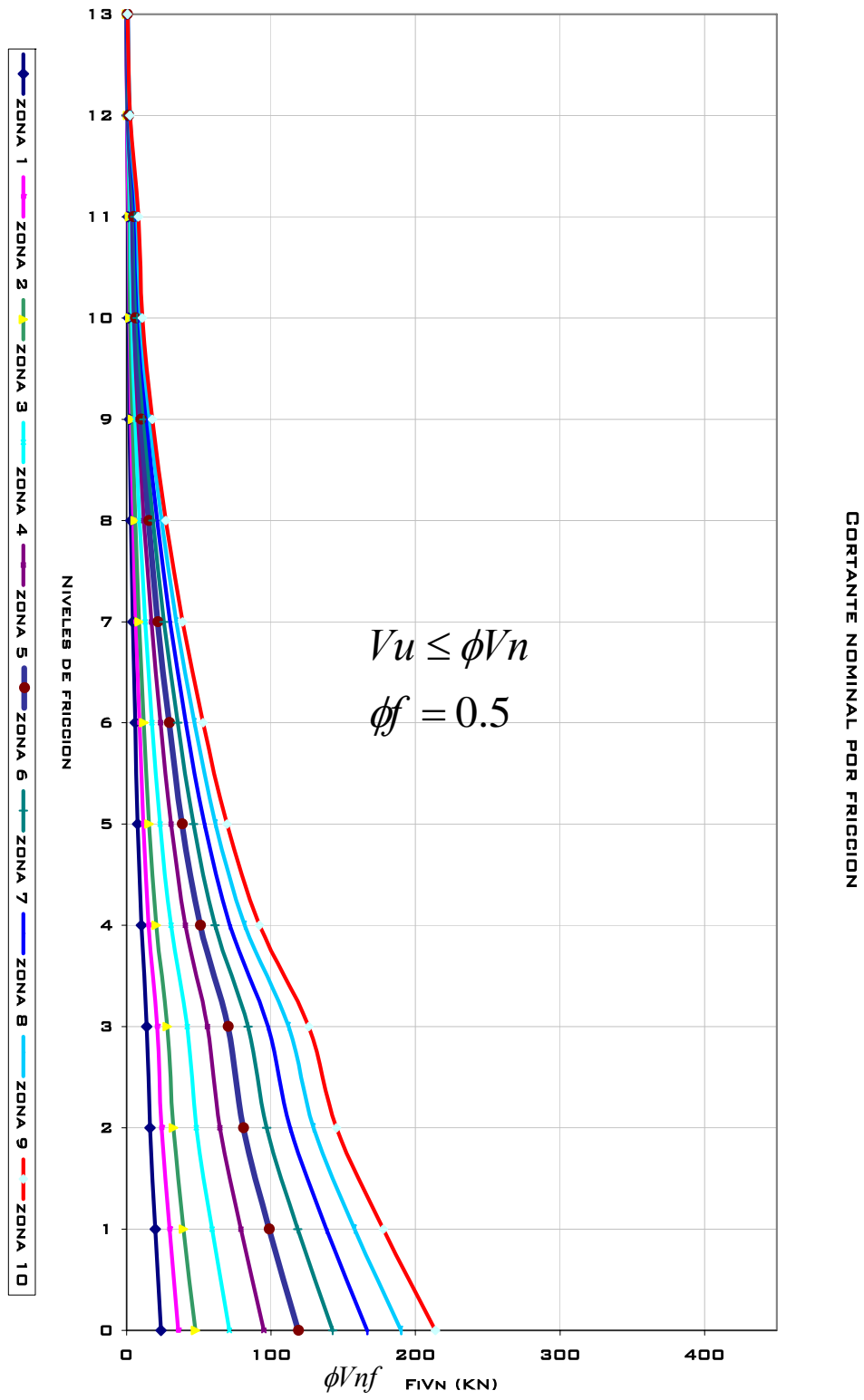


FIGURA 6B. VARIACIÓN ϕV_n POR NIVEL DE FRICCION Y ZONA DE AMENAZA SISMICA

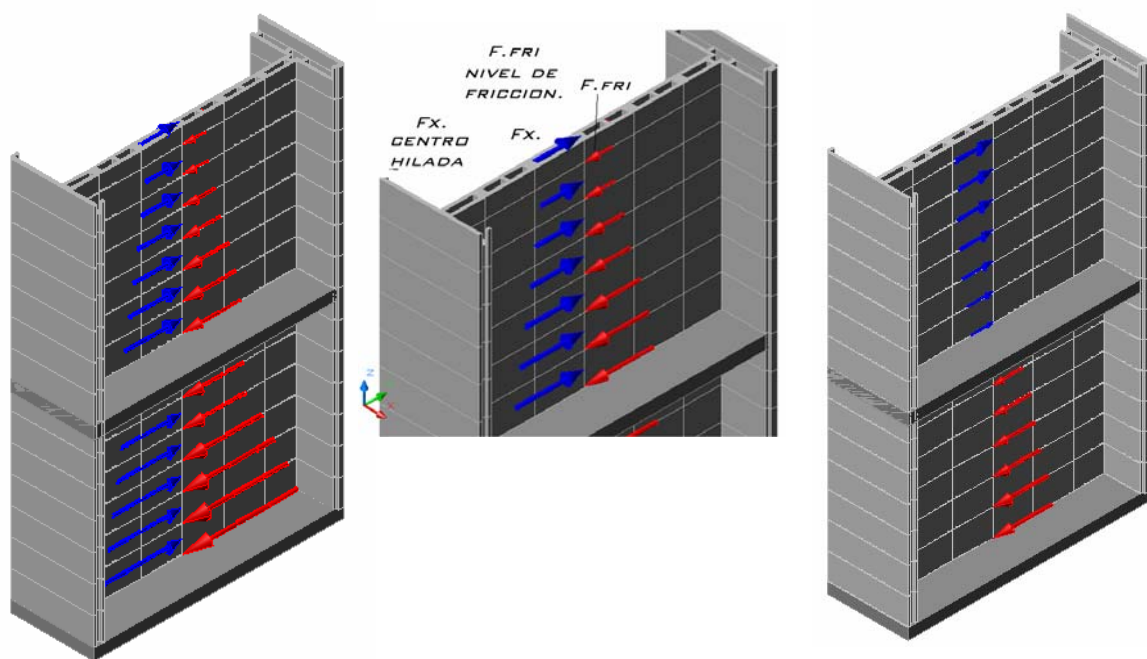


FIGURA 69. ESFUERZO CORTANTE PARA LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL.

La fuerza de fricción producida se acumula y transmite a la cimentación, parte de las fuerzas laterales actuantes, la porción de las fuerzas laterales que no puede transmitir la fricción generada entre los bloques a la cimentación, debe ser soportada por los elementos de confinamiento lateral, por transferencia de cortante por fricción.

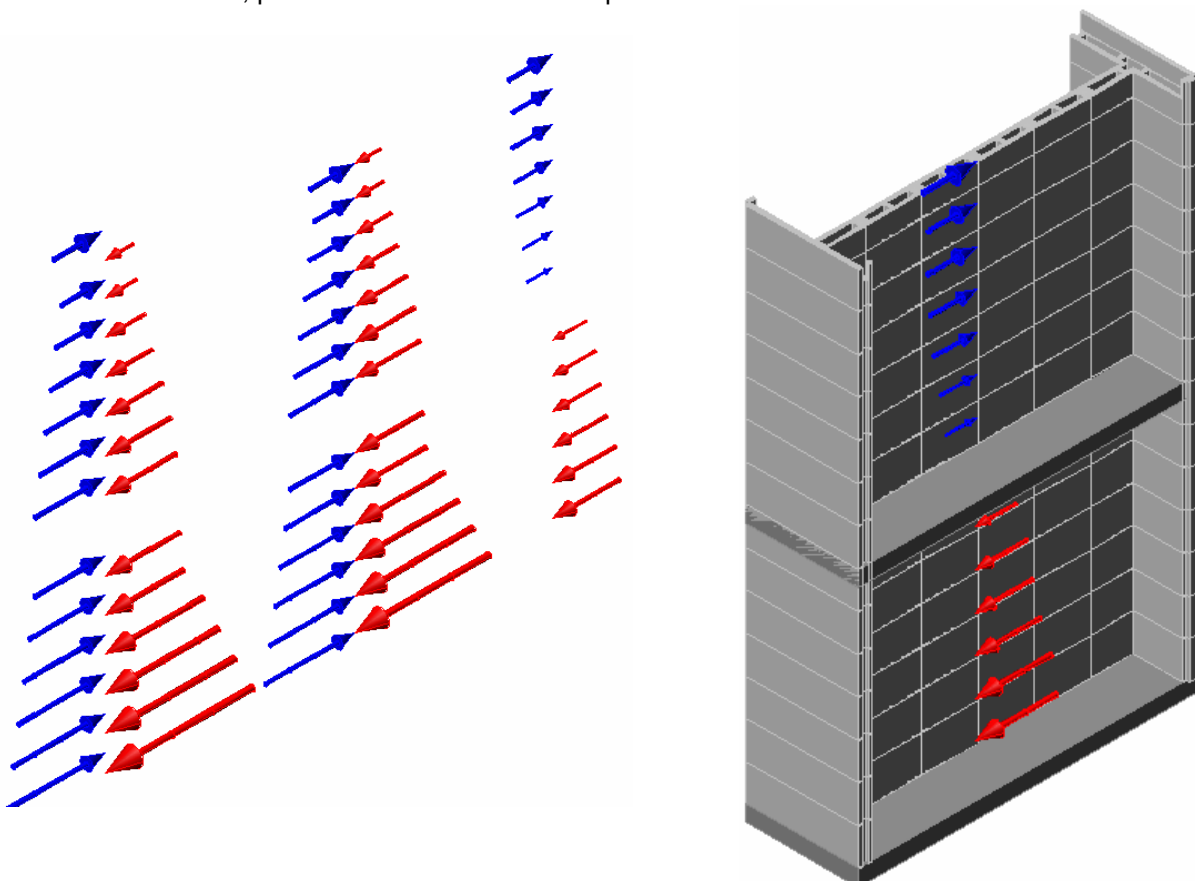


FIGURA 70. ESFUERZO CORTANTE PARA LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL.

La fuerzas laterales actuantes inducidas por el sismo de diseño.

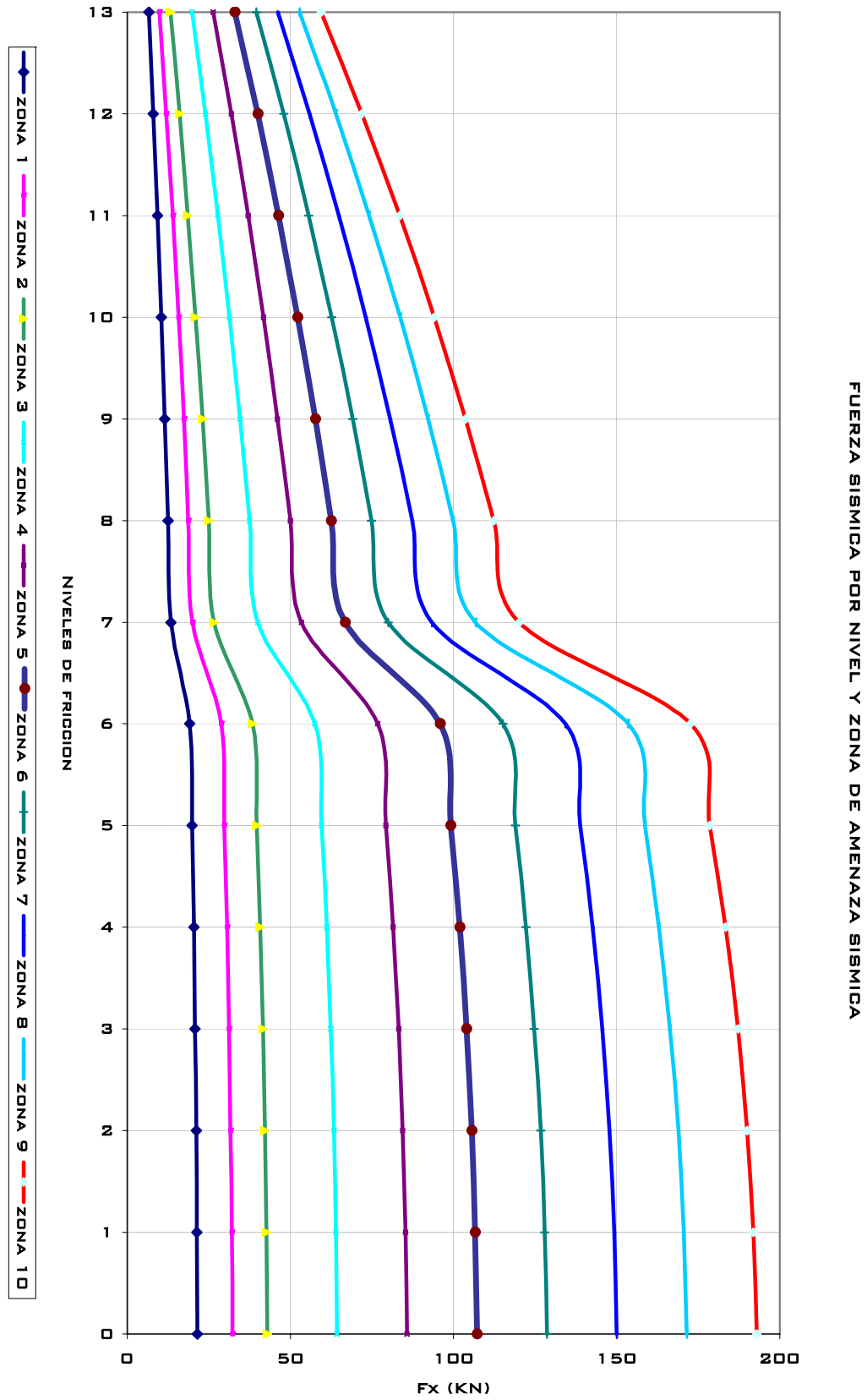


FIGURA 71. ESFUERZOS CORTANTES ACTUANDO POR NIVEL.

Contra las fuerzas de fricción generadas en la mampostería

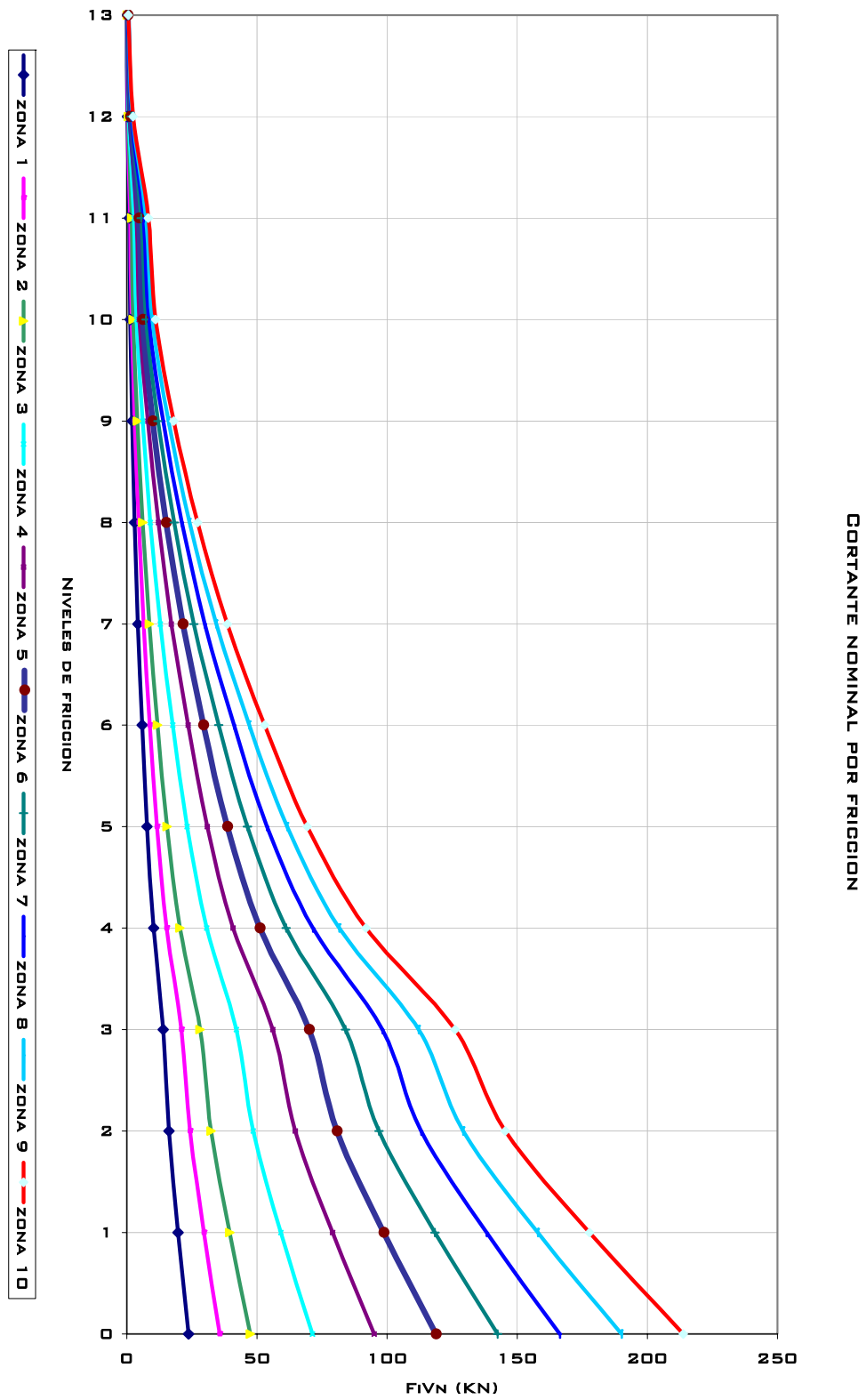


FIGURA 72. FUERZA DE FRICCION GENERADA POR NIVEL Y ZAS

Dan como resultado las fuerzas cortantes que deben soportar los elementos de confinamiento lateral.

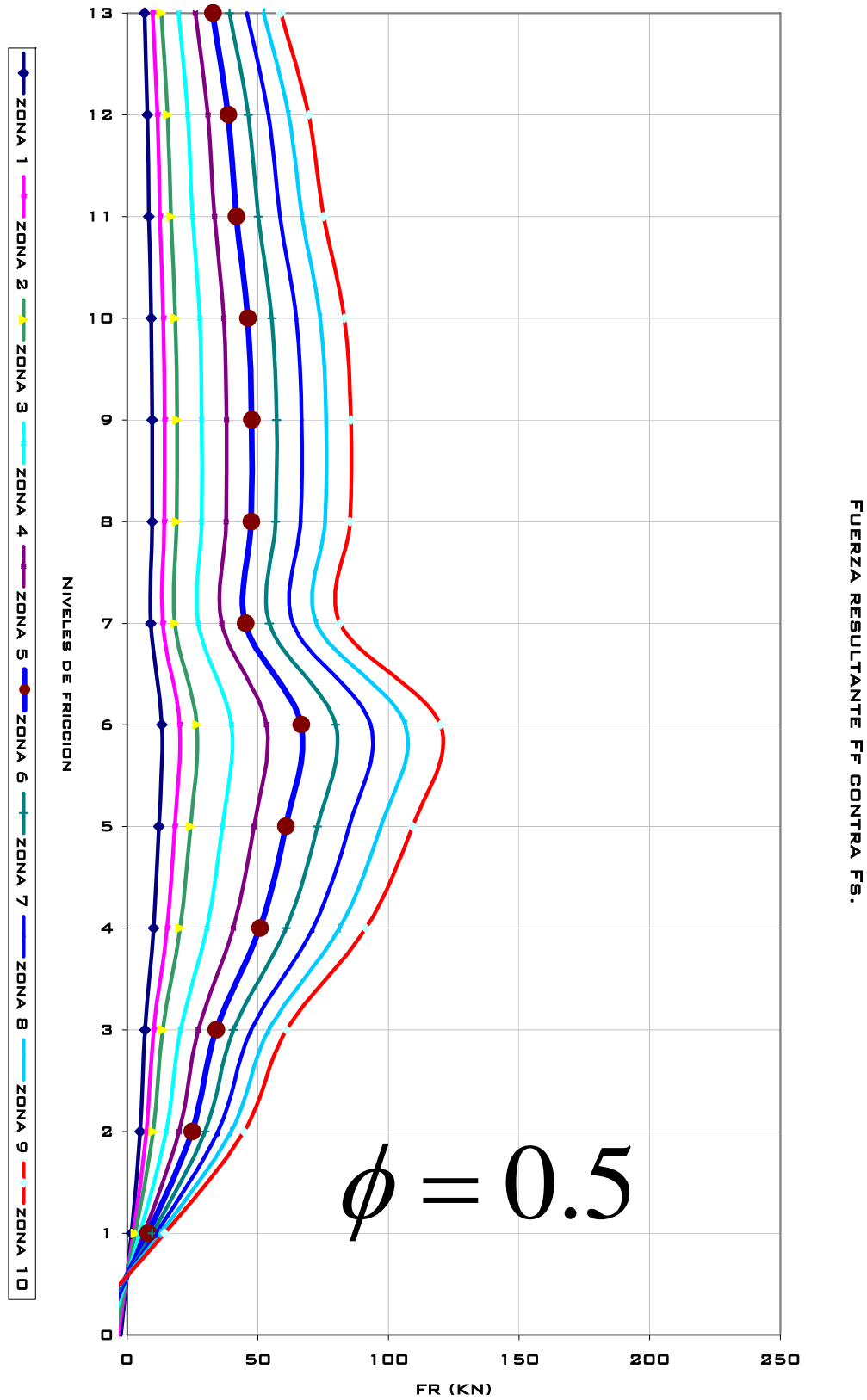


FIGURA 73. FUERZAS CORTANTES DE DISEÑO PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL MURD MB-12 SEGÚN NIVEL DE FRICCIÓN Y ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA.

Como se muestra en la grafica anterior, la reducción de las fuerzas cortantes por la fricción generada en la mampostería es considerable y solo una porción debe ser soportada por los elementos de confinamiento lateral, en la grafica anterior se empleo el factor $\Phi=0.5$ de reducción de resistencia para la fricción en la mampostería, factores menos conservadores, ofrecen mejores resultados aun, como los que se muestran en la grafica siguiente para $\Phi=0.7$

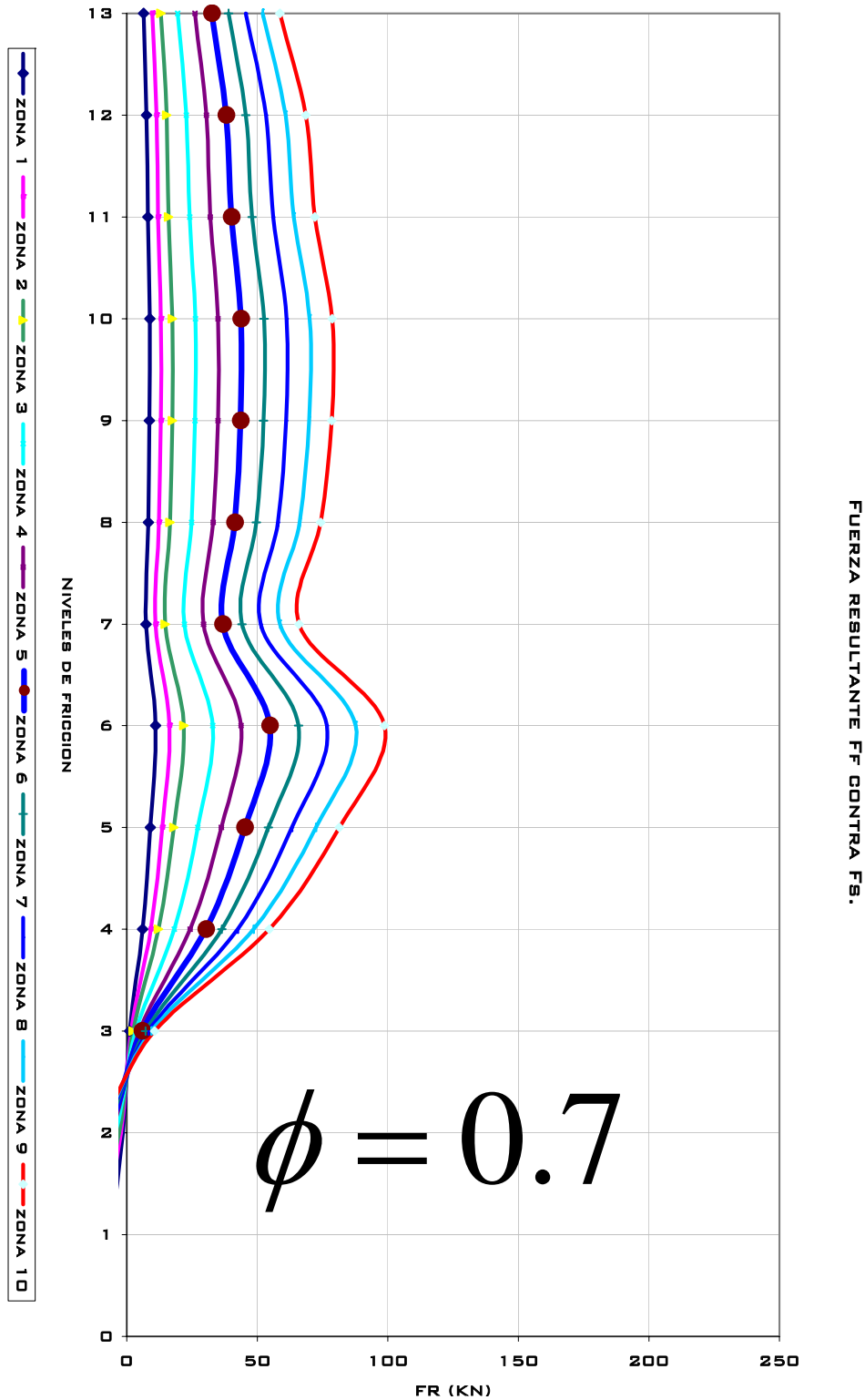


FIGURA 74. FUERZAS CORTANTES DE DISEÑO PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL MURD MB-12 SEGÚN NIVEL DE FRICCIÓN Y ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA $\Phi=0.7$.

En las dos graficas anteriores, se evidencia como en los niveles inferiores de fricción, el esfuerzo cortante que deben resistir los elementos de confinamiento es bajo y esto permite que la totalidad de los aceros en estos niveles, todo pueda estar destinado a resistir la tensión del momento flector, que en estos puntos es máximo y decrece con la altura, inverso a lo que sucede con el esfuerzo cortante, en los elementos de confinamiento, Esto permite dar un uso eficiente a los aceros de refuerzo de los elementos de confinamiento, ya que en las zonas donde el momento decrece el esfuerzo cortante aumenta y el uso de los aceros se puede optimizar.

DISEÑO A CORTANTE POR RICCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BORDE DEL SISTEMA MAP-FRI

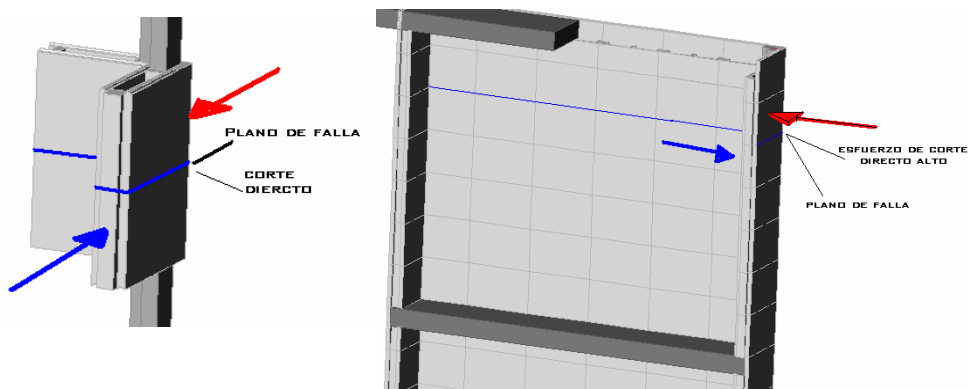


FIGURA 75. VUC (KN). ELEMENTOS VERTICALES DE CONFINAMIENTO

En los elementos de confinamiento el plano de falla esta determinado por la juntas entre los módulos, que continua en los elementos que confinan el muro.

La fuerza lateral que no puede soportar la fricción entre los bloques, es el efecto adicional que debe resistir los elementos de borde de los muros map-fri.

Los planos de falla están definidos en estos elementos y el tipo de falla se prevé sea por cortante directo, el método de diseño a emplear para este efecto de cortante es el método de diseño a cortante por fricción, descrito en la N.S.R-98 y el código ACI 318.

Aislando el elemento de borde y considerando solo el efecto cortante producido por el desplazamiento de los bloques derivado por el sismo, se prevé un estado de cargas como el descrito en la figura anterior

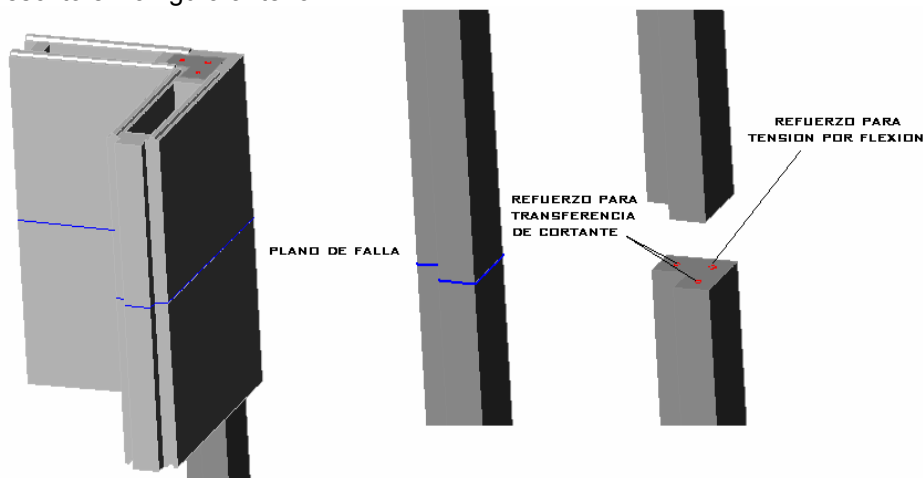


FIGURA 76. PLANO DE FALLA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

Aislando una sección del elemento de confinamiento entre los módulos (figura siguiente)

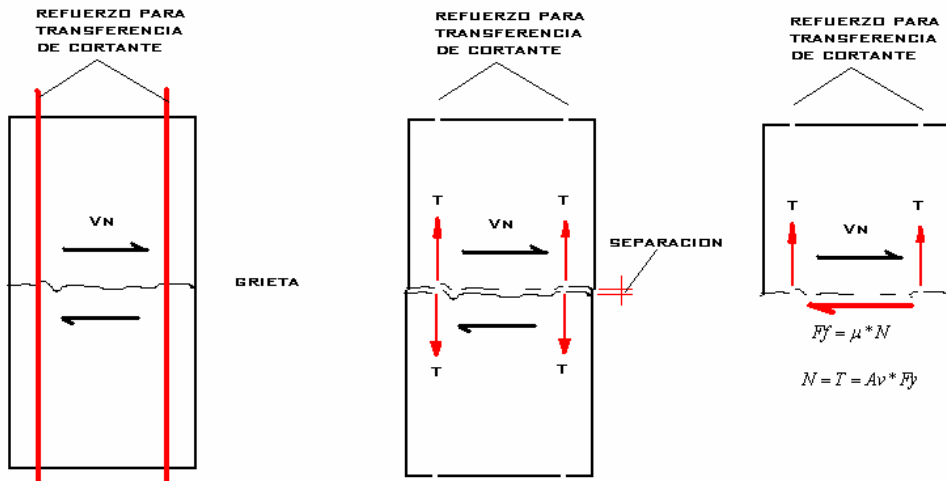


FIGURA 77. CORTANTE POR FRICCIÓN E.C.L

Suponiendo que el acero entra en fluencia $T = A_{sf} * F_y = N$

$$V_{nc} = F_f = \mu * A_{sf} * F_y$$

$$F_f = V_n \quad \text{Como se muestra en la figura 59.}$$

$$\rho = \frac{A_{sf}}{A_c}$$

Y Dividiendo la expresión anterior por AC

$$\frac{V_n}{A_c} = \mu * F_y * \left(\frac{A_{sf}}{A_c} \right)$$

$$v_n = \mu * F_y * \rho$$

$$v_n \leq 0.2 * F'_c \leq 5.5 \text{ Mpa}$$

Según el c.11.7.4.3, para concretos de peso normal y vaciados monolíticamente $\mu=1.4$. Esto obedece a que la resistencia en el método, se supone es en su totalidad soportada por la fricción entre las caras de la grieta, por lo que para tener en cuenta el efecto del acero se utilizan coeficientes de fricción elevados. Como el de 1.4 concreto monolítico.

$$V_{nc} = 1.4 * F_y * \rho \quad \text{Para acero de 420 Mpa}$$

$$V_{nc} = 1.4(420 \text{ Mpa}) * \rho = 588 * \rho \text{ Mpa}$$

$$\text{como } \rho = \frac{A_{sf}}{A_c}$$

$$V_n = \mu * F_y * \left(\frac{A_{sf}}{A_c} \right) = \mu * F_y * \rho$$

El código Aci 3.18 en su aparte 11.7 cuando $\rho * F_y$ excede 600 psi y $F'_c \geq 17 \text{ Mpa}$ permite usar la expresión modificada

$$V_n = \mu * \rho * F_y \left(\frac{300}{\rho * F_y} + 0.5 \right)$$

con un limite superior de $V_n=1300$ Psi (Aci 11.7)

$\phi = 0.85$ Para cortante por fricción

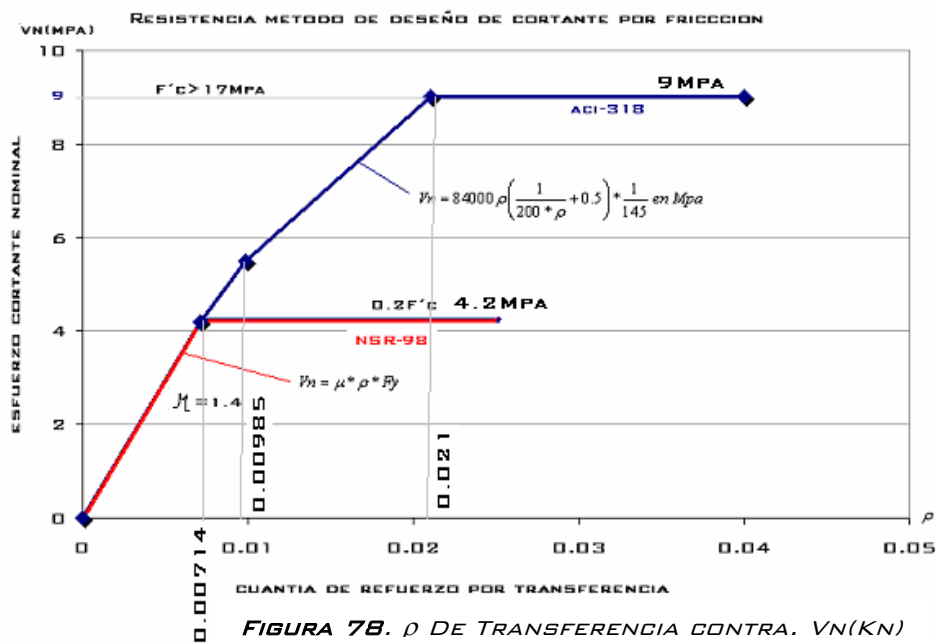
$$\rho * F_y \geq 600 \text{ psi}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa} \cong 60000 \text{ psi}$$

$$\rho \geq \frac{600 \text{ psi}}{60915.64 \text{ psi}} = 0.00985$$

Formulación que, permite alcanzar valores mas altos de cortante por fricción.

Estas dos formulaciones se presentan de forma resumida en la siguiente grafica de cuantía de refuerzo por transferencia contra esfuerzo cortante nominal.



En la grafica de la figura 60.se relaciona la cuantía de acero para transferencia de cortante con el valor del esfuerzo cortante nominal, para concreto de 21MPa y acero con $F_y=420$ Mpa. La grafica roja, representa la formulación incluida en la NSR-98 para diseño por de cortante por fricción y la grafica azul representa la formula modificada del código ACI, La cuantía máxima para la formulación del N.S.R-98 es del 0.00714 y tiene un limite para el esfuerzo cortante nominal máximo de 4.2Mpa, mientras que la formula modificada funciona para cuantías entre 0.0095 y 0.021 donde se alcanza el tope máximo del esfuerzo cortante nominal en 9Mpa.

Resistencia elementos verticales de confinamiento lateral en el la propuesta Map-Fri.

Los Elementos de confinamiento en el sistema map-fri son:

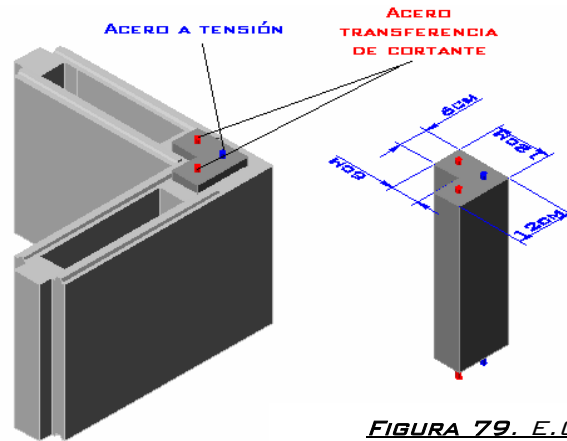


FIGURA 79. E.C.L EN L

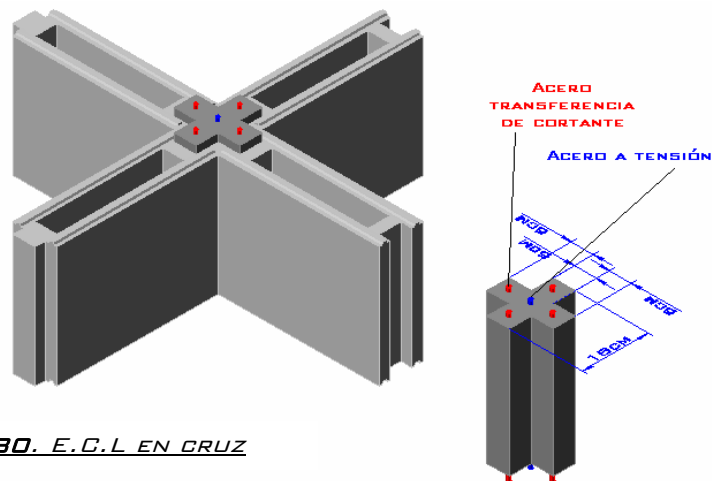


FIGURA 80. E.C.L EN CRUZ

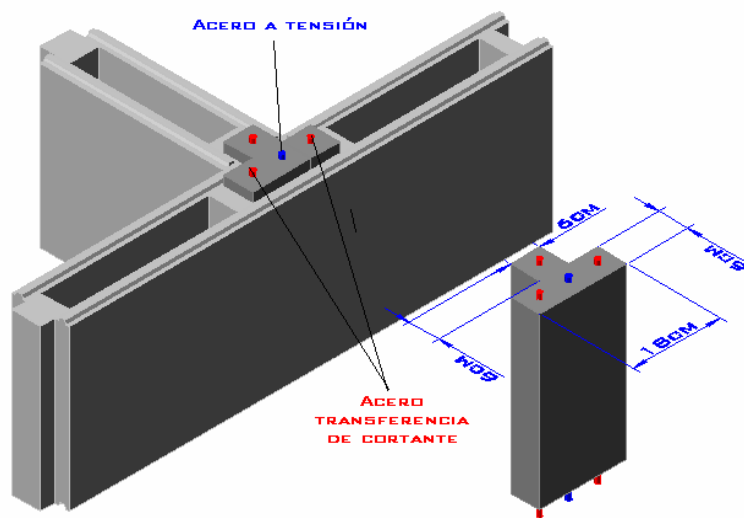


FIGURA 81. E.C.L EN T

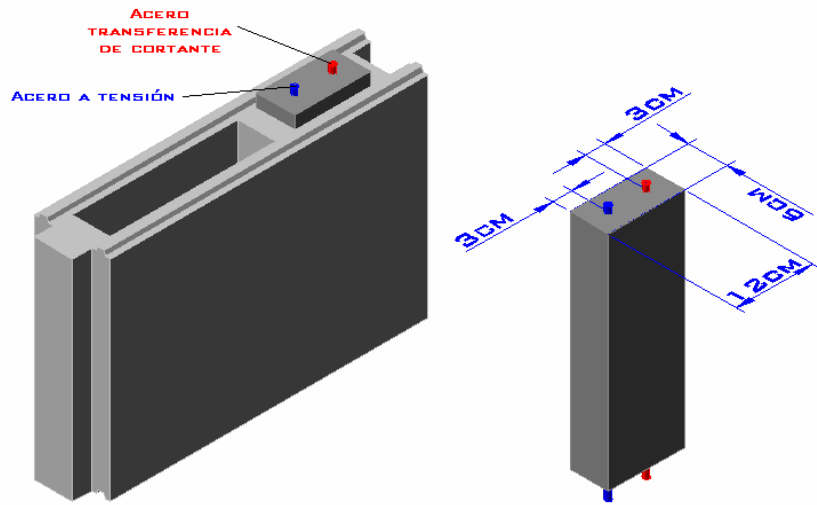


FIGURA 82. E.C.L INTERMEDIO SIMPLE O DE

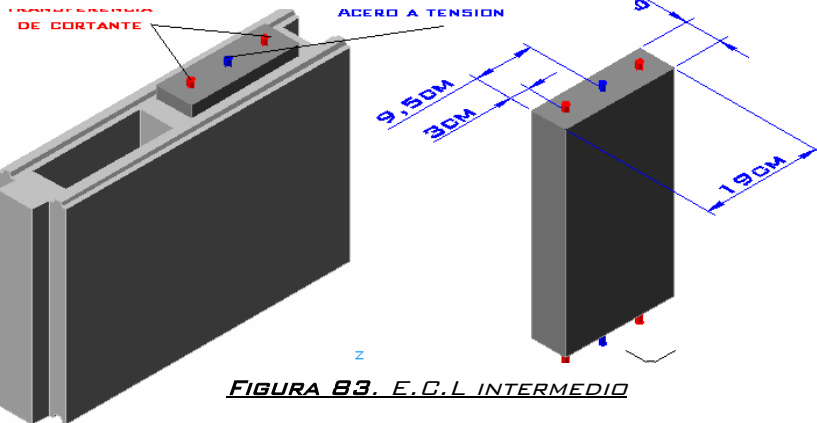


FIGURA 83. E.C.L INTERMEDIO

Dentro de los elementos verticales de confinamiento lateral, también están embebidos en el concreto, los aceros de refuerzo a flexión, los cuales absorben la tensión dejando los aceros de transferencia de cortante libres de esfuerzos de tensión y de esta forma, puedan soportar el cortante.

Los aceros en tensión color azul se diferencian de los de transferencia de cortante color rojo, en la ubicación de las barras, los de transferencia se ubica repartidos en la periferia de la sección, mientras los de tensión se ubican en el centro de la misma.

Con la metodología planteada, se calcula la resistencia a cortante ultima, de todos los elementos de confinamiento para diferentes combinaciones de barras, las barras se proyectan iguales para facilidad de análisis y construcción, según la N.S.R-98 $\phi=0.85$ para cortante por fricción, las cuantías superiores a 0.021 no ofrecen ningún incremento en la resistencia de los elementos, razón suficiente para limitar las barras a máximo $\frac{1}{2}$ " o 12mm. En la tabla siguiente se resumen los resultados para los elementos verticales de confinamiento lateral.

nº barras	barras de	área por barra (mm)	área de las barras	área concreto E.C.L (mm)	ρ	v_n (Mpa) máx.	V_n (KN)	ΦV_n (KN)
elemento vertical de confinamiento en l								
2	1/4"	32	64	10800	0.0059	3.5	37.6	32.0
2	3/8"	71	142	10800	0.0131	6.7	72.4	61.6
2	1/2"	129	258	10800	0.0239	9.0	97.2	82.6
elemento vertical de confinamiento cruz								
4	1/4"	32	128	18000	0.0071	4.2	75.3	64.0
4	3/8"	71	284	18000	0.0158	7.5	134.4	114.2
4	1/2"	129	516	18000	0.0287	9.0	162.0	137.7
elemento vertical de confinamiento te (t)								
3	1/4"	32	96	14400	0.0067	3.9	56.4	48.0
3	3/8"	71	213	14400	0.0148	7.2	103.4	87.9
3	1/2"	129	387	14400	0.0269	9.0	129.6	110.2
elemento vertical de confinamiento intermedio simple								
1	1/4"	32	32	7200	0.0044	2.6	18.8	16.0
1	3/8"	71	71	7200	0.0099	5.8	41.4	35.2
1	1/2"	129	129	7200	0.0179	8.1	58.2	49.5
elemento vertical de confinamiento intermedio doble								
2	1/4"	32	64	11400	0.0056	3.3	37.6	32.0
2	3/8"	71	142	11400	0.0125	6.5	74.2	63.0
2	1/2"	129	258	11400	0.0226	9.0	102.6	87.2
elemento vertical de confinamiento de remate macho								
2	1/4"	32	64	11400	0.0056	3.3	37.6	32.0
2	3/8"	71	142	11400	0.0125	6.5	74.2	63.0
2	1/2"	129	258	11400	0.0226	9.0	102.6	87.2
elemento vertical de confinamiento de remate hembra								
2	1/4"	32	64	8400	0.0076	4.2	35.3	30.0
2	3/8"	71	142	8400	0.0169	7.8	65.5	55.6
2	1/2"	129	258	8400	0.0307	9.0	75.6	64.3

TABLA 4. ΦV_n (KN) PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

Se pueden emplear aceros corrugados de 6, 10, 12mm en reemplazo de los de 1/4.", 3/8", 1/2." pulgada respectivamente.

Elementos de remate

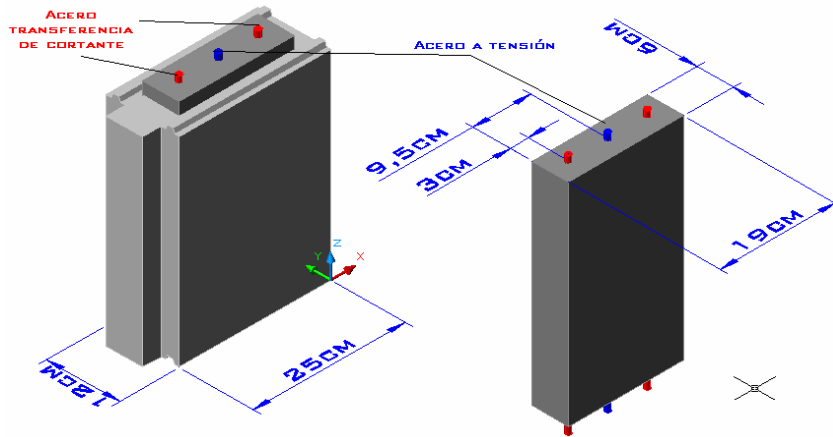


FIGURA 84. E.C.L. REMATE MACHO

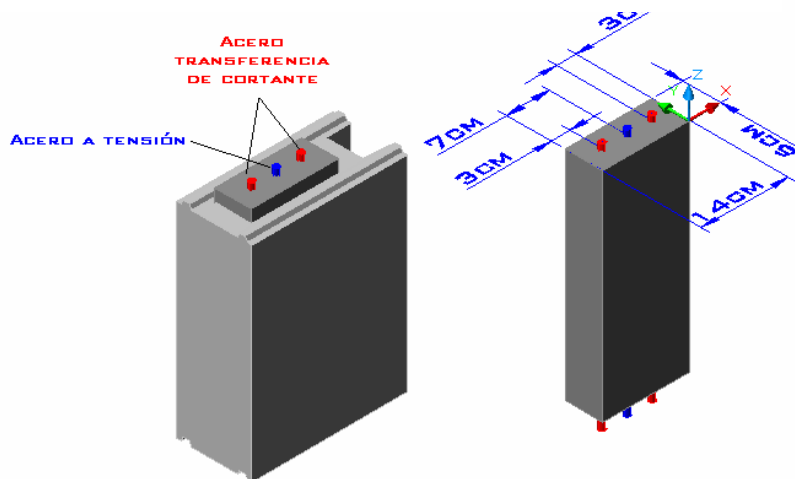


FIGURA 85. E.C.L. REMATE HEMBRA

El tener dimensiones estándar, para todos los elementos de confinamiento, y usar barras del mismo tamaño ofrece simplicidad en el análisis, En el caso del muro en cuestión (muro B-1-2), por ejemplo, en cada zona de amenaza sísmica, se incrementan las solicitaciones a cortante, sobre los elementos de confinamiento, que en este caso son en forma de t, en ambos extremos, la resistencia última de un elemento de confinamiento en forma de t se resume en la siguiente tabla

Nº BARRAS	BARRAS DE	ÁREA POR BARRA	AREA DE LAS BARRAS	ÁREA CONCRETO E.C.L (MM)	ρ	\sqrt{N} (MPA) MÁX.	VN (KN)	ϕ VN (KN)
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO TE (T)								
3	1/4"	32	96	14400	0.0067	3.9	56.4	48.0
3	3/8"	71	213	14400	0.0148	7.2	103.4	87.9
3	1/2"	129	387	14400	0.0269	9.0	129.6	110.2

El refuerzo mínimo para un elemento en forma de t, son 3 barras de 1/4" o 6mm, y con este refuerzo se logra resistir las solicitaciones por esfuerzos cortantes para el muro B-1-2 hasta la zona de amenaza sísmica 9, que son $V_{uc}=95$ Kn. aproximadamente, pues dos elementos en forma de t con recuzo mínimo soporta $\phi V_n=48 \times 2=96$ Kn.

En la zona de mayor amenaza sísmica, la zona 10, $V_{uc}=155$ KN. Se pueden soportar incrementado el refuerzo de los elementos de confinamiento en forma de t a 3/8" o 10mm, para $\phi V_n=87.9 \times 2=175.8$ Kn o conservando en el refuerzo mínimo en estos, adicionar un elemento intermedio de confinamiento doble, para solo usar refuerzo mínimo (barras de 1/4"), y no ejercer esfuerzos cortantes muy altos, sobre los Travesaños de módulos de concreto, La metodología se resume, en escoger la cantidad y combinación de elementos de confinamiento y diámetros de acero adecuadas para cumplir con $\phi V_{nc} \geq V_{uc}$, sin que fallen los módulos de concreto antes,

Para el muro B-1-2 barras de $\phi=1/4$ " son suficientes hasta la zona 7 y para las demás zonas es necesario adicionar elementos intermedios a cortante.

Se concluye entonces solo usar refuerzos de 1/4" o 6mm en los elementos de confinamiento latera para reducir los esfuerzos sobre los travesaños de los módulos que los contienen y su diseño queda reducido a escoger la combinación de elementos de confinamiento que permita soportar las exigencia dentro de los elementos con refuerzo de 1/4" o 6mm y en caso de no ser suficiente como en las zonas de amenaza sísmica 9 y 10, incluir elementos intermedios también con refuerzos de 1/4" o 6mm para completar la resistencia del muro.

En la siguiente tabla se resumen la resistencia de los principales elementos de confinamiento con refuerzo de 1/4".

Nº BARRAS	BARRAS DE	ÁREA POR BARRA	AREA DE LAS BARRAS	ÁREA CONCRETO E.C.L (MM)	ρ	\sqrt{N} (MPA) MÁX.	V_N (KN)	ϕV_N (KN)
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO EN L								
2	1/4"	32	64	10800	0,0059	3,5	37,6	32,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO CRUZ								
4	1/4"	32	128	18000	0,0071	4,2	75,3	64,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO TE (T)								
3	1/4"	32	96	14400	0,0067	3,9	56,4	48,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO SIMPLE								
1	1/4"	32	32	7200	0,0044	2,6	18,8	16,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO DOBLE								
2	1/4"	32	64	11400	0,0056	3,3	37,6	32,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO DE REMATE MACHO								
2	1/4"	32	64	11400	0,0056	3,3	37,6	32,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO DE REMATE HEMBRA								
2	1/4"	32	64	8400	0,0076	4,2	35,3	30,0

Nota especial

Los módulos de concreto, requieren para resistir los esfuerzos cortantes de los elementos de confinamiento lateral, el refuerzo de sus travesaños con dientes, que aumentan la resistencia a cortante de los mismos, hasta lograr que fallen primero los elementos de confinamiento, que los módulos de concreto, que los contienen.

DISEÑO A FLEJO COMPRESIÓN EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO (MUROS DE MAMPOSTERÍA POR FRICCIÓN).

Para el diseño de la mampostería por fricción en la dirección paralela al plano del muro, se usará el modelo matemático, de muro en voladizo empotrado en la base y arriostrado lateralmente por diafragmas.

El diseño se realiza, siguiendo la metodología de estados límites de resistencia según la norma sismorresistente colombiana (NSR-98).

Los coeficientes de mayor ración de carga y reducción de resistencia, son los usados para el diseño de mampostería confinada según el capítulo d-10 de nuestro código.

Resistencia diseño = Φ *Rest. Nominal \geq Rest. Requerida

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

Valores probables de Φ

En primera instancia, se adoptan los valores de Φ , correspondientes al diseño de concreto simple según el numeral (C.22) N.S.R-98.

Entendiéndose como concreto simple, aquel que no tiene acero de refuerzo, o lo contiene en cantidades menores que los mínimos, prescritos en el título C.

Carga axial de compresión, con o sin flexión...	$\Phi = 0.60$
Carga axial de tracción	$\Phi = 0.60$
Flexión sin carga axial.....	$\Phi = 0.60$
Cortante.....	$\Phi = 0.60$

Suposiciones de diseño para mampostería contempladas en la norma N.S.R-98

El diseño a flexo compresión, para muros de mampostería estructural y confinada, en la dirección paralela a su plano teniendo en cuenta la contribución de la mampostería, se fundamenta en:

El momento de diseño solicitado, M_u , que acompaña la carga axial P_u , debe cumplir la condición dada por la expresión. $M_u \leq \Phi M_n$, para el nivel de carga P_u .

M_n se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, de acuerdo con los principios

enunciados en D.5.1.6 y en D.10.7.3, los cuales permiten calcular un diagrama de interacción del muro,

empleando el coeficiente de reducción de resistencia, Φ apropiado de los datos en D.10.7.2.

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

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

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

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

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

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

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

(a) Se puede suponer un esfuerzo uniforme de compresión en la mampostería con intensidad de $0.85 \cdot f_m$ sobre una zona equivalente limitada por los bordes de la sección efectiva y una línea recta paralela al eje neutro de la sección.

(b) La dimensión de la zona equivalente de compresión, a , medida en dirección perpendicular al eje neutro a partir de la fibra de máxima compresión, debe ser el 85% de la dimensión comprimida, c , de la sección en esa dirección ($a = 0.85c$).

D.10.7.3

Deben considerarse en el caso de mampostería de muros confinados, que el muro es un elemento homogéneo que incluye la porción de mampostería y los elementos de confinamiento. Las propiedades

Mecánicas del muro, como conjunto, se describen a través de las de la mampostería.

****tomado Nsr-98 título d****

Las anteriores suposiciones de diseño, son algunas de las empleadas, para el diseño de edificaciones en mampostería, el diseño a flexión es muy similar al de vigas de concreto reforzado descrito en el título c, del código sismo resistente.

En el diseño de la mampostería por fricción, inicialmente se toman estas mismas suposiciones, teniendo en cuenta que:

- La mampostería encajada, no resiste esfuerzos de tracción.
- El refuerzo esta totalmente adherido y rodeado dentro de los elementos de confinamiento, que al igual están embebidos dentro de los bloques,

- los bloques están dotados de encajes especiales, que trabajan como trabes mecánicas, ensamblándolos entre sí.
- Los muros se confinan tanto horizontal como verticalmente mediante elementos especiales,

Con lo anterior se puede suponer un muro homogéneo que trabaja como conjunto, entonces, los aceros de los elementos de confinamiento reinsisten la tensión mientras los módulos de concreto hacen lo propio con la compresión,

Por ello inicialmente el diseño a flexo compresión de los muros de mampostería por fricción se realiza siguiendo la metodología descrita para muros de mampostería confinada, con excepción de los coeficientes de reducción de resistencia Φ , En los que se empleara los valores correspondientes al concreto simple, que son mas conservadores.

Combinaciones de carga para mampostería de fricción. Según el método de estados límites de resistencia

En el diseño se emplean las combinaciones de carga, dispuestas en el b.2.5.2, salvo para el calculo de la fuerza de fricción entre los bloques, donde las cargas muertas no se mayoran, pues los factores de mayo ración incrementan ficticiamente la fuerza de fricción.

Modelo matemático

Los muros se analizan con un modelo matemático de muro en voladizo empotrado en la base y arriostrado lateralmente por diafragmas.

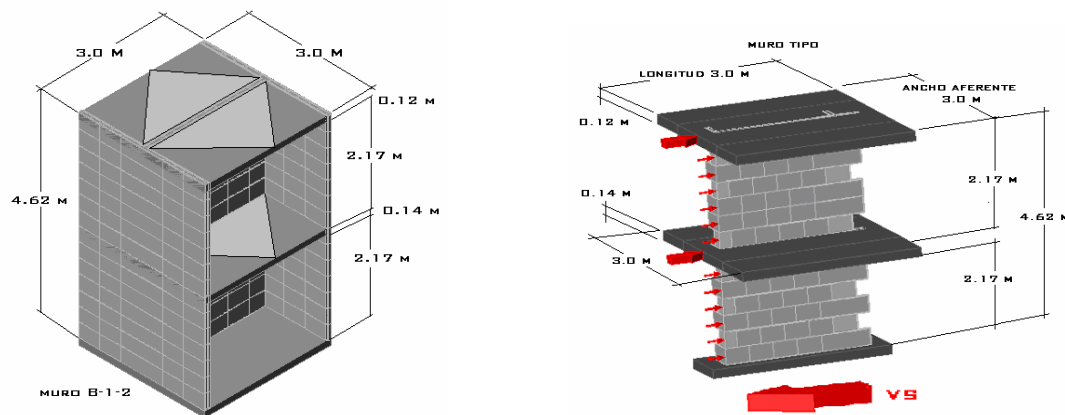


FIGURA B6. MODELO DE MURO EN VOLADIZO EMPOTRADO EN

Las solicitaciones inerciales, inducidas por la aceleración del suelo de fundación debido al sismo, se estiman mediante el método de la fuerza horizontal equivalente, tal como se describió anteriormente.

El modelo queda cargado por nivel como se esquematiza en la grafica anterior, estas cargas generan en el plano del muro esfuerzos de cortante, tensión y compresión, que deben ser resistidos, por la mampostería y los elementos de confinamiento.

Los esfuerzos cortantes son soportados por la mampostería en coalición con los elementos verticales de confinamiento lateral.

Los esfuerzos de compresión son soportados por la mampostería, mientras la flexo compresión es atendida por la acción conjunta de los elementos verticales de confinamiento lateral que absorbe la tensión y la mampostería la compresión.

La flexo compresión se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre el momento y la carga axial, mediante un diagrama de interacción para el muro, empleando un coeficiente de reducción de resistencia $\Phi=0.6$

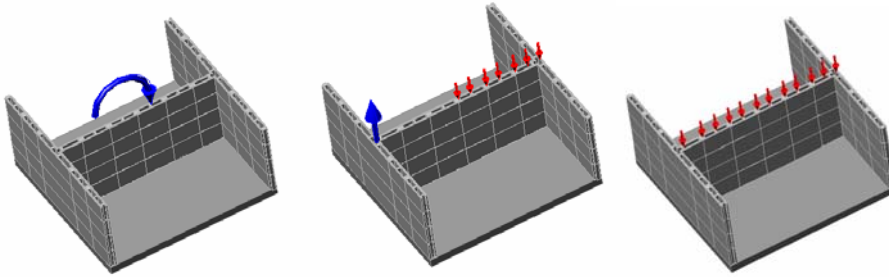


FIGURA B7. FLEJO COMPRESIÓN ACTUANDO EN EL PLANO DEL

Siguiendo las hipótesis para mampostería confinada, descritas en la N.S.R-98; a continuación se presenta, el diagrama de interacción, entre carga axial y momento flector para el muro de ejemplo B-1-2, con diferentes áreas de acero en tensión.

El diagrama se calculo con:

Acero en tensión $F_y=420\text{Mpa}$

Resistencia a compresión de la mampostería $F'_m=12.2\text{Mpa}$, coeficiente de reducción de resistencia $\Phi=0.6$,

Áreas iguales de acero en ambos elementos de confinamiento.

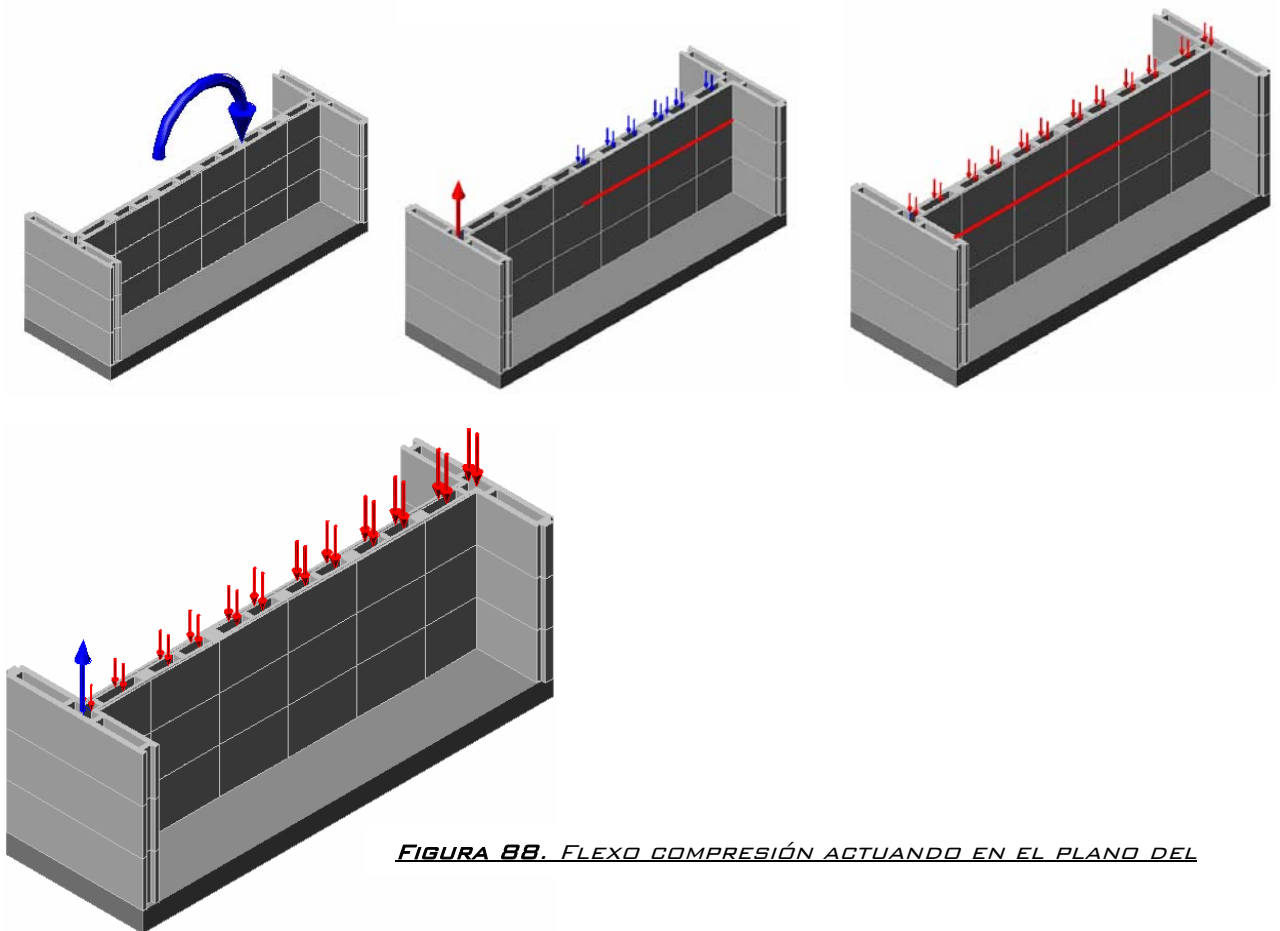


FIGURA B8. FLEJO COMPRESIÓN ACTUANDO EN EL PLANO DEL

$\phi P_n / \phi M_n$ MURO DE 3M DE LONGITUD CON DOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

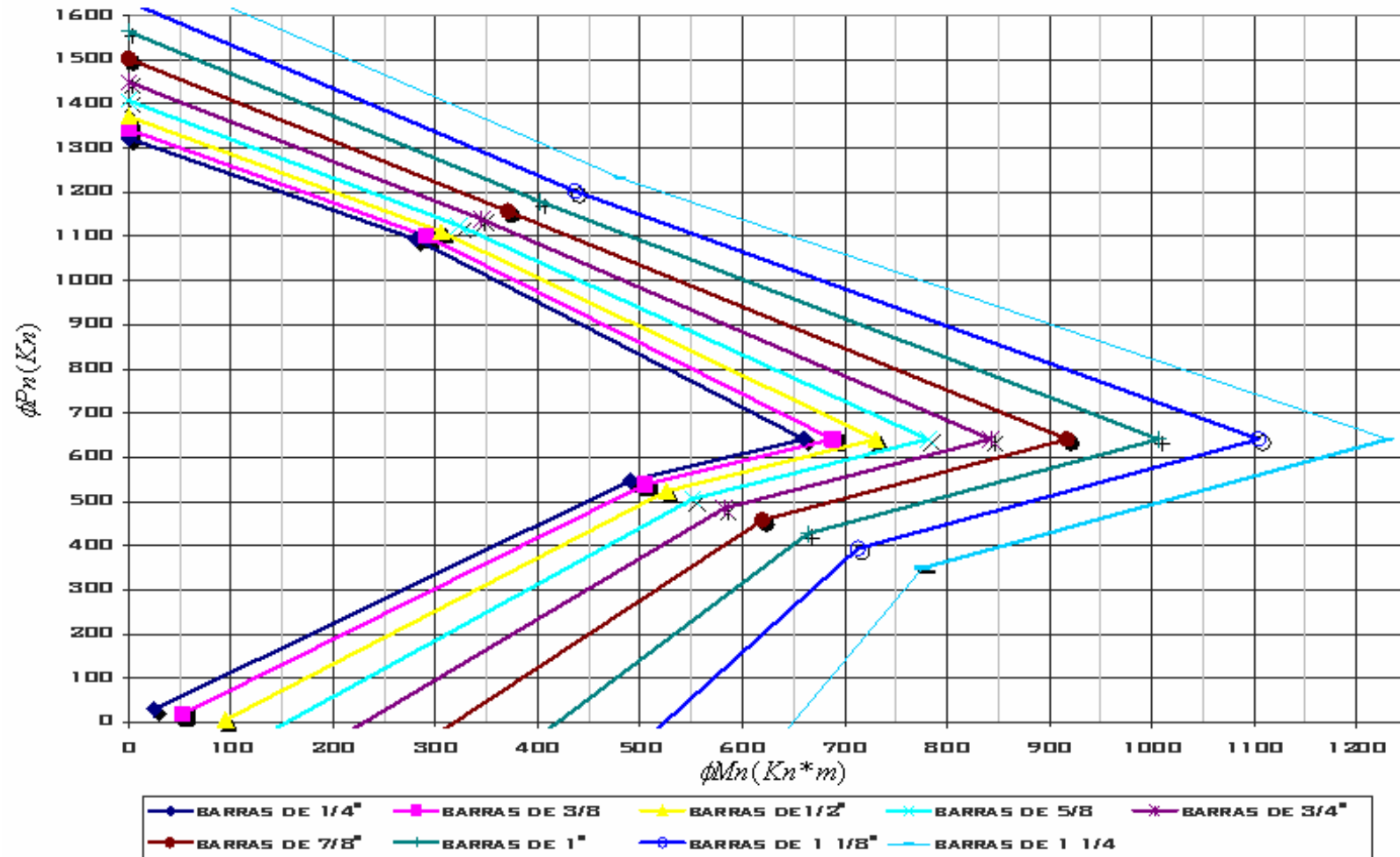


FIGURA 89. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN MURO B-1-2 PARA DIFERENTES ÁREAS DE ACERO EN TENSIÓN $\Phi=0.6$

Con el diagrama anterior se puede establecer la resistencia nominal del muro para diferentes combinaciones de acero en tensión, el acero se encuentra embebido dentro de los elementos verticales de confinamiento y estos a su vez dentro de los bloques de mampostería.

La cantidad requerida de refuerzo se determina según las solicitaciones propias del muro, Las mayores demandas, se encuentran al nivel de la primera hilada de bloques, allí se experimentan la mayor compresión y flexión de todo el muro, que varía según el sismo de diseño.

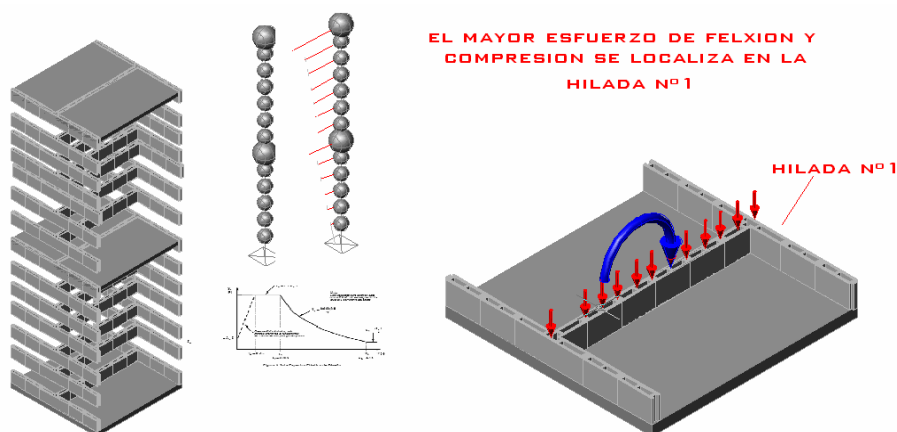
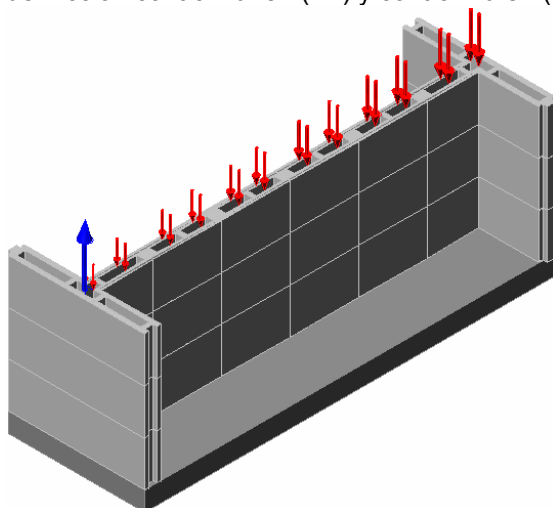


FIGURA 90. UBICACIÓN HILADA CRITICA EN FLEXO-COMPRESIÓN

Los esfuerzos de compresión, son debidos al uso de la estructura, (cargas vivas y muertas) y mas la compresión inducida por la flexión aportada por las cargas sísmicas, varía en los niveles de fricción, los esfuerzos de flexion tambien varían según la zona de amenaza sísmica y el sismo de diseño, tal como se muestra para el muro de ejemplo en la graficas siguientes. (Nivel de fricción contra P_u en (Kn) y contra M_u en (KN*m).



El diseño se resume en escoger en la grafica con los valores de ΦP_u y ΦM_n la curva que soporte la combinación antes mencionada, para el primer y segundo piso, ya que la reducción de las solicitaciones en el entrepiso, casi se reduce a la mitad.

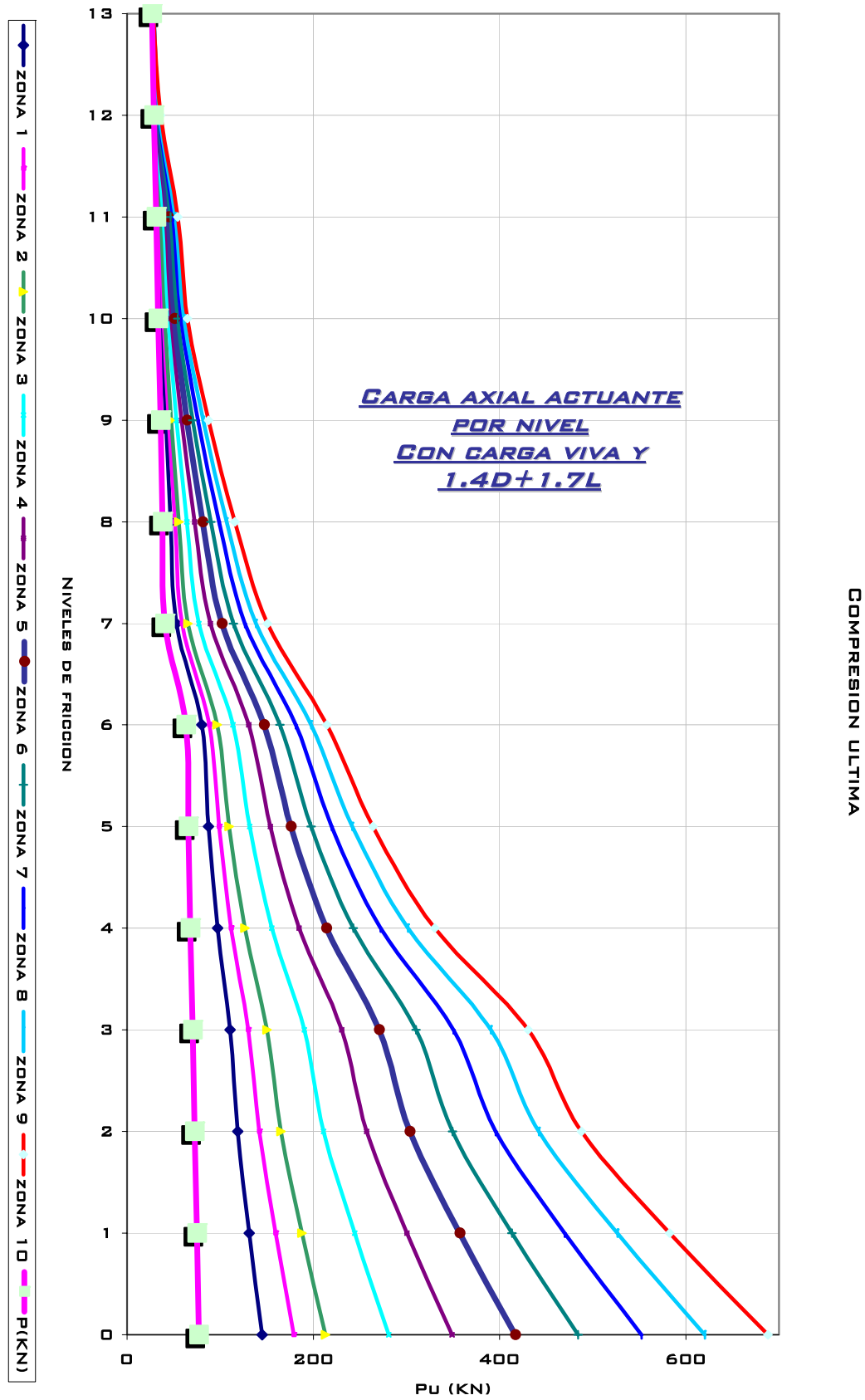


FIGURA 91. FUERZA AXIAL ACUMULAD POR NIVEL DE FRICCIÓN MAYORADA 1.4D+1.7L+E

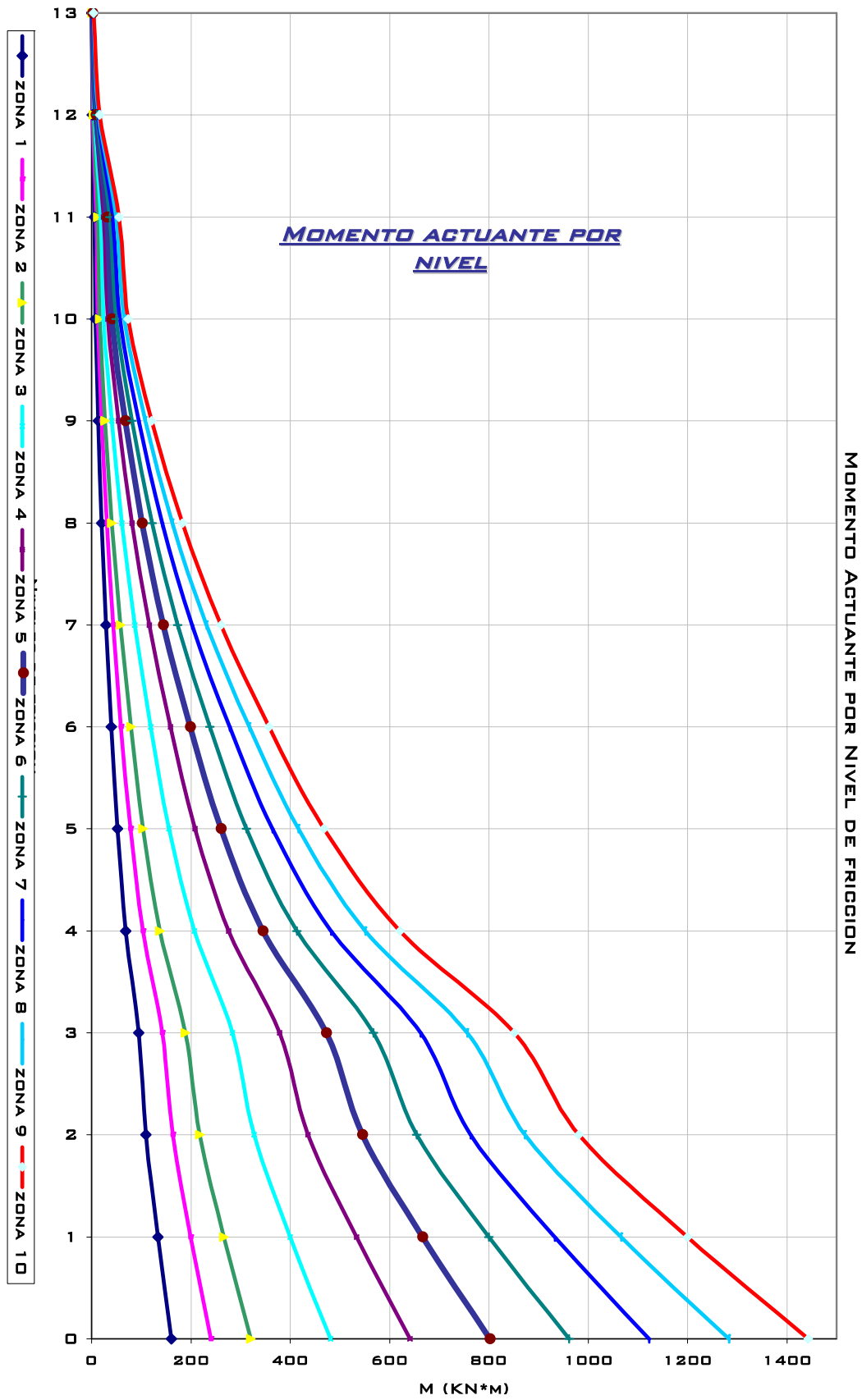


FIGURA 92. VARIACIÓN DEL MOMENTO ACTUANTE, POR NIVEL Y SEGÚN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA.

Los momentos flectores actuantes, debidos a la carga lateral, varían según el nivel de amenaza sísmica en lo niveles de fricción, como se muestra en la grafica anterior. Y con los valores de carga axial del diagrama de interacción se escogen las ares de acero, requeridas para esa combinación en flexo-compresión.

Como se observa en el diagrama de interacción, las áreas de acero necesarias para las zonas de amenaza sísmica superiores a la zona 5, son muy altas para concentrarlas en una sola barra dentro de los elementos de confinamiento,

De manera análoga el refuerzo de transferencia por cortante, para zonas de amenaza sísmica superiores a la zona 6, empiezan a requerir áreas de acero mayores a la mínima.

Por ello en el sistema constructivo map-fri, se, contempla dividir el diseño en dos grupos de regiones de amenaza sísmica, un grupo A, comprendido entre la zona 1 y la zona 6, en el que el diseño, requiere solo de los elementos verticales de confinamiento de borde, y el grupo B comprendido por las zonas 7,8,9 y zona 10, en las que se requieren elementos de confinamiento intermedios y módulos de concreto de diseño especial para alojar elementos verticales de confinamiento mas grandes, es decir muros con 15cm de espesor.

Con lo descrito hasta ahora, ya se tiene el diseño de los módulos y los elementos de confinamiento para el (grupo A) de zonas de amenaza sísmica. (Zona 1 a zona 6)

Para el muro B-1-2 de ejemplo, su diseño en el (grupo A) de zonas de amenaza sísmica, a cortante y flexión, solo requiere dos elementos verticales de confinamiento de borde en forma de t, y su refuerzo por zonas de amenaza sísmica se resume en el siguiente cuadro.

REFUERZO POR ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO LATERAL EN FORMA DE T, PARA MURO DE EJEMPLO B-1-2			
GRUPO A		REFUERZO REQUERIDO POR	
N ° ZONA DE AMENAZA	ZONA AMENAZA	TRANSFERENCIA DE CORTANTE	FLEXO-COMPRESIÓN
1	BAJA	3 BARRAS $\Phi = 1/4"$	1 BARRA $\Phi = 3/8"$
2	BAJA	3 BARRAS $\Phi = 1/4"$	1 BARRA $\Phi = 3/8"$
3	BAJA	3 BARRAS $\Phi = 1/4"$	1 BARRA $\Phi = 1/2"$
4	INTERMEDIA	3 BARRAS $\Phi = 1/4"$	1 BARRA $\Phi = 5/8"$
5	INTERMEDIA	3 BARRAS $\Phi = 1/4"$	1 BARRA $\Phi = 3/4"$
6	ALTA	3 BARRAS $\Phi = 3/8"$	1 BARRA $\Phi = 7/8"$

TABLA 7. REFUERZOS PARA GRUPO A DE ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA MURO MB-12 DE EJEMPLO.

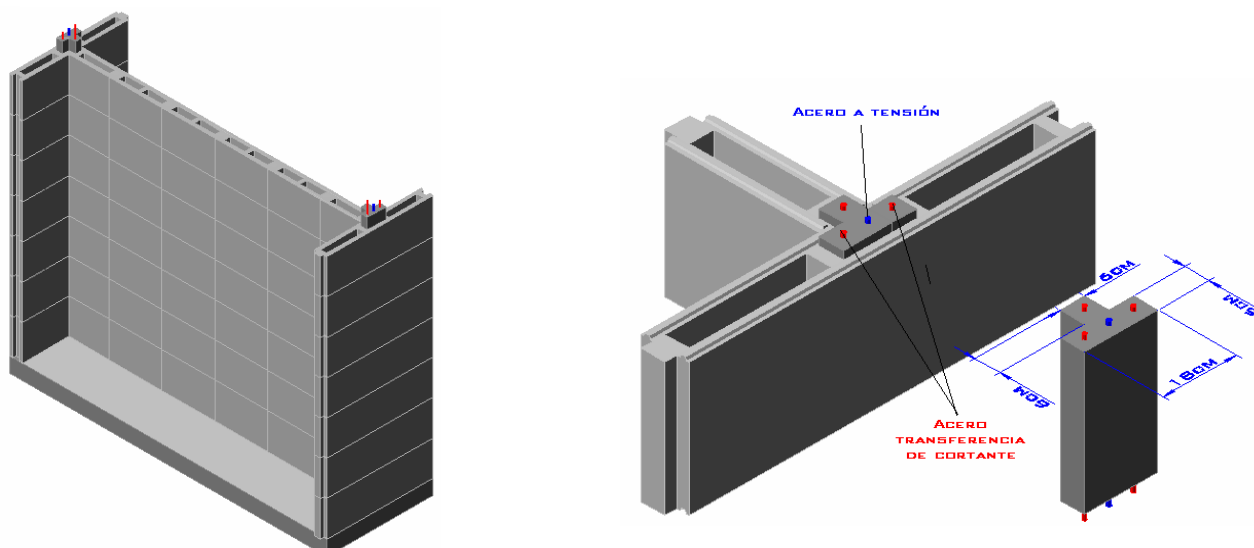


FIGURA 93. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE ACEROS PARA ELEMENTO DE CONFINAMIENTO T, $f'c = 21 \text{ MPA}$ GRUPO A DE Z.A.S

Un vacío dentro del muro, por ejemplo, el generado por la presencia de una puerta o una ventana dentro del mismo, no reduciría la resistencia por fricción interna en el muro de forma considerable, ya que la fuerza normal, que en su mayoría depende de la flexión sobre el muro y no del peso del mismo,

La fuerza de fricción no depende del área en contacto, solo es función de la fuerza normal y el coeficiente de rozamiento, la resistencia interna por fricción de la mampostería no se reducen en gran proporción.

La presencia de un vacío en el muro, obliga al confinamiento en los bordes del mismo, y ya que los elementos de confinamiento, aportan una buena parte de la resistencia, el incremento en la cantidad de estos, favorece la resistencia del mismo; por ejemplo la presencia de una puerta, dentro del muro de ejemplo, implicaría la anexión de dos elementos intermedios de confinamiento en los bordes del vacío,

El refuerzo de Los elementos de confinamiento, es continuo en toda su longitud y se ancla en los extremos, a las vigas y entrepiso generando marcos cerrados que confinan la mampostería dispuesta entre ellos.

En las figuras siguientes se muestran los vacíos y los elementos verticales que los confinan lateralmente.

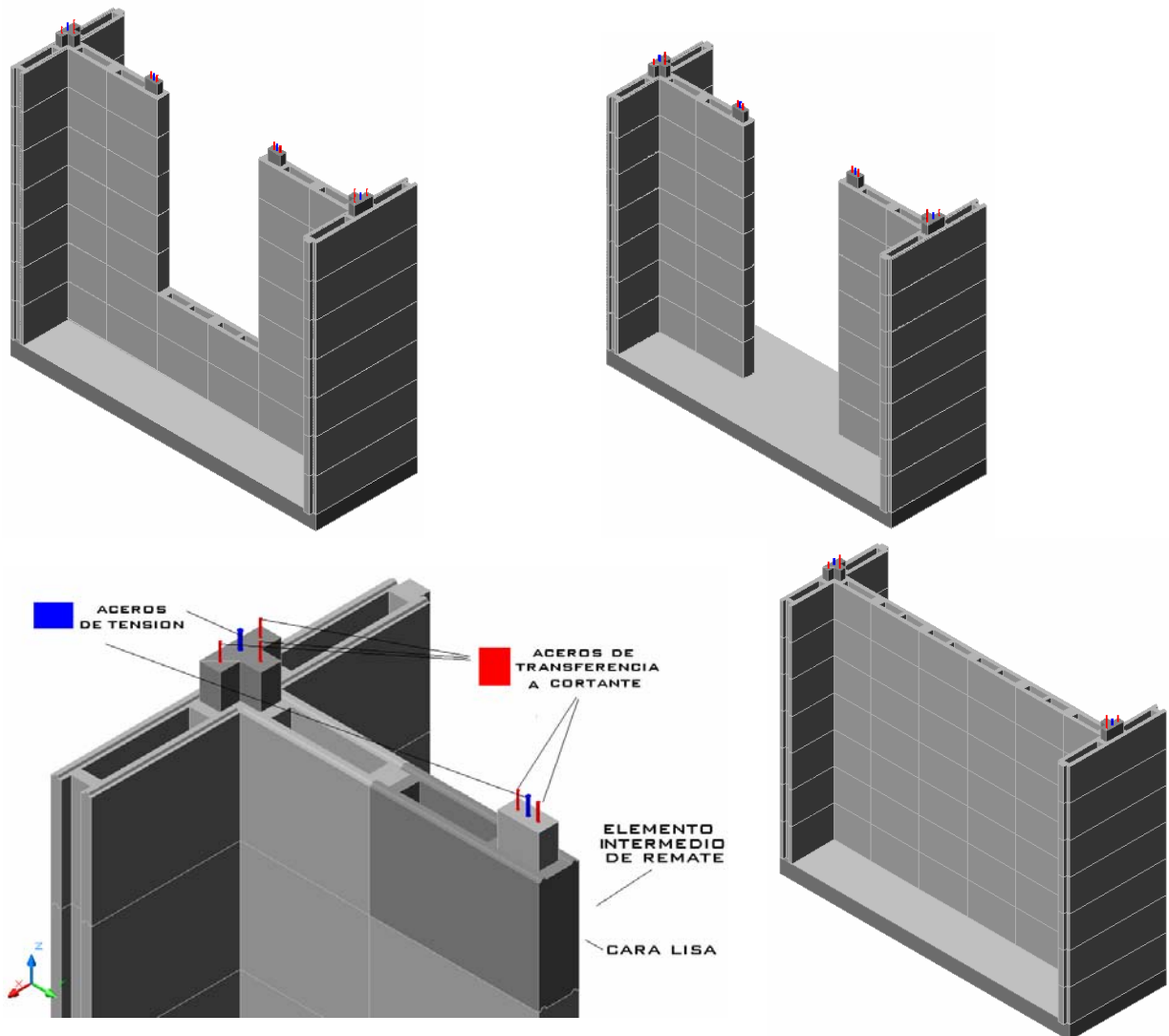


FIGURA 94. MÓDULOS DE REMATE MACHO Y HEMBRA EMPLEADOS PARA FORMAR LOS ELEMENTOS DE BORDE Y CONFINAMIENTO E UN VACÍO

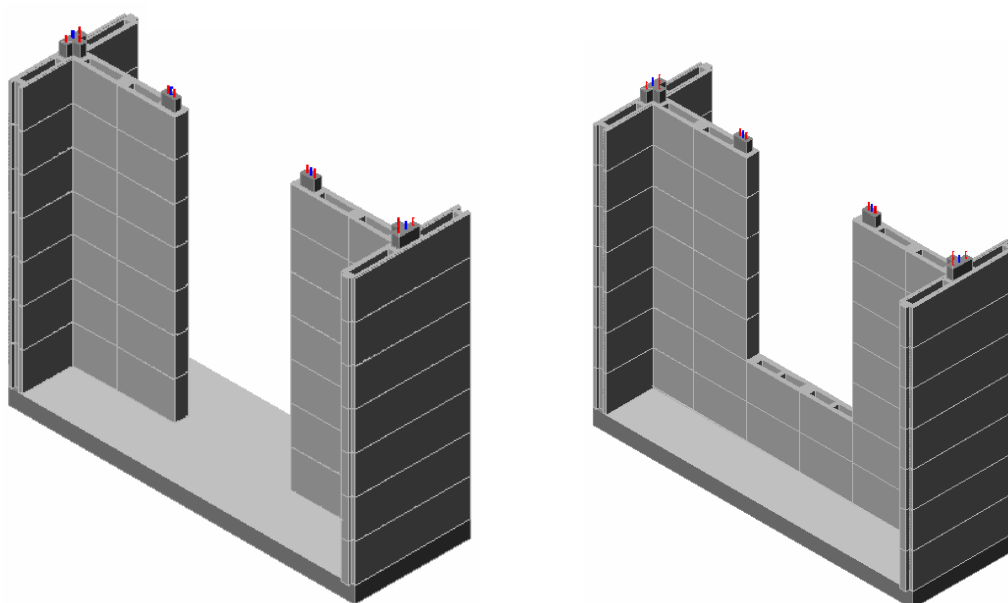
Los elementos de remate empleados en los bordes del vació, poseen un acero a tensión y dos de transferencia de cortante, tal como se observa en la grafica anterior.

La presencia de vacíos en el muro de ejemplo, favorecería la resistencia global del muro, al adicionar nuevos elementos de confinamiento. Como se menciono anteriormente para el “grupo A” de zonas de amenaza sísmica, el solo confinamiento suministrado por los elementos en forma de t, es suficiente para resistir las solicitaciones, en estas zonas para el muro de ejemplo B-1-2; la adición de nuevos elementos, traería consigo una reducción en el acero de refuerzo de los elementos verticales de confinamiento, algo muy favorable en especial para la zona 6, donde se tienen la áreas de acero mas altas de todo el grupo A.

En caso de que el muro de ejemplo B-1-2, tuviera una puerta de 1m de ancho como la de la figura anterior, y se despreciara el aporte de la fricción interna en el muro a cortante y los elementos de confinamiento tuvieran que soportar el 100% de estas solicitaciones, los refuerzos requeridos par los elementos de confinamiento en la zona mas alta del grupo A (zona 6), para cortante, no superarían el mínimo, es decir, todos los aceros de transferencia de cortante, para los cuatro elementos verticales de confinamiento seria barras de $\Phi=1/4"$ o barras de 6mm. Y el acero a tensión, seria barras de $5/8"$ para los elementos t y de $1/2"$ para los elementos de remate intermedios, esto Se resume en la tabla siguiente.

REFURZO ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO SIN APORTE DE FRICCIÓN A CORTANTE NI FLEXIÓN					
TIPO ELEMENTO		ELEMENTOS T		ELEMENTOS DE REMATE	
GRUPO A		REFUERZO REQUERIDO POR		REFUERZO REQUERIDO POR	
N ^o ZONA	ZONA AMENAZA	TRANSFERENCIA DE CORTANTE	FLEXO-COMPRESIÓN	TRANSFERENCIA DE CORTANTE	FLEXO-COMPRESIÓN
1	BAJA	3 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=3/8"$	2 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=3/8"$
2	BAJA	3 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=3/8"$	2 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=3/8"$
3	BAJA	3 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=3/8"$	2 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=3/8"$
4	INTERMEDIA	3 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=1/2"$	2 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=1/2"$
5	INTERMEDIA	3 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=1/2"$	2 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=1/2"$
6	ALTA	3 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=5/8"$	2 BARRAS $\Phi=1/4"$	1 BARRA $\Phi=1/2"$

TABLA 95. REFUERZOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO PARA ELEMENTOS T E INTERMEDIO MURO B-1-2 CON VACÍO.



El “grupo B” de zonas de amenaza sísmica, comprendidas entre la zona 7 y la zona 10, requiere de arreas muy grandes de acero, para un elemento de confinamiento como los antes descritos,

Las cuantías de acero dentro de los elementos deben limitarse, para garantizar, que estos se rompan por los planos de contacto entre bloques; mucho refuerzo, en un elemento de confinamiento, puede producir, que fallen los bloques de concreto y no el elemento de confinamiento; por ello se busca que el acero de transferencia no supere las barras de 1/4” y los aceros de tensión las barras de 5/8”, en lo posible aceros de transferencia de 1/4” y los de tensión de 1/2”, esto se puede lograr mediante la adición de elementos de confinamiento intermedios en la luz del muro, que contribuyan a resistir el cortante y la tensión, para reducir los esfuerzos sobre solo unos pocos elementos,

adicionalmente, la resistencia a transferencia de cortante no depende directamente de la resistencia del concreto y los esfuerzos de tensión y compresión, son resistidos por los aceros dentro de los elementos de confinamiento y los bloques de concreto respectivamente, se puede pensar en reducir la resistencia del concreto de los elementos de confinamiento, es decir, los módulos fabricados en concreto de 21Mpa y los elementos de confinamiento en concreto de 18Mpa, por ejemplo; pero todo esto debe ser sometido a pruebas de laboratorio rigurosas, por ahora, estos razonamientos buscan conducir a un prediseño del sistema lo mas razonable y prudente que teóricamente se pueda suponer.

Los bloques de concreto también deben tener la resistencia tal que permitan que se produzca la grieta en el elemento de confinamiento, entre los planos de fricción, sin fallar este.

En resumen, en zonas de amenaza alta, es preferible el uso de muchos elementos de confinamiento con poco acero, y no el de pocos con mucho refuerzo, por ejemplo en la zona 6 de amenaza sísmica, que aunque esta dentro del “grupo a” de zonas de amenaza, si requiere de la utilización de elementos intermedios, para reducir las cuantías de refuerzo.

Por ejemplo, la inclusión de un elemento intermedio inyectando una celda en el muro de ejemplo B-1-2, Para el diseño en zona de amenaza sísmica 6, como de muestra en la figura.

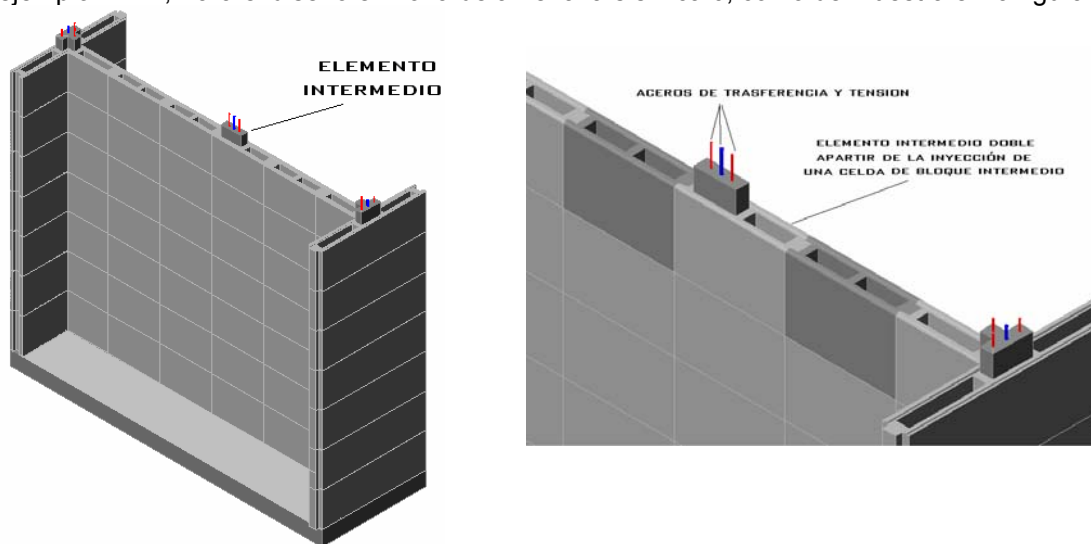


FIGURA 100. INYECCIÓN DE ELEMENTO INTERMEDIO MURO B-1-2

El aporte de este elemento, permite reducir el acero de transferencia en todos los elementos de barras de $\Phi=1/4$ ” o barras de $\Phi=6$ mm y los aceros de tensión para los elementos “T”, a barras de $3/4$ ”, en ambos caso el acero en tensión para el elemento intermedio sería una barra de $\Phi=1/2$ ”.

Para las demás zonas de amenaza sísmica alta, las áreas de acero en tensión necesarias, son muy grandes para asignarlas a una sola barra dentro del elemento de confinamiento, por esto,

adicional a la inclusión de elementos intermedios, se requiere modificar la forma de los elementos de confinamiento y repartir esta área de acero, en un número mayor de barras de menor diámetro, con área total de acero en tensión similar.

Por ejemplo para el muro en análisis (MB-1-2), en el grupo "B", de zonas de amenaza, se requiere que todo el acero localizado en el elemento de confinamiento, trabaje a tensión, reduciendo el diámetro de las barras de refuerzo.

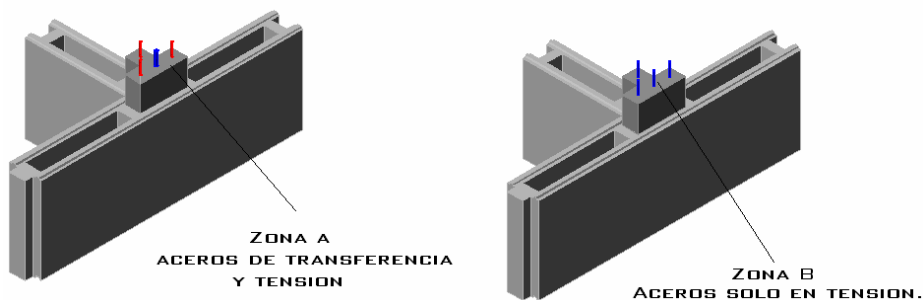


FIGURA 101. ACEROS DE TENSION EN LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO SEGÚN GRUPO DE ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA

Al colocar todos los aceros a trabajar en tensión, dentro de los elementos de confinamiento, obliga a ubicar los aceros de transferencia en elementos verticales intermedios, los cuales, se pueden hacer trabajar de forma eficiente en flexión ubicándolos, lejos del eje neutro del muro, es decir, muy cercanos a los elementos de borde. Como de muestra en la figura siguiente.

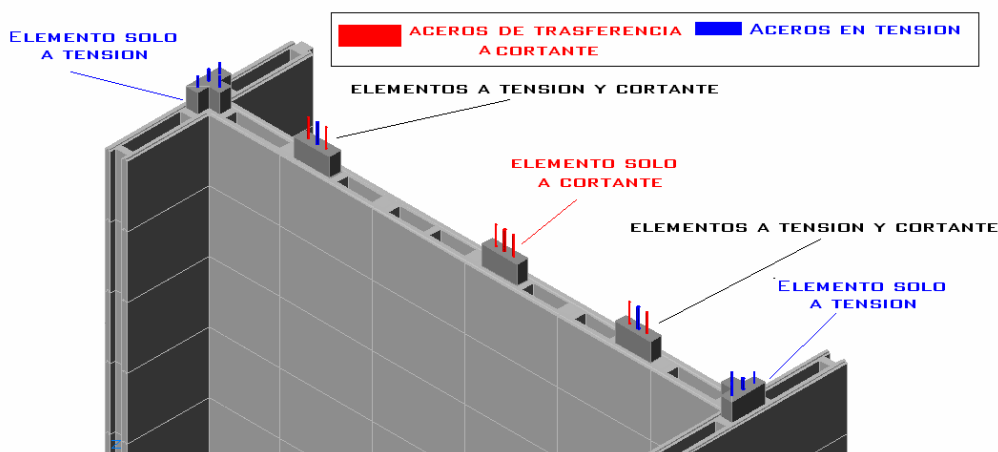


FIGURA 102. UBICACIÓN ELEMENTOS VERTICALES DE CONFINAMIENTO Y REFUERZO MURD B-1-2 PARA GRUPO "B" DE ZONAS 7 Y 8 DE AMENAZA

En el gráfico anterior se muestra, una propuesta de configuración para los elementos verticales de refuerzo y confinamiento,

En esta se ubican los elementos que abajan solo a tensión en los extremos del muro, alejándolos lo más posible del eje neutro, en el eje neutro donde el aporte a tensión de los aceros es mínimo, se ubican los elementos para que trabajen solo a cortante, y en las posiciones intermedias elementos que trabajen tanto a tensión como a cortante.

La configuración anterior es suficiente para las zonas 7 y zona 8, de amenaza sísmica, para las zonas 9 y 10, se requiere de más elementos de refuerzo, debido a las grandes sollicitaciones sísmicas en estas zonas, donde el valor de A_a , alcanzan el 40% y 50% de la aceleración de la

gravedad, por suerte son muy pocas las regiones del país, que caen en estas dos zonas, a tal punto que en los mapas de valores de A_a contenidos en el código, no se señala ninguna región como de zona de amenaza sísmica 10,

Una configuración posible para los elementos de refuerzo y confinamiento en zona 9 y 10 se presenta a continuación.

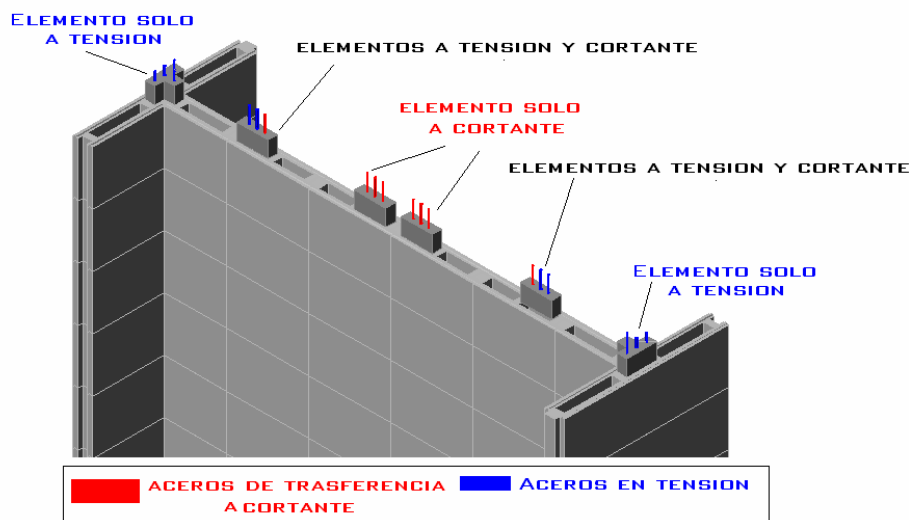


FIGURA 103. UBICACIÓN ELEMENTOS VERTICALES DE CONFINAMIENTO Y REFUERZO MURO B-1-2 PARA GRUPO "B" DE ZONAS 9 Y 10 DE AMENAZA

Es importante notar que un muro de mampostería confinada, no tiene la capacidad de disipación de energía especial necesaria para estas zonas y un muro de mampostería estructural, requerirá de un gran espesor y de inyectar la totalidad de las celdas interna, para alcanzar la disipación de energía especial, requerida en estas zonas.

Adicionalmente, el aumento en el refuerzo en zonas de amenaza sísmica alta, mejora la capacidad de disipación de energía del muro y podría pensarse a futuro, en el cálculo de dos coeficientes de disipación de energía R_o , uno para cada grupo de zonas de amenaza sísmica (A y B), que refleje el incremento en la capacidad de disipación de energía en zonas de amenaza alta debido al aumento del refuerzo, y permita con el aumento del valor R_o una reducción en la cantidad del refuerzo.

Al igual los módulos de concreto, para el grupo B de zonas de amenaza sísmica, requiere de un diseño diferente al anteriormente mostrado, que corresponde a zonas de amenaza sísmica baja e intermedia por ello en el grupo B, los módulos de concreto tienen un espesor de 15cm y un espacio interior para los elementos de confinamiento de 9cm

Los sistemas constructivos de muros, requieren de longitudes de muro suficientes en las dos direcciones, y en ocasiones la existencia de ventanales, compromete la resistencia de los mismos, especialmente en el método de mampostería confinada, por ello en la propuesta del sistema constructivo Map-Fri, se contempla la posibilidad de inyectar y reforzar en su totalidad las celdas de los muros cortos, para que trabajen como pantallas a fricción que permitan un poco más de libertad arquitectónica, sin comprometer la resistencia de la estructura, como se muestra en la gráfica siguiente.

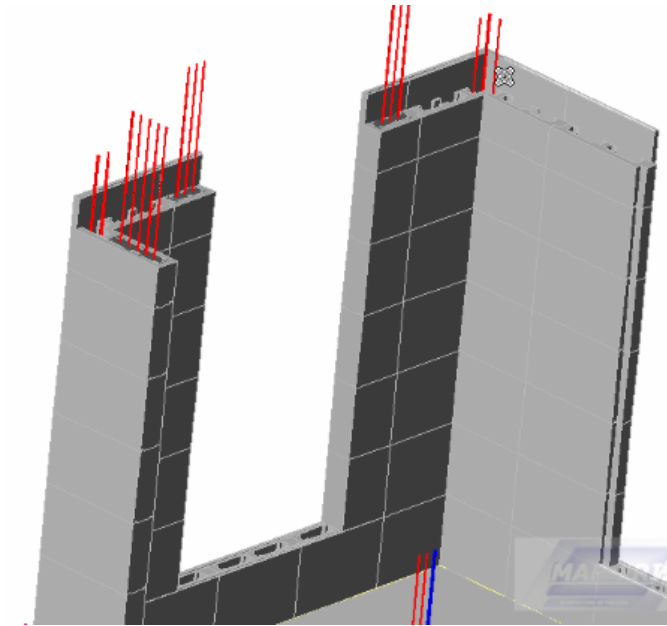


FIGURA 104. SEGMENTOS DE MURO CORTOS, INYECTADOS EN SU TOTALIDAD.

Las consideraciones anteriores, implican un análisis más riguroso de la resistencia a cortante de los módulos que contienen los elementos de confinamiento.

DISEÑO MÓDULOS DE CONCRETO SIMPLE.

El elemento interno “T” de confinamiento resiste como máximo $\phi V_n = 48 \text{Kn}$ para barras de $1/4"$ y $\phi V_n = 89 \text{Kn}$ para barras de $3/8"$, estas son los refuerzos a los que se prevé limitar inicialmente los elementos de concreto simple en los que se funden los elementos de confinamiento, Este cortante debe ser transmitido por el bloque, el cual se proyecta fabricar en concreto simple, con $F'c = 21 \text{Mpa}$.

Los módulos, transmiten estos esfuerzos, a través de las dos aletas, como se muestran en la figura siguiente

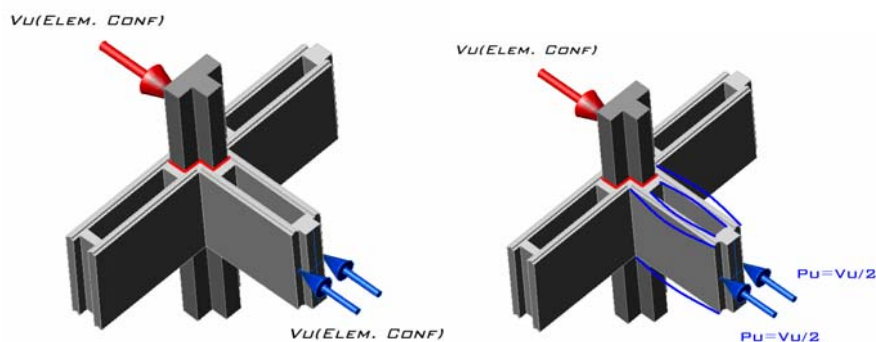


FIGURA 105. TRANSFERENCIA DEL CORTANTE ULTIMO DEL ELEMENTO DE CONFINAMIENTO, A TRAVÉS DEL MÓDULO DE CONCRETO

Cada aleta debe transmitir la mitad, de la fuerza que soporta en cortante por fricción el elemento de confinamiento, es decir, que la aleta transmite en compresión la mitad de la resistencia última a cortante del elemento de confinamiento.

$$P_u = \phi V_n / 2 = 89 / 2 = 44.5 \text{KN} \text{ Para barras de } 3/8" \text{ (refuerzo máximo recomendado).}$$

$$P_n = 0.6 * F'_c * \left(1 - \left(\frac{l_c}{32 * h} \right)^2 \right) * A_c$$

$$P_n = 0.6 * 21 * \left(1 - \left(\frac{29}{32 * 3} \right)^2 \right) * 330 * 30 = 113356.3N = 113KN$$

$$\phi P_n = 0.65 * 113 = 73.45KN \geq 44.5KN$$

Con este resultado se comprueba que las aletas, pueden transferir el cortante, tanto para elementos con refuerzo de 1/4" como de 3/8".

Después de transferir las aletas el cortante, este llega, a los travesaños del modulo, que lo transfieren al elemento de confinamiento. Cada aleta entrega la carga, en dos áreas a cortante, como se esquematiza en la figura siguiente.

Las flechas rojas representan los cortantes que deben resistir los travesaños por la carga transmitida por las aletas

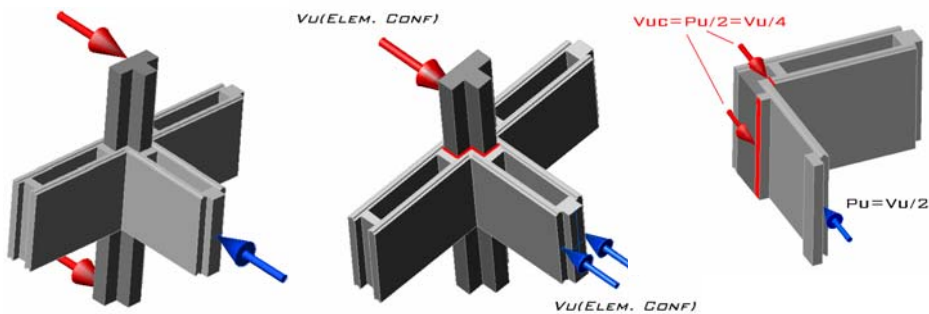


FIGURA 106. TRANSFERENCIA DE CORTANTE ENTRE EL ELEMENTO DE CONFINAMIENTO Y LOS MÓDULOS DE CONCRETO QUE LOS CONTIENEN.

Con las formulaciones dispuestas en el código (N.S.R-98) para concreto simple se procede a hacer el chequeo

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_{n1} = \frac{\sqrt{F'_c}}{6} * b * h = \frac{\sqrt{21}}{6} * 30 * 330 = 7561.25N = 7.56KN$$

$$V_{n2} = \frac{\sqrt{F'_c}}{6} * b * h = \frac{\sqrt{21}}{6} * 60 * 330 = 151122.5N = 15.12KN$$

$$V_{nc} = 22.7KN$$

$$\phi V_{nc} = 0.65 * 22.7 = 14.76KN \geq 12KN$$

La resistencia de los travesaños, solo soporta el cortante trasferido, por parte de elementos de confinamiento reforzados con aceros de $\Phi=1/4"$, en conclusión, para elementos de confinamiento en forma de "T" y todos los demás, solo se permite refuerzo de $\Phi=1/4"$, los demás refuerzos, hacen fallar el modulo de concreto, antes que el elemento de confinamiento, con esto se reafirma la condición de limitar el refuerzo de los elementos de confinamiento por transferencia de cortante a máximo barras de 1/4"

Todos los elementos, tienen la misma altura y son del mismo material, y ya que la expresión para el esfuerzo cortante es función de estos dos parámetros que son constantes, y el espesor del travesaño; se puede establecer una resistencia nominal a cortante por centímetro de espesor de travesaño de 2.52Kn por centímetro de espesor del mismo.

Para los elementos en L, la resistencia ultima del elemento de confinamiento, es de $V_u = \phi V_n = 32 \text{KN}$

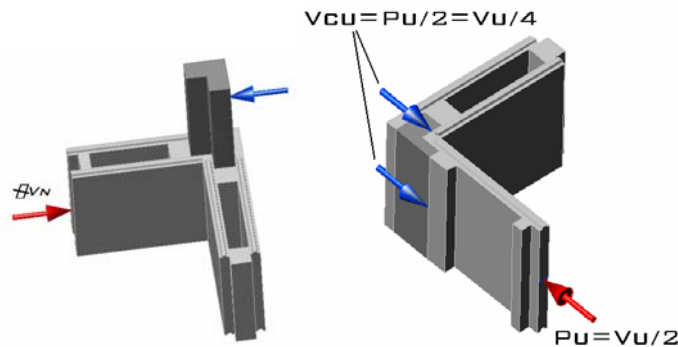


FIGURA 109. TRANSFERENCIA DE CORTANTE ENTRE ELEMENTO E CONFINAMIENTO Y EL MÓDULO EN T, QUE LO CONTIENE

La cual debe ser soportada por los travesaños a cortante del modulo, como se muestra en la figura 91. Con lo cual:

$$V_{uc} = 32/4 = 8 \text{KN}$$

$$V_{nc} = 2.52 * 6 = 15.12 \text{KN}$$

$$\phi V_{nc} = 0.65 * 15.12 = 9.82 \geq 8 \text{KN}$$

El resultado anterior muestra, que Los elementos en L, no requieren de reforzar los travesaños y con 3cm de espesor en estos, transfieren a cabalidad, la totalidad del cortante de los elementos de confinamiento, por ello el prediseño inicial se conserva, figuras 7 y 8.

Para el elemento en cruz, la resistencia ultima del elemento de confinamiento es de $V_u = \phi V_n = 64 \text{KN}$ para cuatro barras de $\phi = 1/4"$ como se muestra en la figura 92. Con lo cual:

$$V_{uc} = 64/4 = 16 \text{KN}$$

$$V_{nc} = 2.52 * 10 = 25.2 \text{KN}$$

$$\phi V_{nc} = 0.65 * 25.2 = 16.38 \text{KN} \geq 16 \text{KN}$$

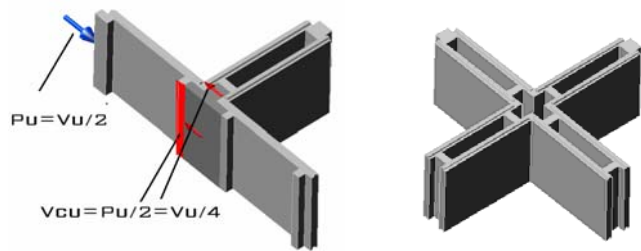


FIGURA 110. TRANSFERENCIA DE CORTANTE ENTRE ELEMENTO DE CONFINAMIENTO Y EL MÓDULO EN CRUZ, QUE LO CONTIENE

El resultado anterior, muestra que Los módulos en cruz, requieren refuerzo de los travesaños, aumentado el espesor de estos de 3cm a 10cm, será suficiente, pero el diseño inicial cambia, (Figura 9) las modificaciones se muestran en la siguiente figura (figura 92.)

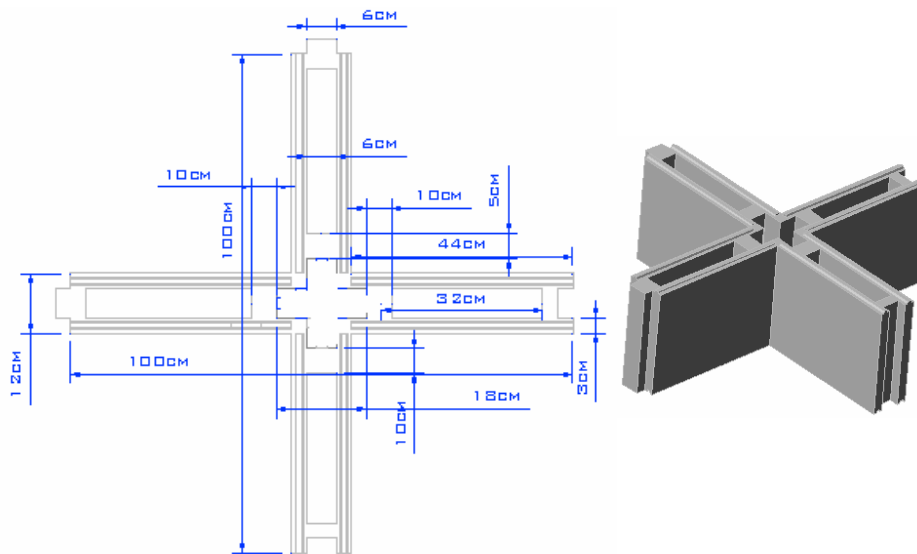


FIGURA 111. DISEÑO FINA MODULO EN CRUZ, SIN REFUERZO ADICIONAL A CORTANTE.

Para los bloques intermedios de confinamiento dobles y de remate, macho y hembra, los esfuerzos cortantes sobre los travesaños de los elementos, son muy altos. Para las dimensiones previstas en el prediseño, como se muestra en la figura siguiente, figura 93.

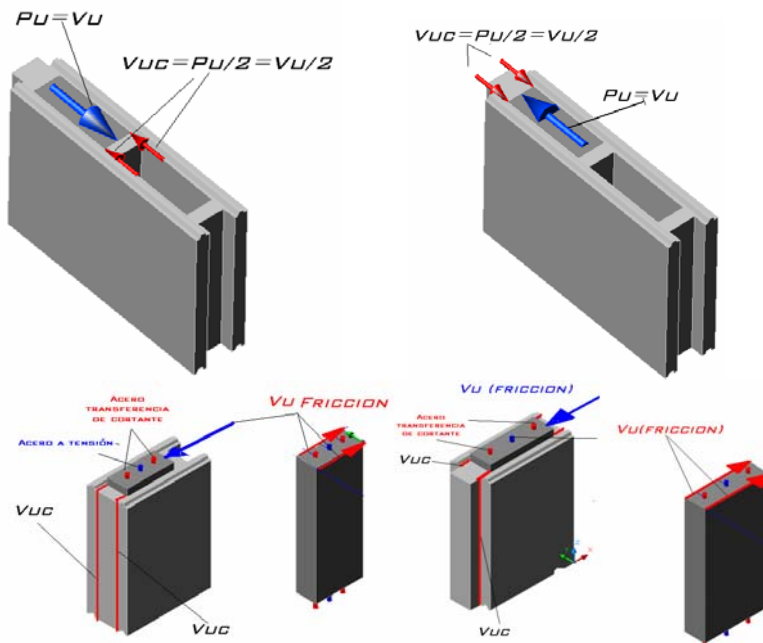


FIGURA 112. TRANSFERENCIA DE CORTANTE ENTRE EL ELEMENTO DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO Y EL BLOQUE QUE LO CONTIENE

$$V_u = \phi V_n = 32 \text{ KN}$$

$$V_{uc} = 32/2 = 16 \text{ KN}$$

$$V_{nc} = 2.52 * 11 = 28.82 \text{ KN}$$

$$\phi V_{nc} = 0.65 * 28.82 = 18.73 \geq 16 \text{ KN,}$$

El resultado anterior muestra, que se requieren de 11cm de espesor para el travesaño, dimensión demasiado alta, para las dimensiones de los elementos de remate, ya que el modulo solo tiene 25cm de largo.

Por ello, los elementos de remate sencillos de macho y hembra, solo tendrán un acero de refuerzo pro transferencia y un acero a tensión.

En elementos intermedios y de remate completos se requiere de una solución un poco diferente, en lugar de aumentar toda la sección del travesaño, se propone dotar de travesaños pequeños, a la pared del elemento; como dientes, cada uno de ellos transferiría parte del cortante, directamente a la aleta y de esta manera, no se requiere aumentar las dimensiones de los travesaños inicialmente establecidas en el prediseño.

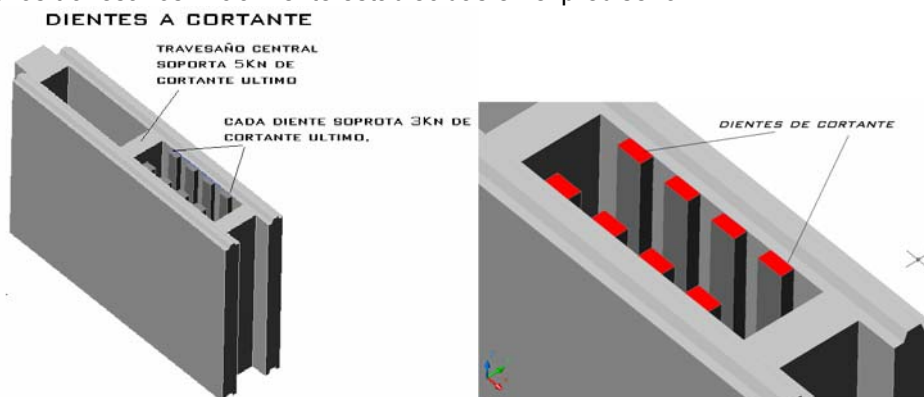


FIGURA 113. DISEÑO DIENTES A CORTANTE DENTRO DE LA CAVIDAD DEL BLOQUE DE CONCRETO, QUE ALOJA LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

Cada diente de 2cm de largo por 1cm de ancho y por 33cm de alto, puede soportar 3Kn de cortante ultimo, y el travesaño estándar de 3cm puede soportar 9.82Kn de cortante ultimo, es decir que con esta metodología los 8 dientes y el travesaño, pueden transferir a las aletas 33.82Kn de cortante ultimo, resistencia suficiente para soportar la sollicitación de 32Kn del cortante por fricción, del elemento de confinamiento intermedio y de remate. Figuras 94 y 95.

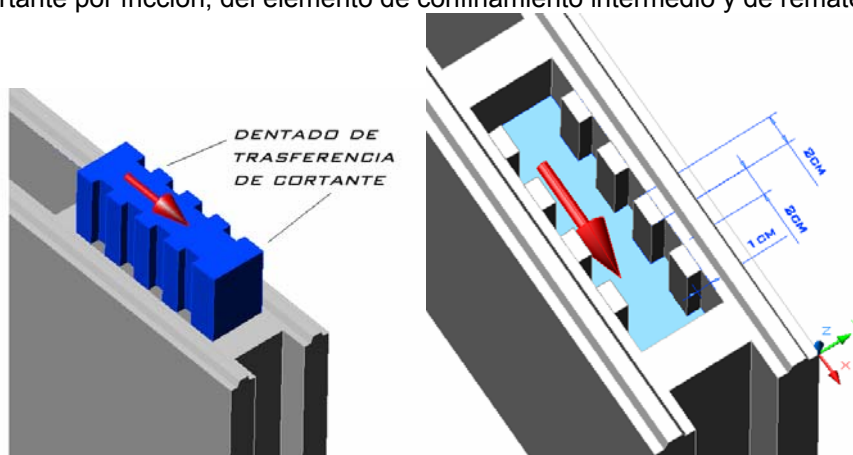


FIGURA 114. DISEÑO DIENTES A CORTANTE DENTRO DEL ELEMENTO DE CONFINAMIENTO

Esta metodología se puede hacer extensiva, a los Bloques para los otros elementos de confinamiento en forma de cruz y de t, que con la metodología anterior, requerían de modificar la dimensión del travesaño,

Con el nuevo diseño, los elementos en forma de T, tienen el aporte de 4 dientes en cada dirección y de 4 travesaños de 3cm, lo que suma una resistencia ultima a cortante de 51.2Kn, Suficiente para resistir una sollicitación por parte del elemento de Confinamiento de 48Kn, lo

que permite continuar con el prediseño inicial (figuras 11 y12), agregando claro, cuatro dientes por dirección (figura 96).

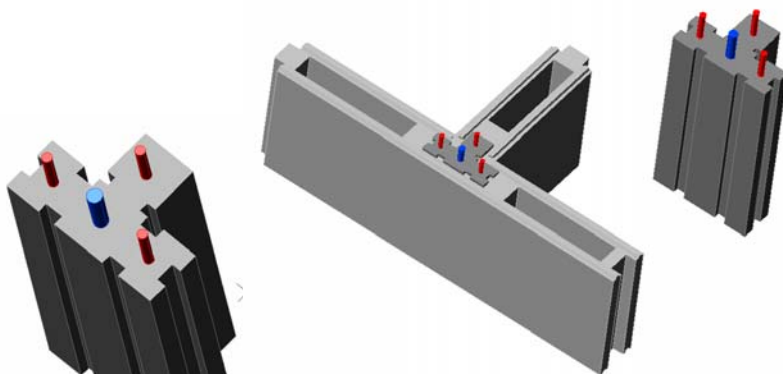


FIGURA 115. DISEÑO DIENTES A CORTANTE ELEMENTO T.

En el elemento de confinamiento en cruz, con cuatro aceros de ¼” para transferencia, se logra una resistencia última a cortante por fricción de 64Kn. La más alta de todos los elementos de confinamiento, para aumentar el área resistente a cortante se añade 6 dientes en cada dirección en la parte interna del modulo como se muestra en la figura 97.

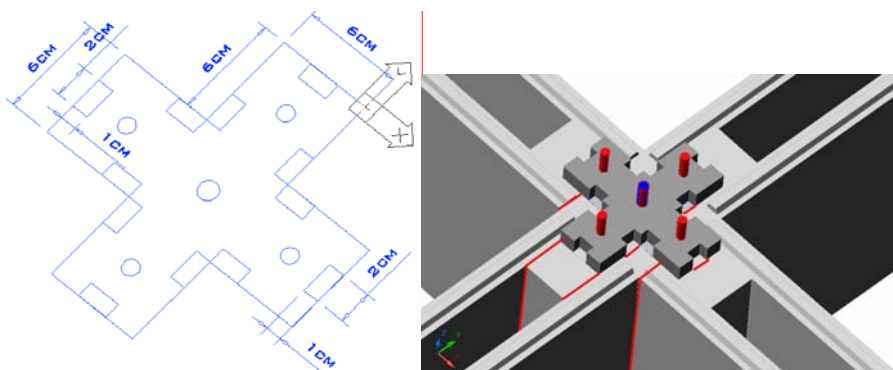


FIGURA 116. DISEÑO DIENTES A CORTANTE DENTRO DEL MODULO EN CRUZ.

El bloque de concreto simple, en el que esta embebido el elemento de confinamiento, transfiere en compresión por medio de las aletas el cortante entre los elementos verticales de confinamiento,

Las áreas transversales del bloque, que debe tener una resistencia a cortante entre los planos marcados en rojo de la figura anterior, superior a la resistencia a cortante por fricción, de la cara en forma de cruz marcada con azul en la grafica anterior, se dimensiona según:

$$\Phi V_n = 6 \cdot 3 + 2 \cdot 9.82 + 2 \cdot 1.5 \cdot 9 = 64.6 \text{KN} \geq 64 \text{KN} \text{ ok.}$$

El resultado anterior muestra que el modulo de concreto en cruz, requiere de 6 dientes, dos secciones de espesor de 3 cm y un travesaño de 9cm, para cumplir la solicitaciones, con lo cual, el diseño inicial para el bloque de concreto en cruz, cambia del de la figura 9, al antes descrito.

En conclusión, el dotar con dientes de cortante a los módulos de concreto, permite conservar las dimensiones, del prediseño inicial para todos los elementos, a excepción de elemento en cruz. Que requiere adicional a los dientes un travesaño de 9cm, perimetral al elemento de confinamiento.

Los elementos de confinamiento, todos deben ser reforzados, con acero de transferencia, máximo de un cuarto de pulgada y los elementos de remate medios, solo deben llevar una barra se transferencia de cortante.

Con todo esto, la resistencia final de los elementos verticales de confinamiento lateral, resume en la siguiente tabla:

Nº BARRAS	BARRAS DE	ÁREA POR BARRA	AREA DE LAS BARRAS	ÁREA CONCRETO E.C.L (MM)	ρ	\sqrt{N} (MPA) MÁX.	VN (KN)	ϕ VN (KN)
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO EN L								
2	1/4"	32	64	10800	0,0059	3,5	37,6	32,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO CRUZ								
4	1/4"	32	128	18000	0,0071	4,2	75,3	64,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO TE (T)								
3	1/4"	32	96	14400	0,0067	3,9	56,4	48,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO SIMPLE								
1	1/4"	32	32	7200	0,0044	2,6	18,8	16,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO DOBLE								
2	1/4"	32	64	11400	0,0056	3,3	37,6	32,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO DE REMATE MACHO								
1	1/4"	32	32	11400	0,0028	1,7	18,8	16,0
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO DE REMATE HEMBRA								
1	1/4"	32	32	8400	0,0038	2,2	18,8	16,0

TABLA 10. RESISTENCIA MÁXIMA PERMITIDA DEFINITIVA POR ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO LATERAL

El contenido de la tabla 10, se presenta la resistencia definitiva permitida por cada elemento de confinamiento,

Su contenido, reemplaza el de las tablas 9 y 4.

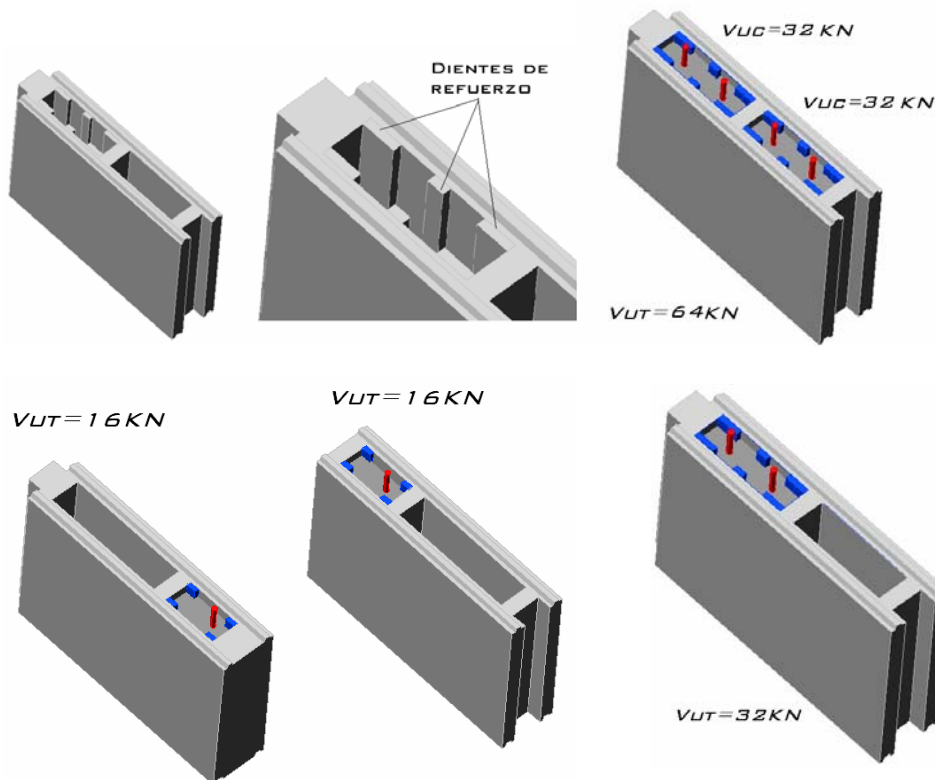


FIGURA 98. E.C.L INTERMEDIO CON UNA Y DOS GELDAS PARA REFUERZO

FIGURA 117. E.C.L REMATE SIMPLE

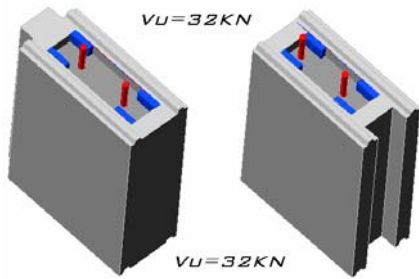


FIGURA 118. E.C.L. REMATE MEDIO

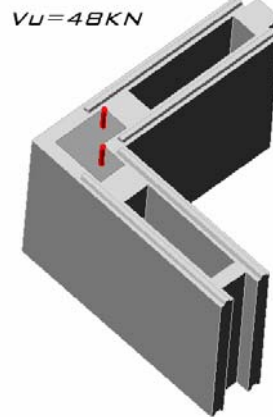


FIGURA 119. E.C.L. EN L

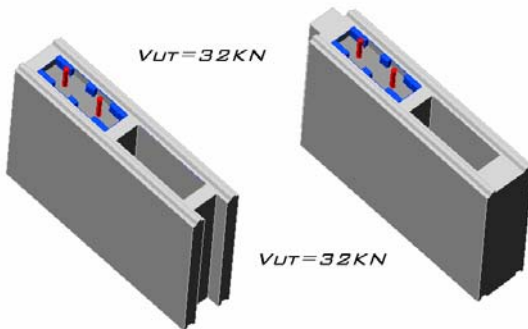


FIGURA 120. E.C.L. REMATE DOBLE

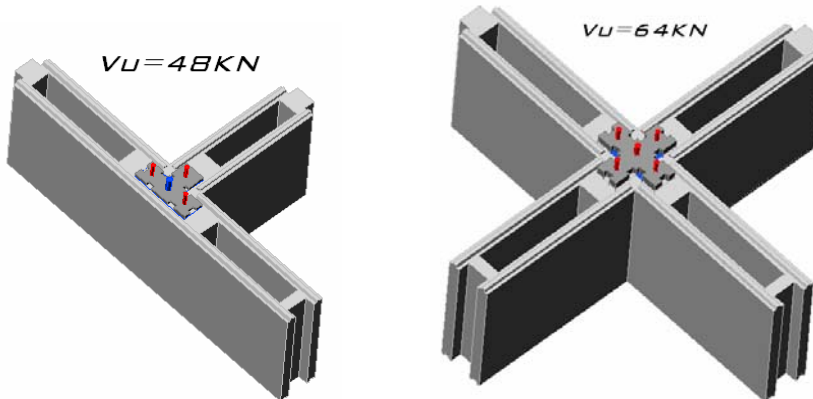


FIGURA 121. E.C.L. EN T

FIGURA 122. E.C.L. EN CRUZ

FIGURA 123

LOS DIENTES SON FUNDIDOS MONOLÍTICAMENTE COMO UN TODO, AL FUNDIR EL MÓDULO, SON AZULES PARA RESALTAR SU PRESENCIA Y UBICACIÓN DENTRO DE LAS CAVIDADES.

Los elementos de confinamiento pueden soportar en transferencia de cortante, los valores máximos, descritos en las figuras anteriores (figura 98-105).

Estos valores garantizan que los módulos de concreto, sean lo suficientemente fuertes, para producir los planos de fricción en los elementos de confinamiento,

Nota especial:

Los dientes de refuerzo de los elementos de concreto, pueden tener diversos estilos, a continuación se muestra el diseño definitivo de los dientes en los elementos, que se pretenden inyectar para formar elementos de confinamiento.

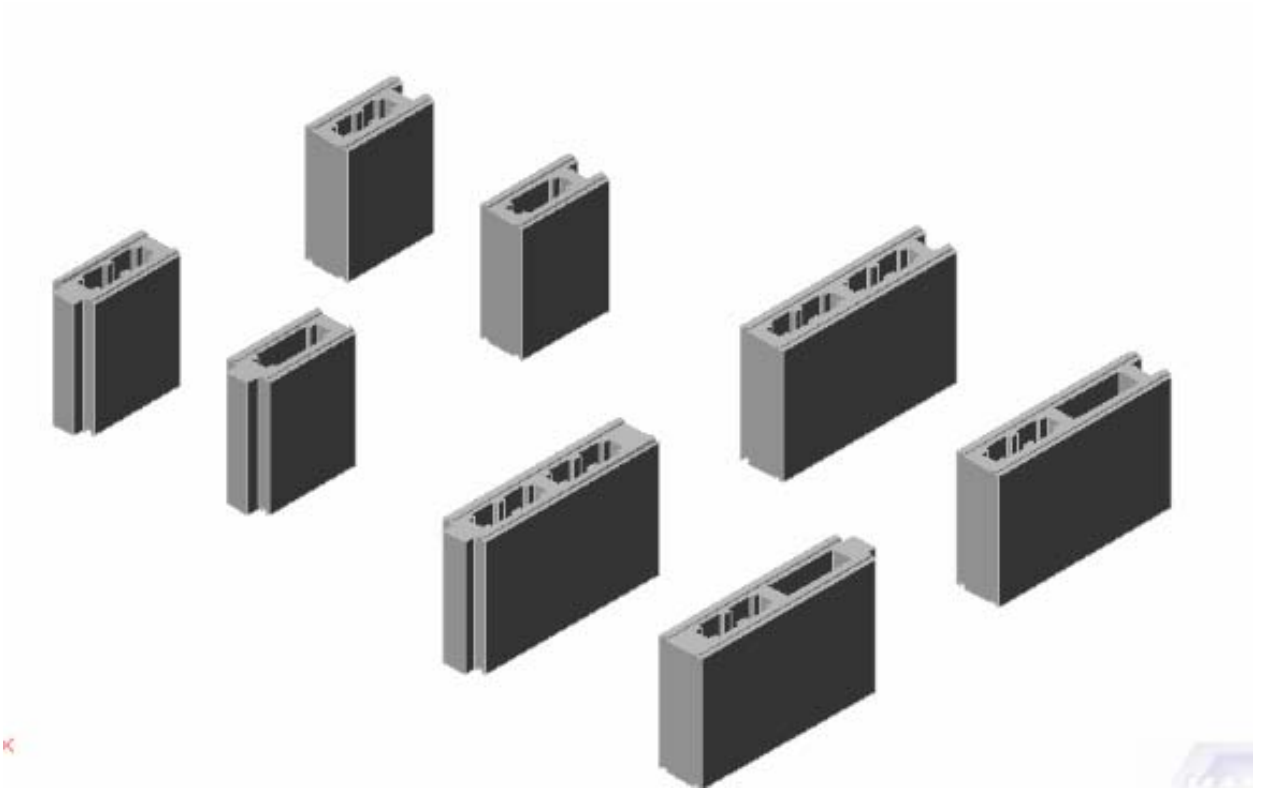


FIGURA 124. ELEMENTOS DE REMATE REFORZADOS CON DIENTES PARA INYECCIÓN

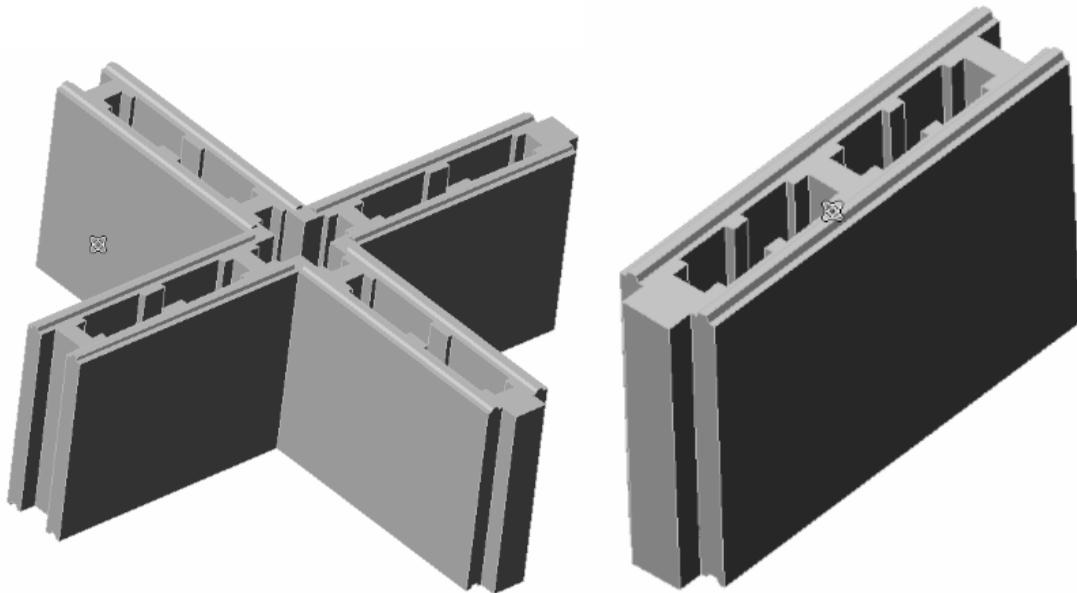


FIGURA 125. ELEMENTO EN CRUZ REFORZADOS CON DIENTES PARA INYECCIÓN

FIGURA 126. ELEMENTO INTERMEDIO REFORZADOS CON DIENTES PARA INYECCIÓN

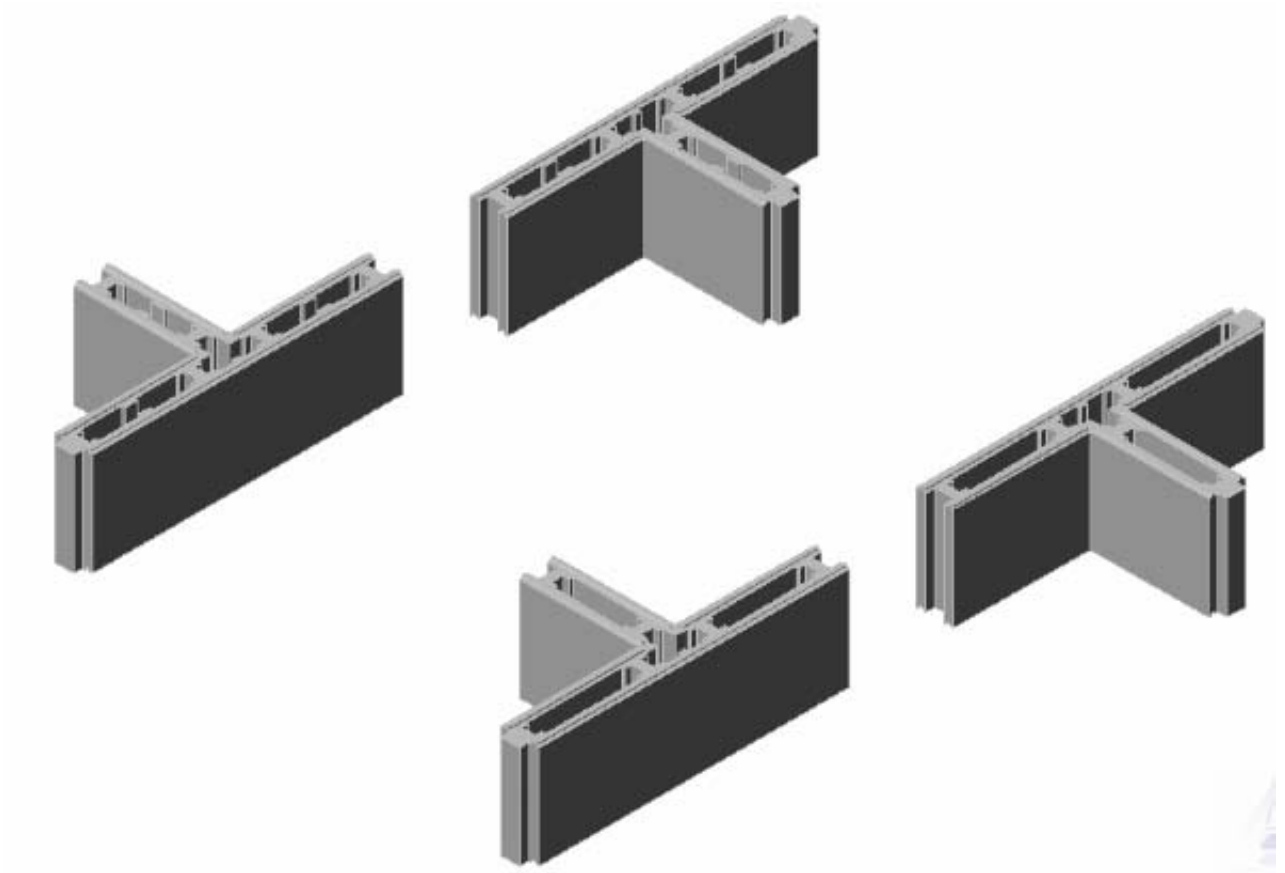


FIGURA 127. ELEMENTOS EN T CON DIENTES PARA INYECCIÓN

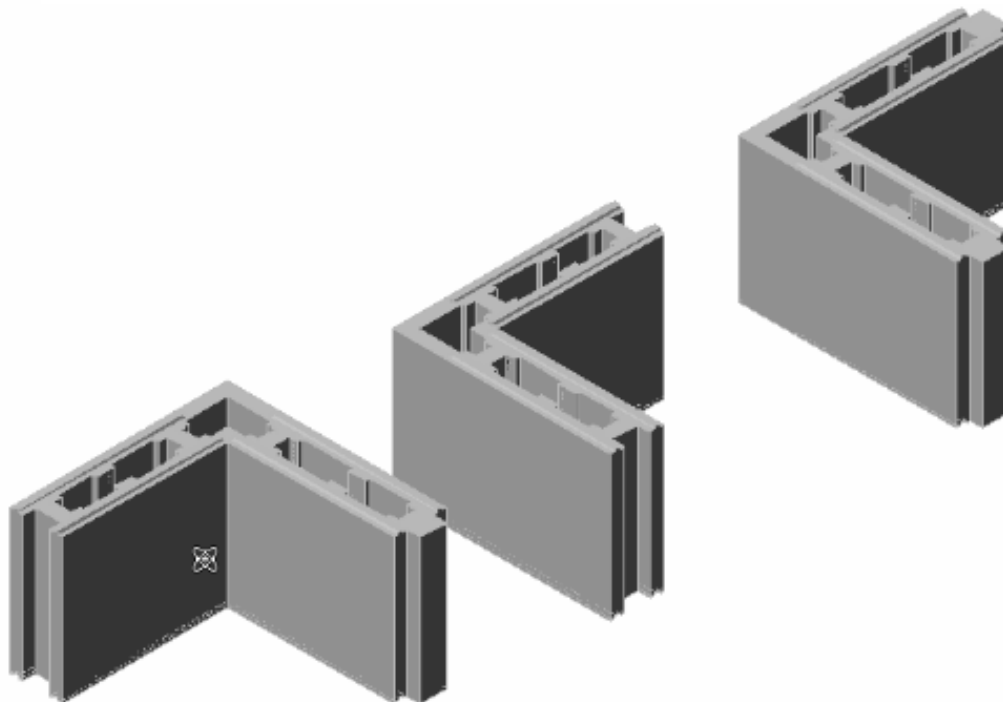


FIGURA 128. ELEMENTOS EN L CON DIENTES PARA INYECCIÓN

UNION MUROS –DIAFRAGMAS.

Los bloques de mampostería deben transmitir a la cimentación y a los entrepisos las fuerzas cortantes acumuladas por fricción dentro del muro.

Para la primera hilada de bloques, se inyectan sus celdas completas, mientras la cavidad de los elementos de confinamiento, se inyecta hasta la mitad,

Esto genera un elemento de confinamiento monolítico, en la unión entre bloques, donde se espera se genere el plano de falla y en consecuencia el cortante por fricción. Figura 106.

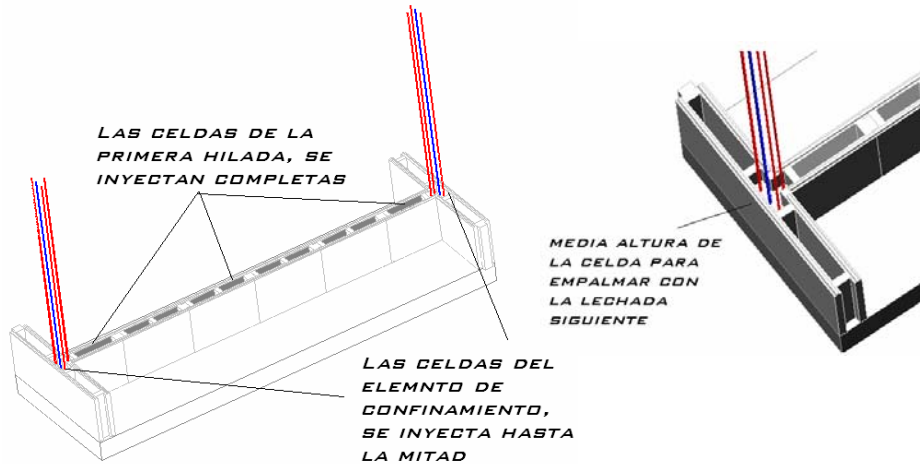


FIGURA 129. INYECCIÓN DE CELDAS EN LA PRIMERA HILADA.

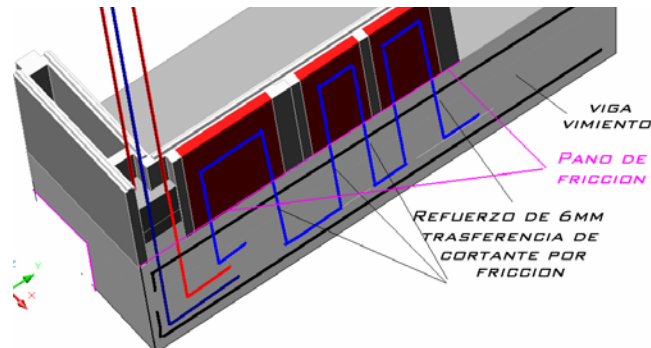


FIGURA 130. REFUERZO DE TRANSFERENCIA DE CORTANTE ENTRE LA CIMENTACIÓN Y LA PRIMERA HILADA

Con la misma metodología de resistencia a cortante por fricción, empleada para los elementos de confinamiento, se transfiere la carga lateral actuante en el plano del muro a la cimentación, figura 107.

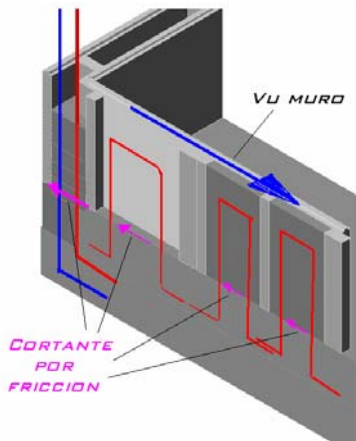


FIGURA 131. REFUERZO DE TRANSFERENCIA DE CORTANTE ENTRE LA CIMENTACIÓN Y LA PRIMERA HILADA

LOS ACEROS EN FORMA DE U, TRABAJAN A TRANSFERENCIA DE CORTANTE, Y GENERAN LA FUERZA DE CORTANTE QUE TRASMITEN LOS BLOQUES, A LA CIMENTACIÓN. TODOS LOS BLOQUES DE LA PRIMERA HILADA, SON DE TRAVESAÑO REFORZADO (FIG.114) Y LAS GELDAS SE INYECTAN EN TODA LA ALTURA, LOS ACEROS DE TRANSFERENCIA SE ANCLAN EN LA CIMENTACIÓN.

Con este refuerzo, en la mampostería, se busca transferir el cortante en la dirección del plano del muro y dar estabilidad empotrando la primera hilada en la dirección perpendicular al plano del mismo.

Los aceros de transferencia del elemento de confinamiento, anclados en la cimentación, transfieren la mayor parte del cortante a esta, los aceros de transferencia de la mampostería, transfieren el cortante acumulado, por la fricción interna del muro,

La metodología de cortante por fricción para concretos vaciados sobre concreto endurecido, reduce el coeficiente de rozamiento de $\mu=1.4$ para concreto fundido monolíticamente a $\mu=0.6$, para concreto fundido contra concreto endurecido.

Nº BARRAS	BARRAS DE	ÁREA POR BARRA	AREA DE LAS BARRAS	ÁREA CONCRETO E.C.L (MM)	ρ	\sqrt{N} (MPA)	\sqrt{N} (MPA) MÁX.	VN (KN)	ϕ VN (KN)
BLOQUE INTERMEDIO CON DOS BARRAS POR CELDA PRIMERA HILADA									
2	6MM	28,3	56,6	11400	0,0050	1,3	1,3	14,3	12,1
4	6MM	28,3	113,2	22800	0,0050	1,3	1,3	28,5	24,2

TABLA 11. RESISTENCIA A CORTANTE MODULO INTERMEDIO PRIMERA HILADA, CON UNA Y DOS GELDAS INYECTADAS. $M=0.6$

En la tabla anterior (tabla 11)= se muestra la resistencia ultima alcanzada por las celdas inyectadas en la primera hilada, debido a cortante por fricción, con $\mu=0.6$, para concreto fundido, sobre concreto endurecido, de los resultados antes descritos, se evidencia, que los bloques, intermedios de la primera hilada, deben ser todos dentados, pues los travesaños solos, no alcanzan a transferir el cortante.

Si todas la celdas se inyectan y el refuerzo de transferencia, son barras de 6mm en forma de u, cada bloque aportaría un cortante ultimo por fricción de 24.2Kn.

Para el muro de ejemplo, los bloque inyectados de la primera hilera alcanzarían una resistencia en cortante por fricción de: $\phi V_m = 4 \cdot 24.2 + 2 \cdot 12.1 = 121 \text{Kn}$.

Es un aporte bastante alto, pero, al igual el elemento de confinamiento lateral pierde resistencia a cortante en el plano de unión con la cimentación, pues el concreto en este punto, no es fundido monolíticamente, como en el resto de su longitud, en este punto μ decae de 1.4 a 0.6, el resultado de esta disminución se muestra en la siguiente, tabla 12.

Nº BARRAS	BARRAS DE	ÁREA POR BARRA	AREA DE LAS BARRAS	ÁREA CONCRETO E.C.L (MM)	ρ	\sqrt{N} (MPA)	\sqrt{N} (MPA) MÁX.	VN (KN)	ϕV_N (KN)
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO EN L									
2	1/4"	32	64	10800	0,0059	1,5	1,5	16,1	13,7
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO CRUZ									
4	1/4"	32	128	18000	0,0071	1,8	1,8	32,3	27,4
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO TE (T)									
3	1/4"	32	96	14400	0,0067	1,7	1,7	24,2	20,6
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO SIMPLE									
1	1/4"	32	32	7200	0,0044	1,1	1,1	8,1	6,9
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO INTERMEDIO DOBLE									
2	1/4"	32	64	11400	0,0056	1,4	1,4	16,1	13,7
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO DE REMATE MACHO									
2	1/4"	32	64	11400	0,0056	1,4	1,4	16,1	13,7
ELEMENTO VERTICAL DE CONFINAMIENTO DE REMATE HEMBRA									
2	1/4"	32	64	8400	0,0076	2,2	2,2	18,4	15,6

TABLA 12. RESISTENCIA A CORTANTE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO PRIMERA HILADA, UNIÓN CON LA CIMENTACIÓN $\mu=0.6$.

En la tabla anterior, tabla anterior. Se resume, los valores de cortante por fricción de los elementos de confinamiento, para la unión con la cimentación, donde el coeficiente de fricción se reduce, para el muro de ejemplo, los elementos de confinamiento en forma de T, bajaron su resistencia de 96 a 41.2Kn, es decir perdió 54.8Kn, que son compensados por el incremento de cortante suministrado por la mampostería inyectada de la primera hilada.

Cortante de la unión muro cimentación, es la suma del aporte de los bloque mas el aporte de los elementos de confinamiento,

$$\phi V_n(\text{Muro}) = \phi V_n(\text{mamp}) + \phi V_n(\text{E.C.L}) = 121 + 41.2 = 162.2 \text{KN}$$

El cortante último a la altura de la cimentación equivale al cortante basal, para el muro de ejemplo, varia según la zona de amenaza sísmica, como se muestra en la figura 53.

Donde se observa que el cortante basal para la zona de amenaza sísmica 10, la más alta tiene un valor de 159Kn.

Con ello se comprueba, que la unión muro-cimentación cumple a cortante, aun sin tener en cuenta el aporte de la compresión por flexión en el calculo de la fuerza de fricción de la unión muro cimentación.

Para el primer nivel de fricción, es decir entre la primera y la segunda hilada, el elemento de confinamiento, se comporta como monolítico, al detallar la unión de la forma descrita en las figuras 106 y 109, por ende, el valor del coeficiente de rozamiento $\mu=1.4$, recupera, la resistencia a cortante del elemento de confinamiento.

Del análisis anterior, la importancia de empalmar el concreto del elemento de confinamiento en las zonas intermedias del modulo y no a ras con el plano del mismo.

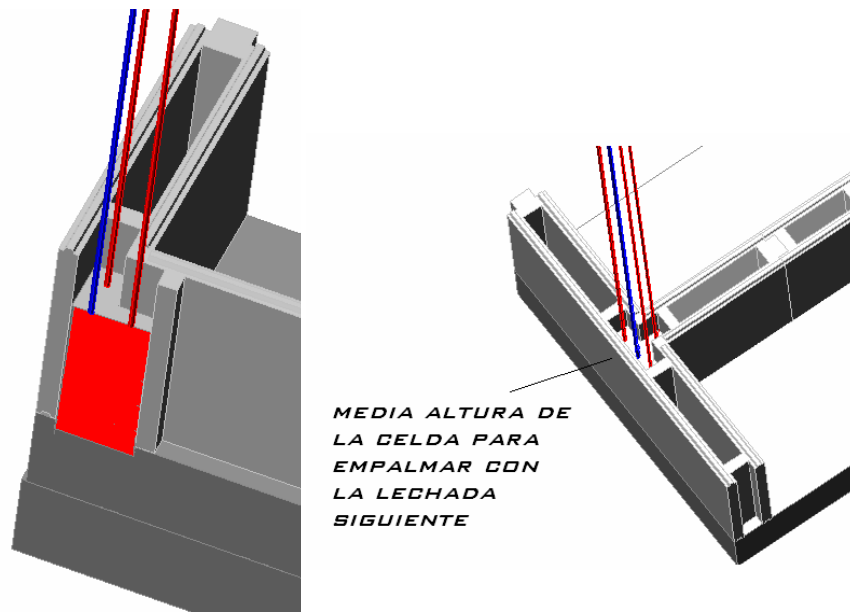


FIGURA 132. DETALLE DEL EMPALME PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO GARANTIZANDO QUE EL ELEMENTO, A LA ALTURA DEL PLANO DE FRICCIÓN, SEA MONOLÍTICO.

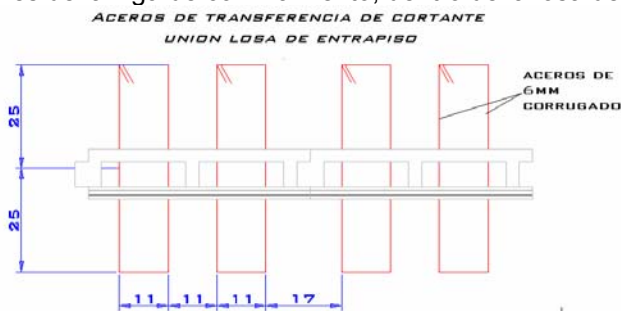
Al igual que los bloques de la primera hilada, deben transmitir el cortante al diafragma de cimentación, los de la última hilada del primer piso deben recibirlos del diafragma de entrepiso, y la primera hilada del segundo piso debe transferirlos al entrepiso, figura 110.



FIGURA 133. DETALLE UNIÓN LOSA ENTREPISO MURO PARA TRANSFERENCIA DE CORTANTE, ACEROS DE TRANSFERENCIA.

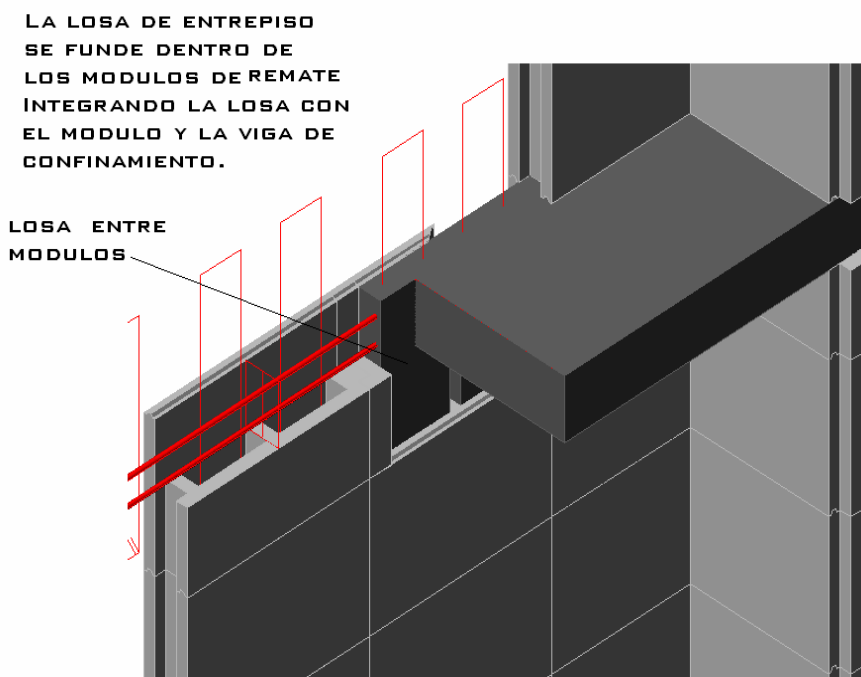
La transferencia de cortante entre entrepiso y mampostería, se realiza por cortante de fricción, mediante la inyección de las celdas de la última hilada del primer piso y la primera del segundo, sobre los aceros de transferencia que se anclan en la losa.

Los aceros de transferencia son flejes de acero corrugado de 6mm De diámetro, con la forma que se muestra en la figura siguiente (Fig. 111), estos aceros se sujetan de las barras longitudinales principales de la viga de confinamiento, dentro de la losa de entrapiso, fig. 110.



**FIGURA 134. FORMA ACEROS DE TRANSFERENCIA DE CORTANTE
POR FRICCIÓN ENTRE LA LOSA DE ENTREPISO Y LOS MURD**

Al igual que en la unión muro cimentación se requiere de inyectar todas la celdas. Los elementos de unión muro losa, están equipados con aletas, que facilitan fundir la losa, dan un mejor aspecto a la cara exterior del muro, y permiten integrar el modulo con la losa empotrando estos bloques a la misma.



**FIGURA 135. UNIÓN LOSA ELEMENTOS DE ENTREPISO CON LOS
ELEMENTOS DE REMATE MURO DEL PRIMER PISO.**

La aleta antes mencionada, permite empalmar los encajes de la cara exterior, de los bloque de la transición en la losa.

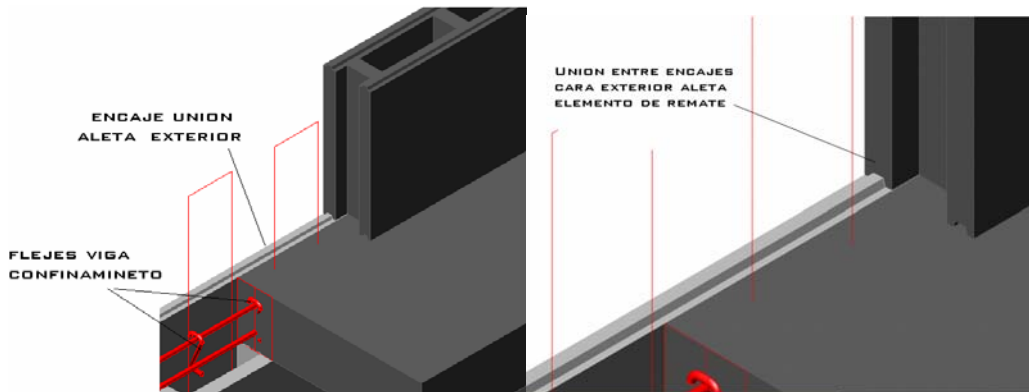


FIGURA 136. EMPALME DEL ENCAJE EXTERIOR UNIÓN MURO PRIMER PISO CON MURO SEGUNDO PISO.

El cortante por fricción generado en cada celda inyectada y reforzado con dos ramas de acero de 6mm, tiene una resistencia ultima $\Phi V_n = 12.1 \text{Kn}$, al inyecta ambas celdas de un mismo bloque, cada bloque transfiere en cortante $\Phi V_{nt} = 24.2 \text{Kn}$, Entre las superficies formadas por la unión del concreto vertido, sobre concreto endurecido.

Los bloques intermedios normales, sus travesaños no alcanzan a resistir este cortante, por ello, para estos elementos inyectados, y los de la unión muro cimentación, se requiere de módulos, con dientes especiales, que incremente la resistencia a cortante de los travesaños de los módulos, como los mostrados a continuación. Figura 114.

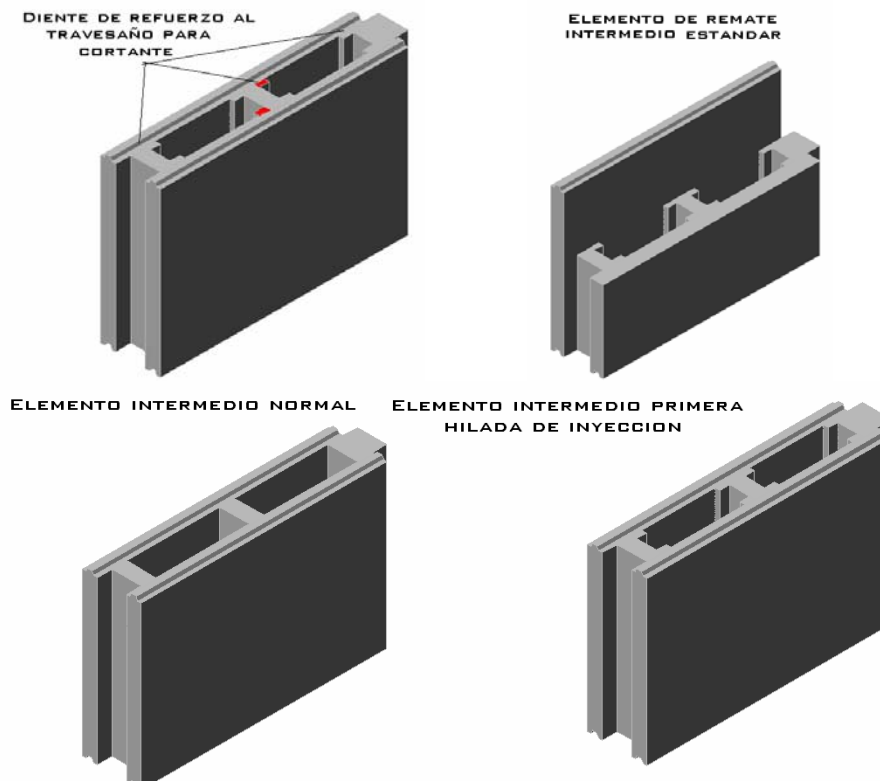


FIGURA 137. REFUERZO TRAVESAÑO ELEMENTOS INTERMEDIOS PARA UNIÓN MURO DIAFRAGMAS.

Los módulos intermedios con refuerzo del travesaño para cortante, son empleados en la unión muro-cimentación y en la unión muro-entrepiso, donde se les inyecta y refuerza para transferir cortante por fricción.

VIGAS DE CONFINAMIENTO.

Los muros deben ser confinados, tanto horizontal como verticalmente, el confinamiento lateral, lo suministran los elementos de confinamiento lateral embebidos entre los módulos de concreto, diseñados especialmente, para este fin.

El confinamiento vertical es suministrado, por vigas, en los diafragmas.

En el entrepiso la viga está embebida, dentro de la losa,

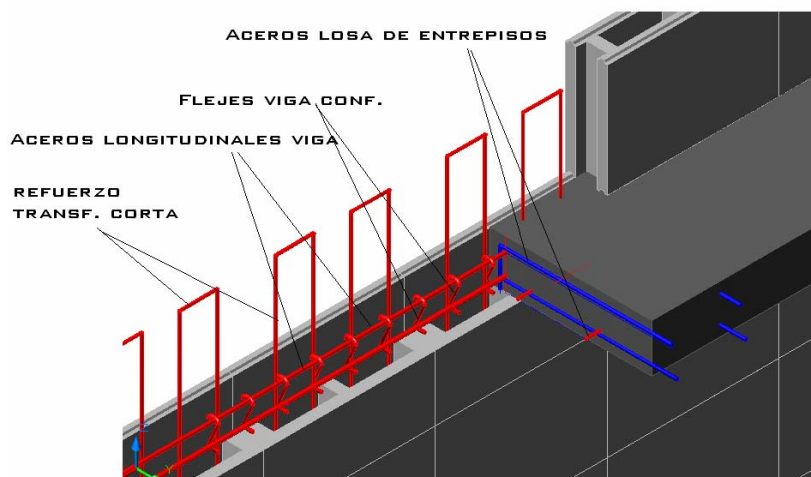
En la cimentación, la viga o la losa de cimentación, cumple esta función.

En el entrepiso de cubierta, la viga está dentro del bloque de remate, para el grupo A, la viga no supera el espesor del muro, pero en el grupo b, de zonas de amenaza sísmica, esta sobresale del muro y contiene mayor refuerzo.

VIGAS DE CONFINAMIENTO EN EL ENTREPISO

Para confinar verticalmente el muro del primer piso, se colocan dentro de la losa maciza de entrepiso, junto con los aceros de refuerzo de esta, los aceros de refuerzo para confinar verticalmente este muro.

Para el grupo a de zonas de amenaza sísmica, los aceros de refuerzo longitudinal, se proyectan como dos barras longitudinales, a las cuales, se les amaran los aceros de refuerzo por transferencia de cortante, como se muestra en la figura 115. Para el grupo b de zonas de amenaza, se requiere de cuatro barras y flejes cuadrados, para la viga de confinamiento de entrepiso, como se muestra en la figura 116



**FIGURA 138. REFUERZO VIGA CONFINAMIENTO DE ENTREPISO
GRUPO A (DOS BARRAS 1./2")**

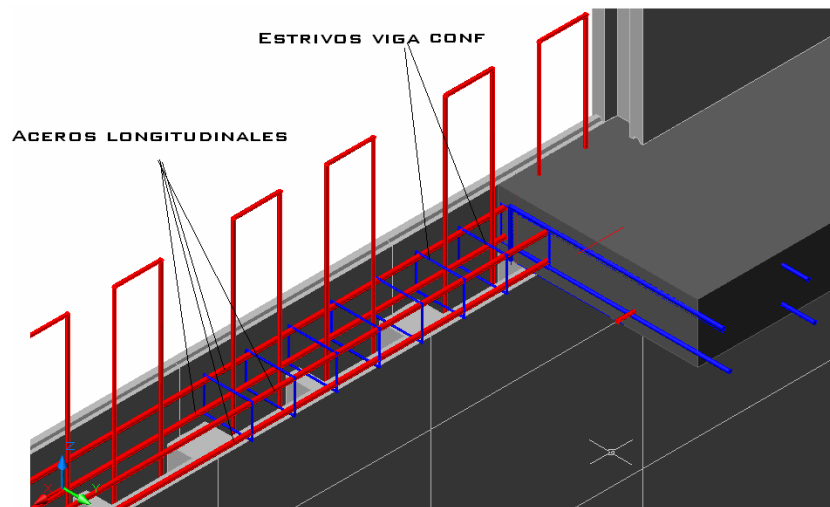


FIGURA 139. REFUERZO VIGA CONFINAMIENTO DE ENTREPISO GRUPO B (CUATRO BARRAS 3/8")

VIGAS DE CIMENTACIÓN.

Las vigas de cimentación, se diseñan de la misma forma que para los demás sistemas constructivos de vivienda, tal como se especifica en la norma sismorresistente, y en ella se anclan los aceros de transferencia por cortante por cortante de la primera Hilda.

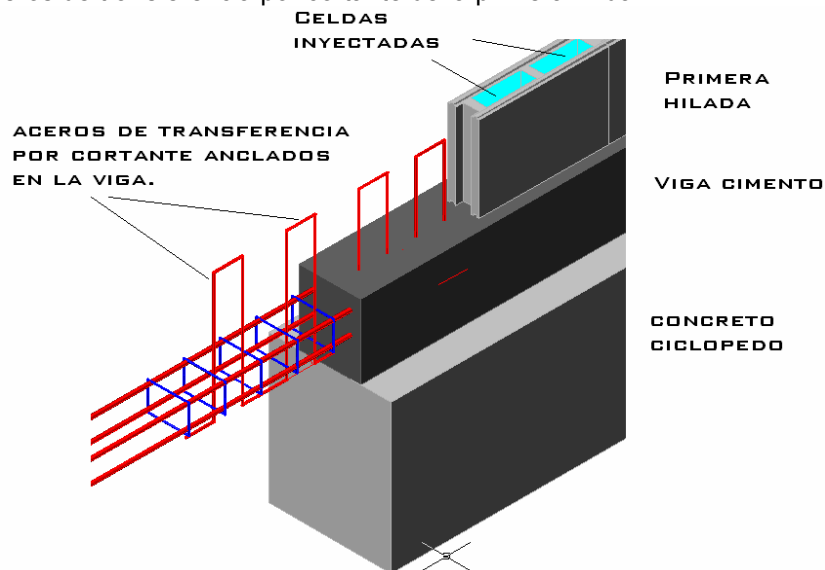


FIGURA 140. DETALLE VIGA CIMENTO, ACEROS DE TRANSFERENCIA ANCLADOS EN LA VIGA.

VIGAS ENTREPISO DE CUBIERTA.

Las vigas del diafragma de cubierta, para el grupo a de zonas de amenaza sísmica, son del mismo diseño, que las de la loza de entrepiso, y quedan embebidas dentro del muro, como se muestra en la figura 118. Dentro de la viga quedan anclados los aceros, que unen los elementos inclinados de culata.

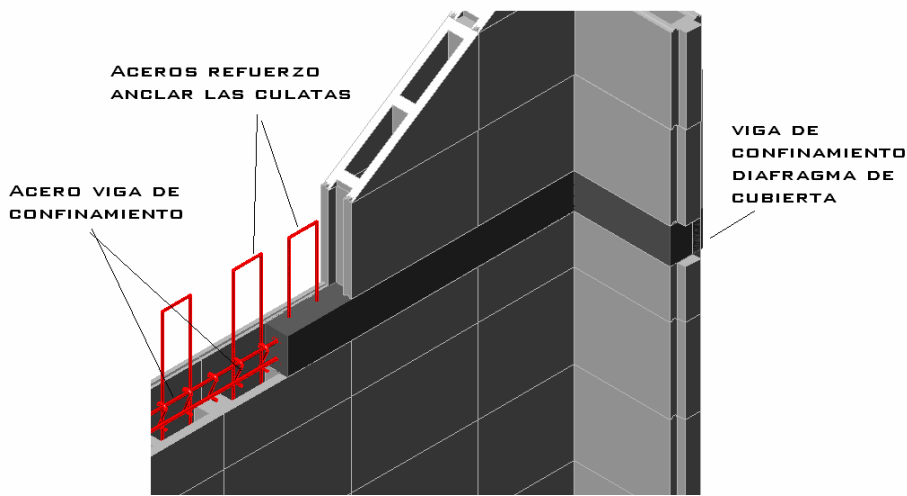


FIGURA 141. DETALLE VIGA CONFINAMIENTO., DE CUBIERTA ACEROS DE TRANSFERENCIA ANCLADOS EN LA VIGA, ZONA A

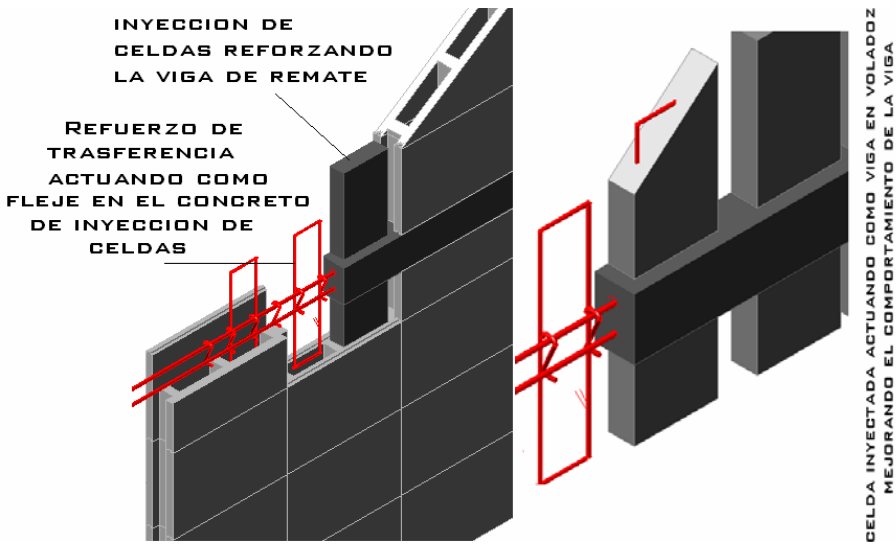


FIGURA 142. EFECTO DE REFUERZO EN LA VIGA, POR ACCION DE LAS CELDAS INYECTADAS.

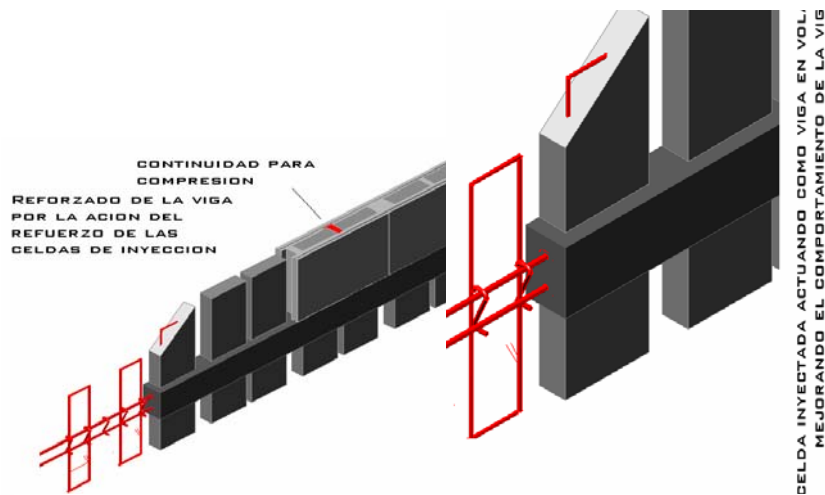
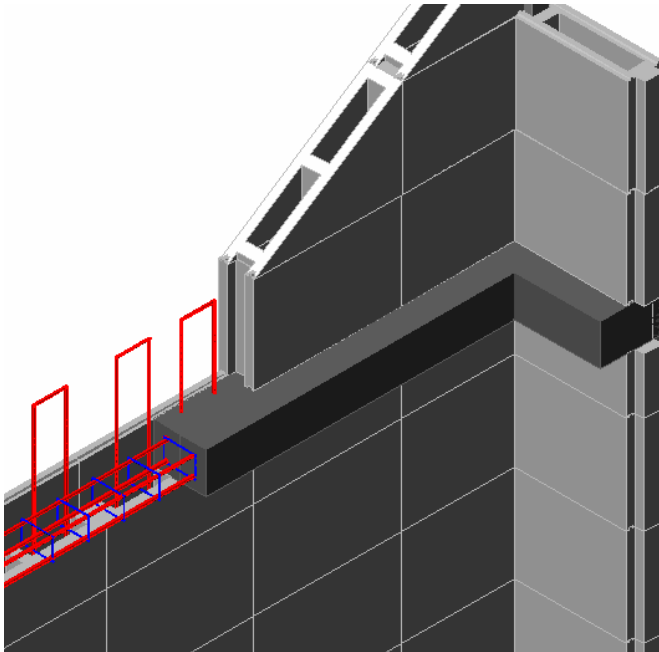


FIGURA 143. INCREMENTO DEL ÁREA EN COMPRESIÓN DE LA VIGA DE CONFINAMIENTO DEL DIAFRAGMA DE TECHO.

El detallado de los aceros, en la losa y las vigas, así como el anclaje de los elementos de confinamiento lateral en las placas y vigas, debe ser realizado, según las disposiciones del código sismorresistente, dadas para el diseño de elementos en concreto,

Para el grupo b, de zonas de amenaza sísmica las vigas del diafragma de cubierta, requieren de mayor refuerzo y por ello en estas zonas las vigas, sobresalen del muro, aumentando el área de concreto, para alojara cuantías mayores de acero, como se muestra en la figura 121.



**FIGURA 144. DETALLE VIGA CONFINAMIENTO,, DE CUBIERTA
ACEROS DE TRANSFERENCIA ANCLADOS EN LA VIGA, ZONA B**

Los módulos de remate entre la unión del muro y las vigas, tiene un diseño especial que se detalla a en la figura 123.

La forma de los elementos de remate losa muro, es empleada en los elementos de dintel, donde el fondo del elemento, funciona como formaleta para fundir la losa, o viga, figura 125. Este dintel se refuerza con los mismos aceros que están presentes dentro de la viga y los elementos de remate, figura 124.

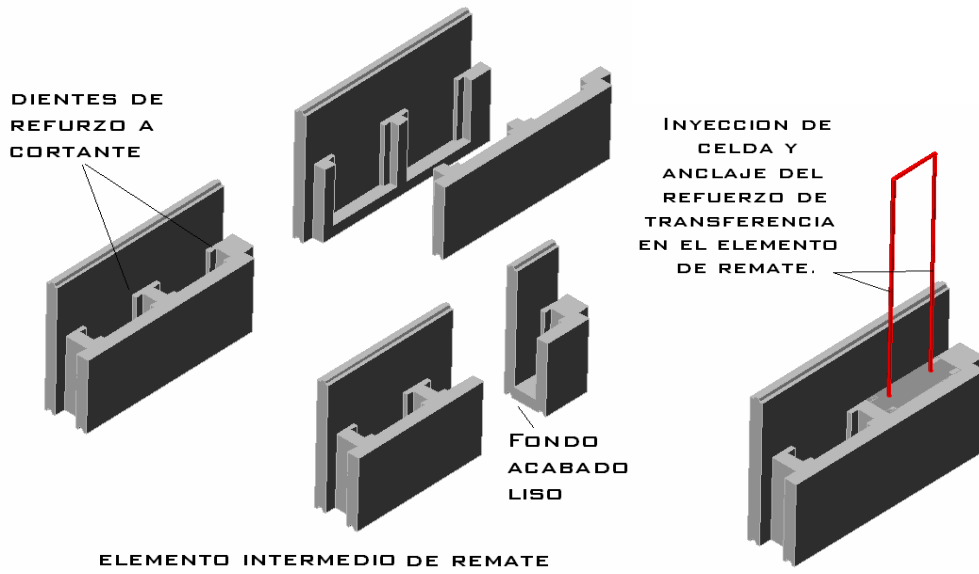


FIGURA 145. DETALLE ELEMENTO DE REMATE UNIÓN MURO DIAFRAGMA

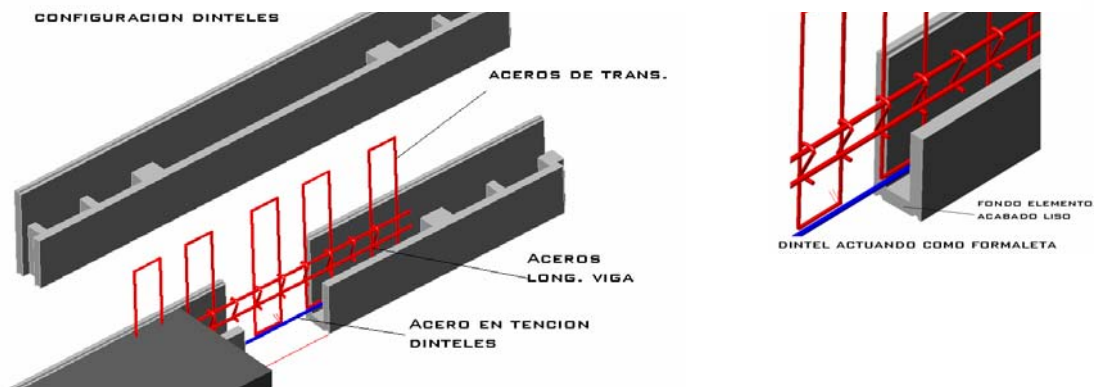


FIGURA 146. DETALLE ELEMENTO DE DINTEL UNIÓN MURO DIAFRAGMA

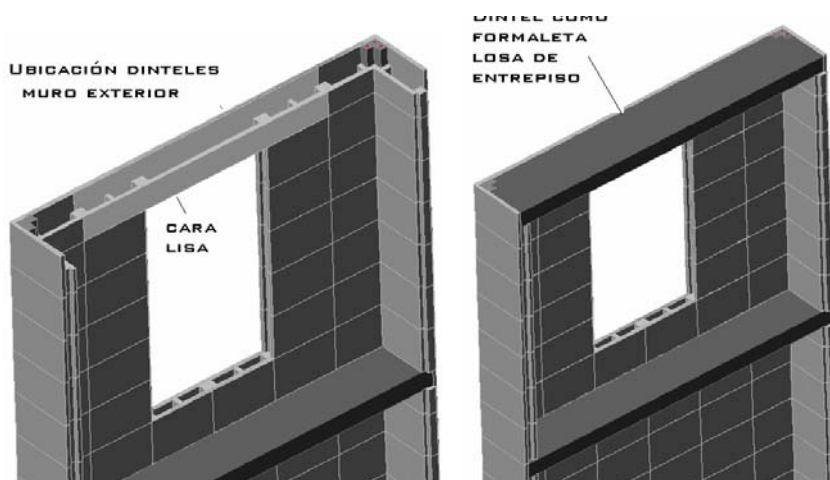


FIGURA 125. DETALLE ELEMENTO DE DINTEL FUNCIONANDO COMO FORMAleta PARA LA LOSA DE ENTREPISO.

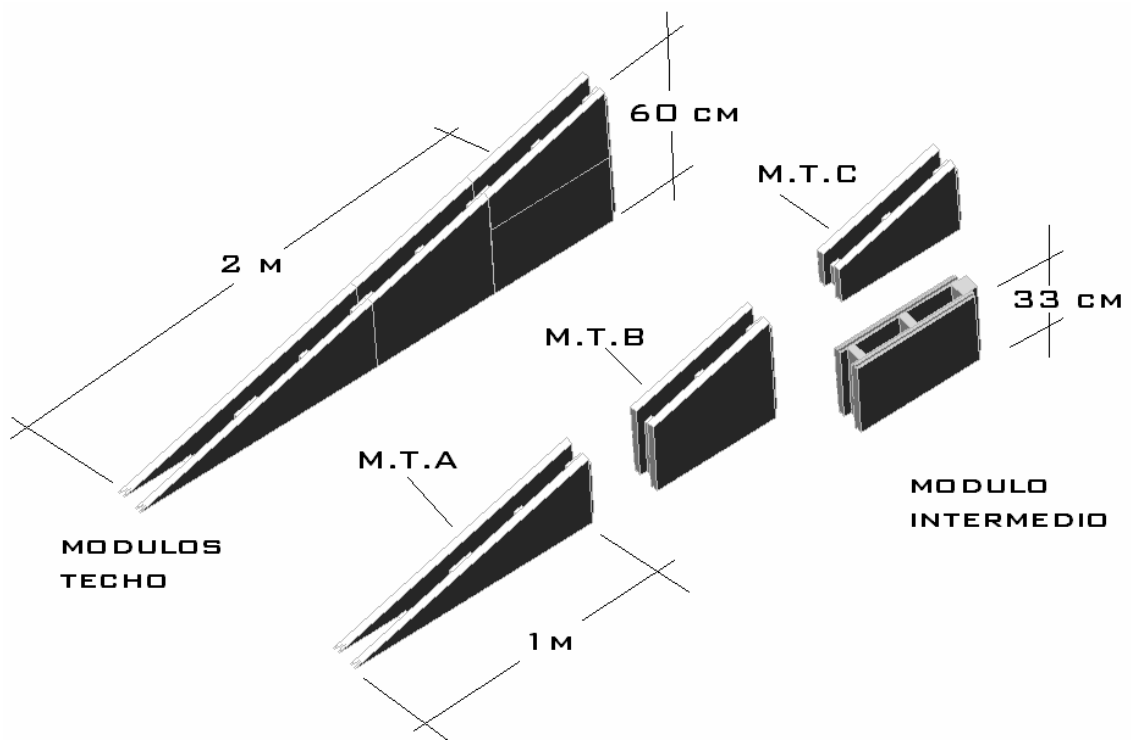


FIGURA 147. DETALLE ELEMENTOS INCLINADOS DE TECHO

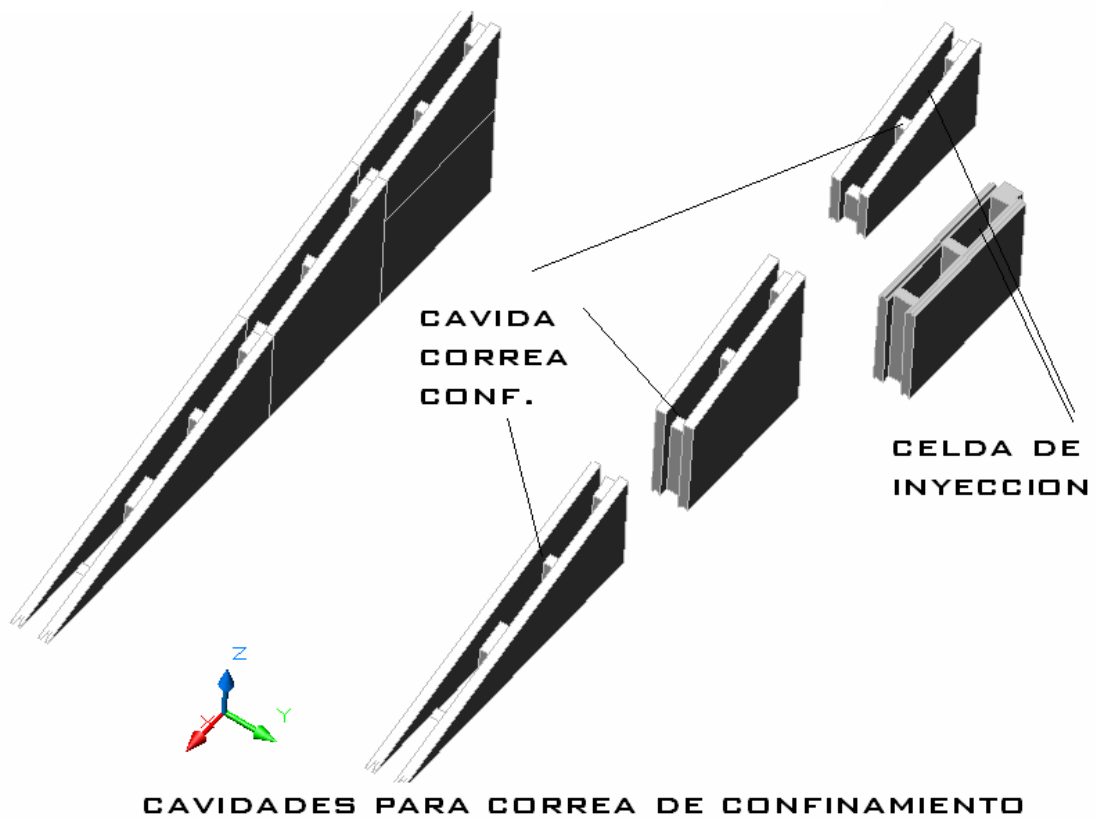


FIGURA 148. CAVIDADES PARA ALOJAR LA CORREA DE CONFINAMIENTO

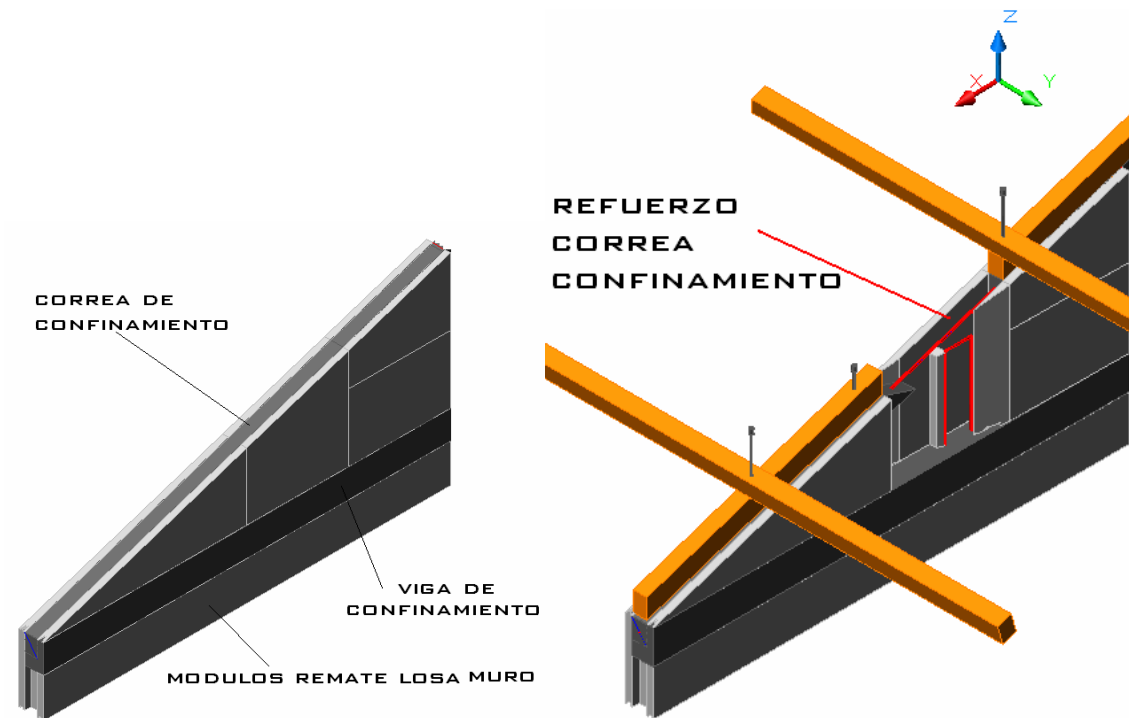


FIGURA 149. DETALLE ACCIÓN CONFINANTE CORREA DE REMATE

Los elementos inclinados para formar las pendientes, del techo tienen una cavidad especial, para alojar la correa de confinamiento, como se muestra en las figuras 126 y 127. La correa tiene una sección transversal de 6cm por 8 cm y su refuerzo es una barra longitudinal, de media 3/8", para las zonas del grupo A, y dos de 3/8" para las del grupo B de zonas de amenaza sísmica donde tiene de sección transversal 9cm por 8cm.

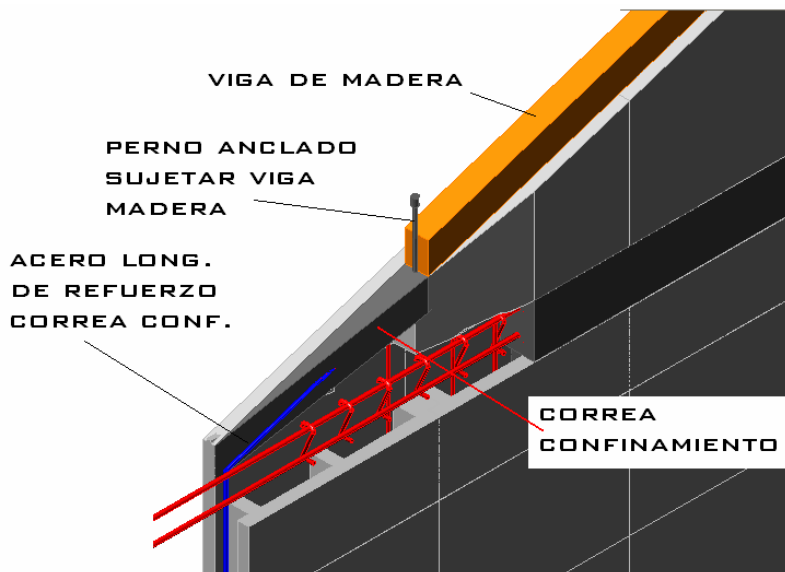


FIGURA 150. DETALLE REFUERZO UNIÓN VIGA CULATAS DE TECHO.

Son tres los elementos esenciales para formar las culatas del techo, el modulo de techo a, (M.t.a) de un metro de largo de altura estándar de 33cm. Y los modulos (M.t.b), y (M.t.c) Como se muestra en las figuras 130 y 131.

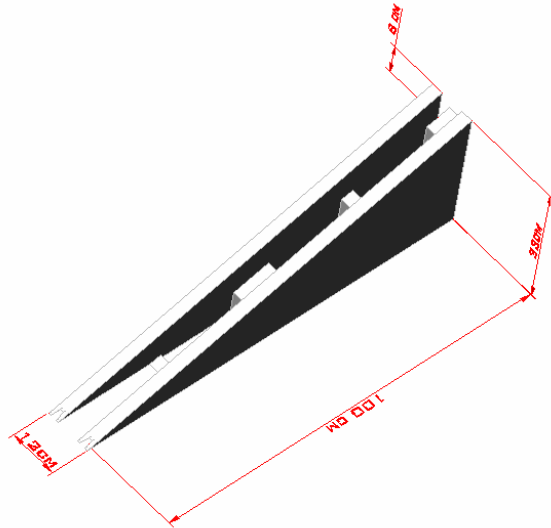


FIGURA 131
M.T.A
MODULO DE
TECHO A

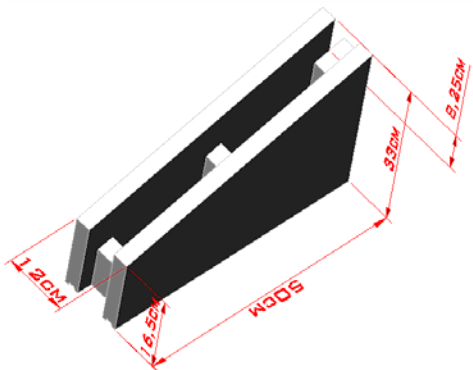


FIGURA 132. M.T.B
MODULO DE TECHO B

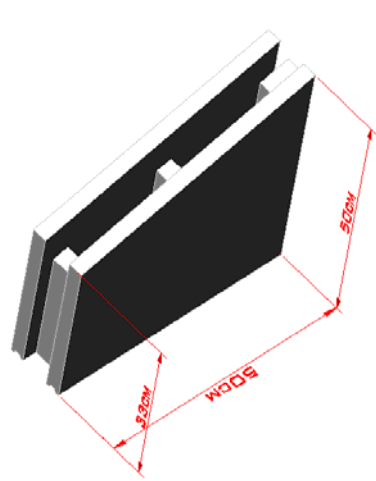
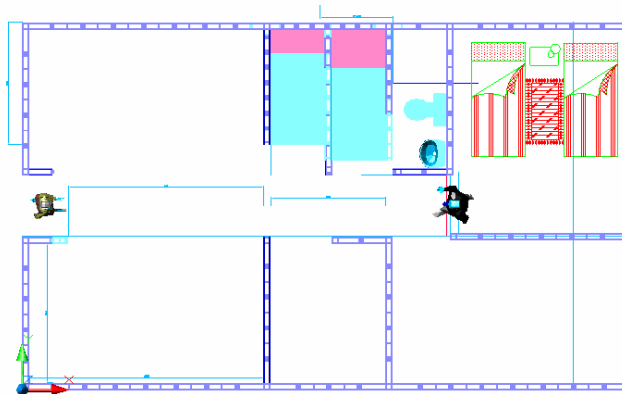


FIGURA 133. M.T.C
MODULO DE TECHO C

La distribución arquitectónica, se planea en función de las medidas patrones de los módulos, la primera hilada con sus celdas inyectadas y los aceros de los elementos de confinamiento anclados determinan la distribución de la estructura.



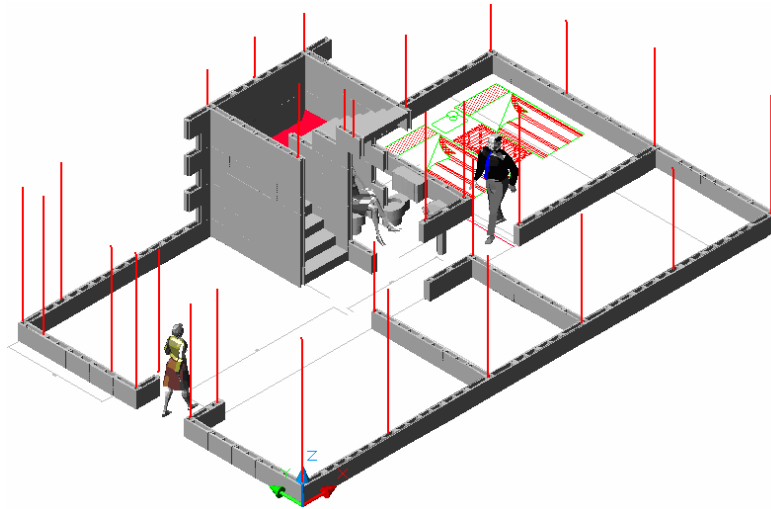


FIGURA 134. *DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA, MARCADA POR PRIMERA HILADA INYECTADA, Y ACEROS DE LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO ANGLADOS EN LA CIMENTACIÓN.*

Las distribución arquitectónica, debe ser diseñada de forma tal que los muros de resistencia sísmica principal, sean continuos en ambos pisos

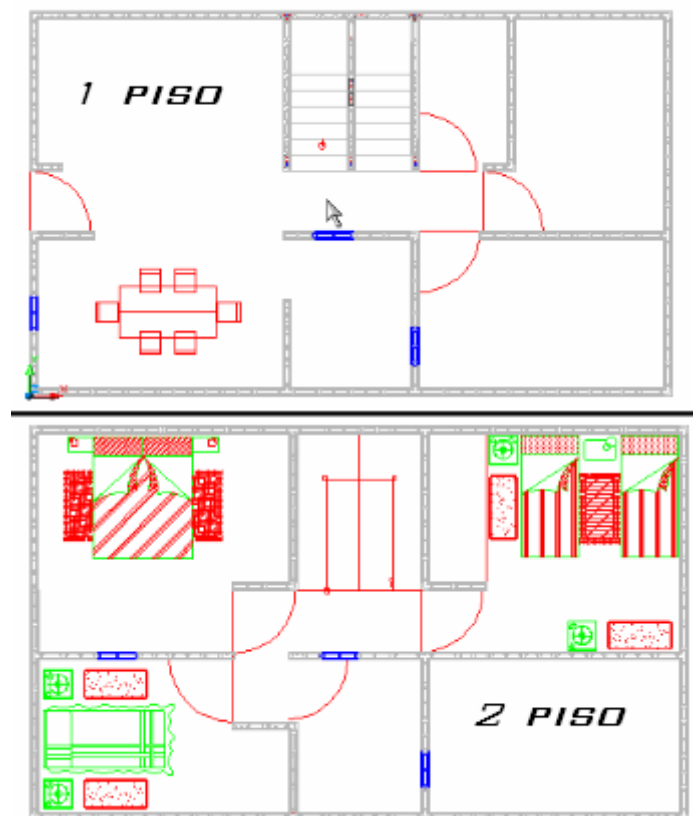
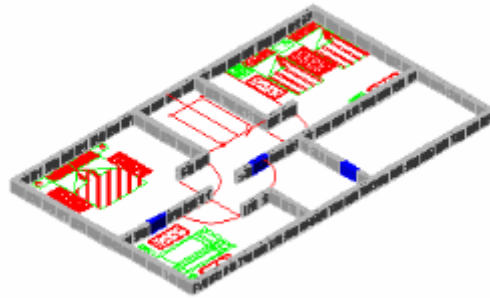


FIGURA 133. *DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA, EN PLANTA COINCIDENTE EN LOS MUROS PRINCIPALES PARA HACERLOS CONTINUOS EN AMBOS PISO*

2º PISO



1º PISO

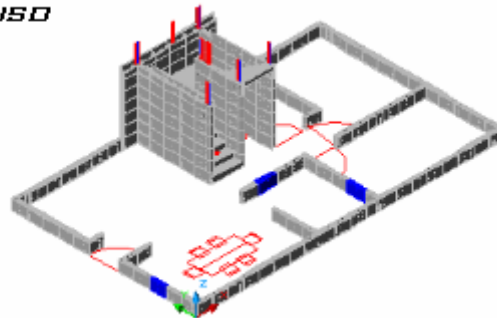


FIGURA 136. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA, EN PLANTA COINCIDENTE EN LOS MUROS PRINCIPALES PARA HACERLOS CONTINUOS EN AMBOS PISO

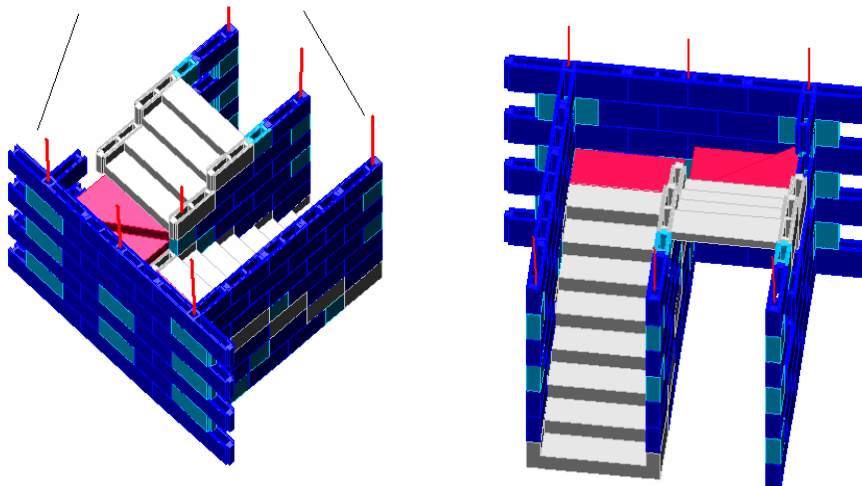
ESCALERAS

Las escaleras, se pueden proyectar fundidas, o prefabricadas con los mismos elementos mapfri, diseñados como se muestra en la siguiente grafica.

MODULOS PREFABRICADOS PARA ESCALERAS.



ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO
FORMAN MAS DIAGRAMAS
FORMAN NUCLEO CONFINADO.



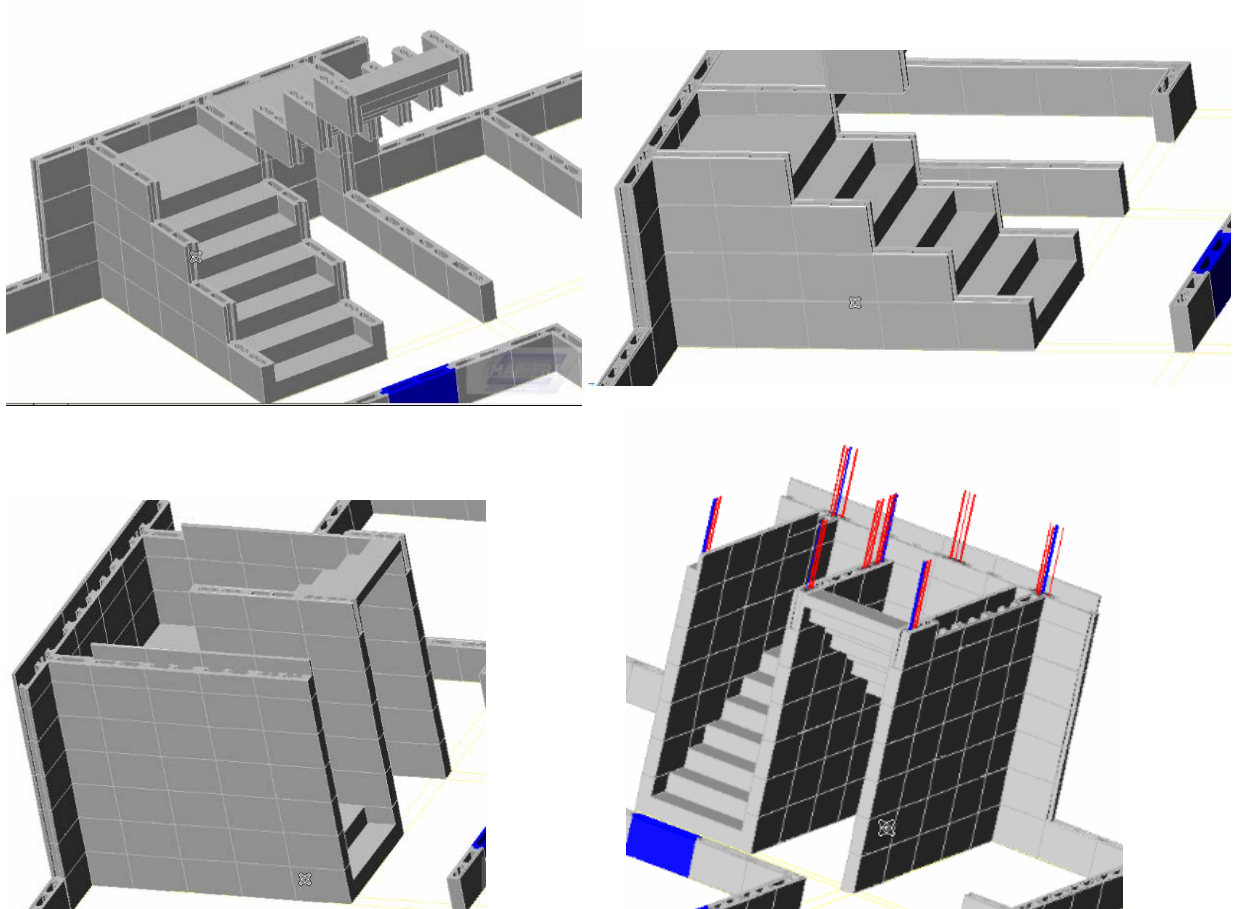


FIGURA 137. ARMADO ESCALERAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS, Y CONFINADO CON ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL.

DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

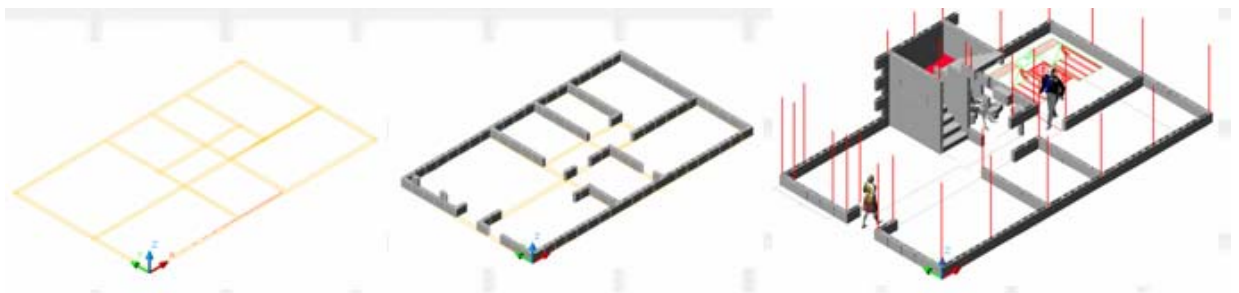


FIGURA 133. MARCADA DE EJES Y PRIMERA HILADA.

El proceso constructivo, se realiza por métodos tradicionales, con mano de obra medianamente calificada, consiste en marcar los ejes de la edificación y dentro de la osa o vigas de cimentación, dejar anclados los aceros longitudinales de los elementos de confinamiento y los aceros de la celda de primera fila como se muestra en la grafica siguiente:

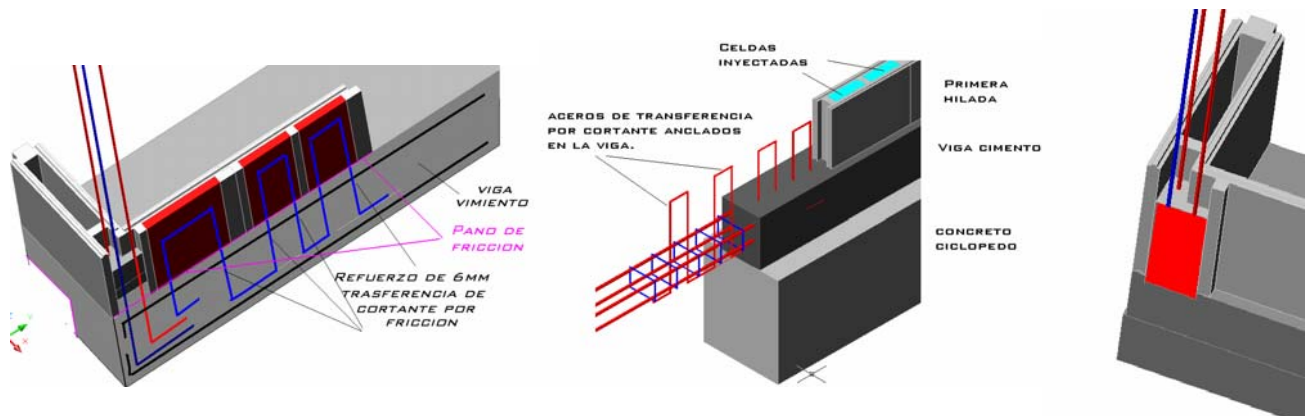


FIGURA 138. ANCLAJE DE ACEROS PRIMERA HILADA Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO LATERAL

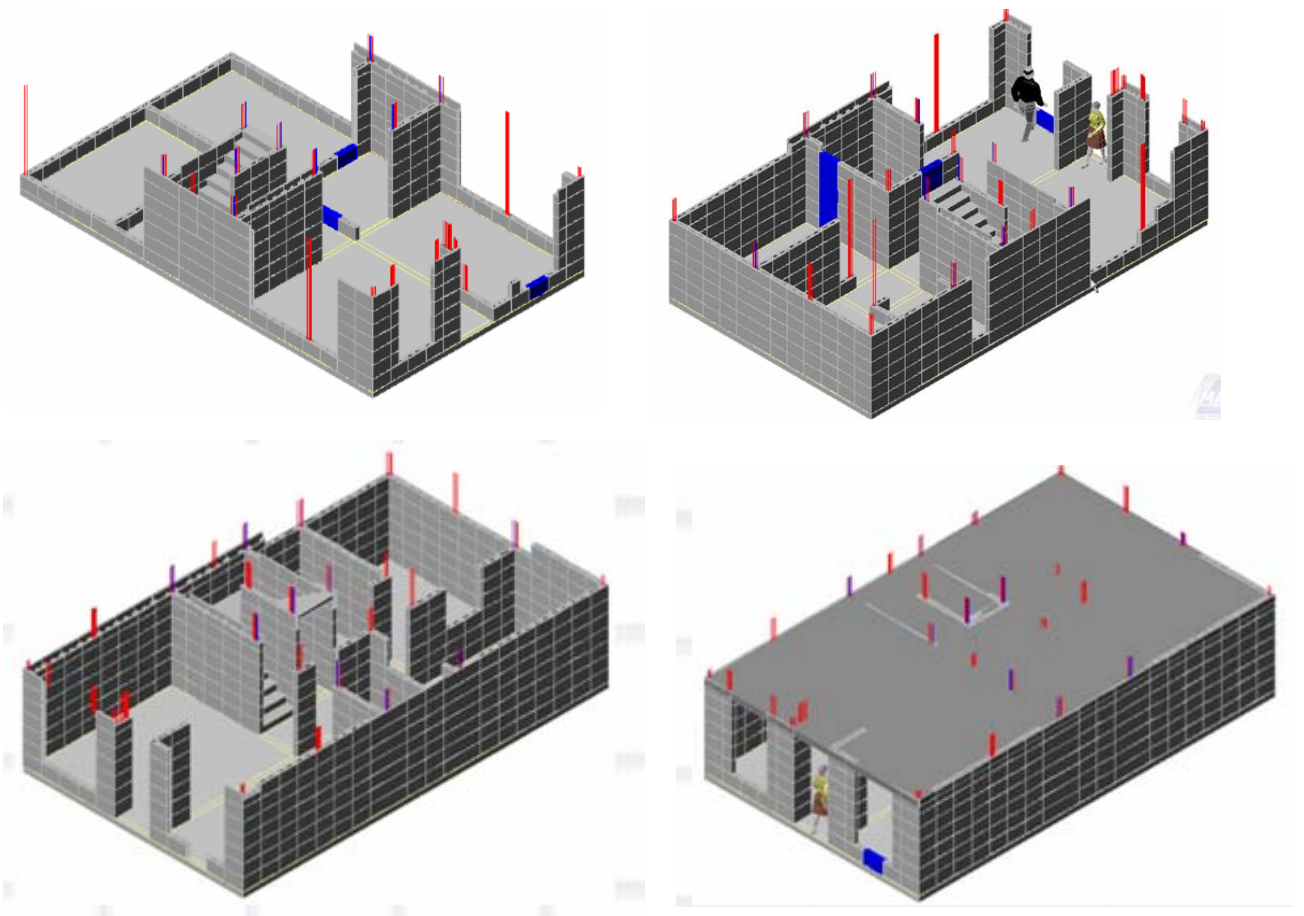


FIGURA 139. SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS

Con la primera hilada inyectada y lista, se procede a levantar los muros, teniendo cuidado, de inyectar, cada 2 o 3 hiladas, para controlar la inyección de los elementos de confinamiento e ir colocando los elementos especiales para conexiones eléctricas.

Nota especial.

La unión entre los muros y los de diafragmas de entrepiso y vigas, se realiza como se menciono anteriormente en la descripción de las vigas.

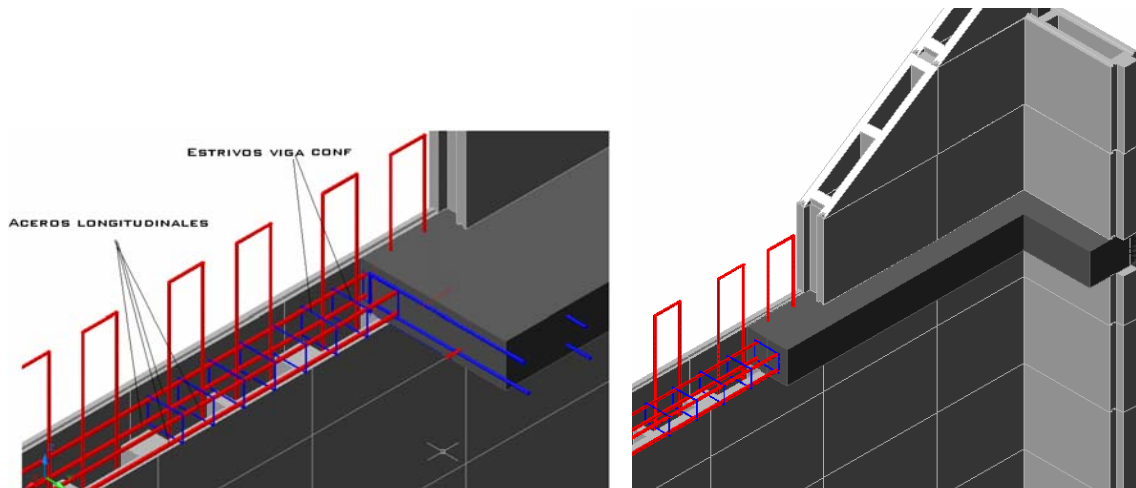


FIGURA 160. VIGAS DE ENTREPISO Y TECHO GRUPO B ZAS.

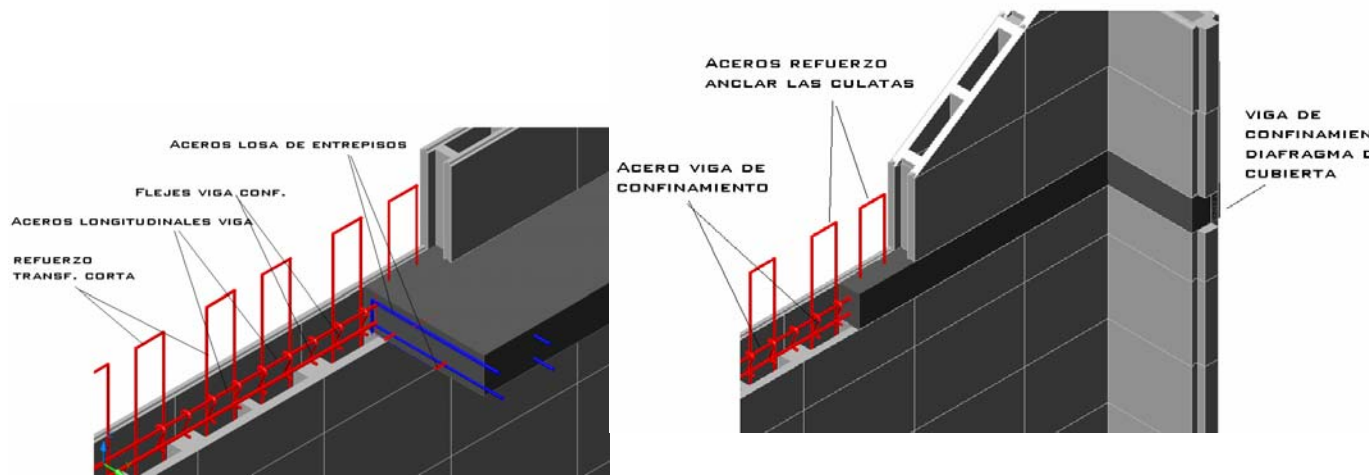


FIGURA 161. VIGAS DE ENTREPISO Y TECHO GRUPO A ZAS.

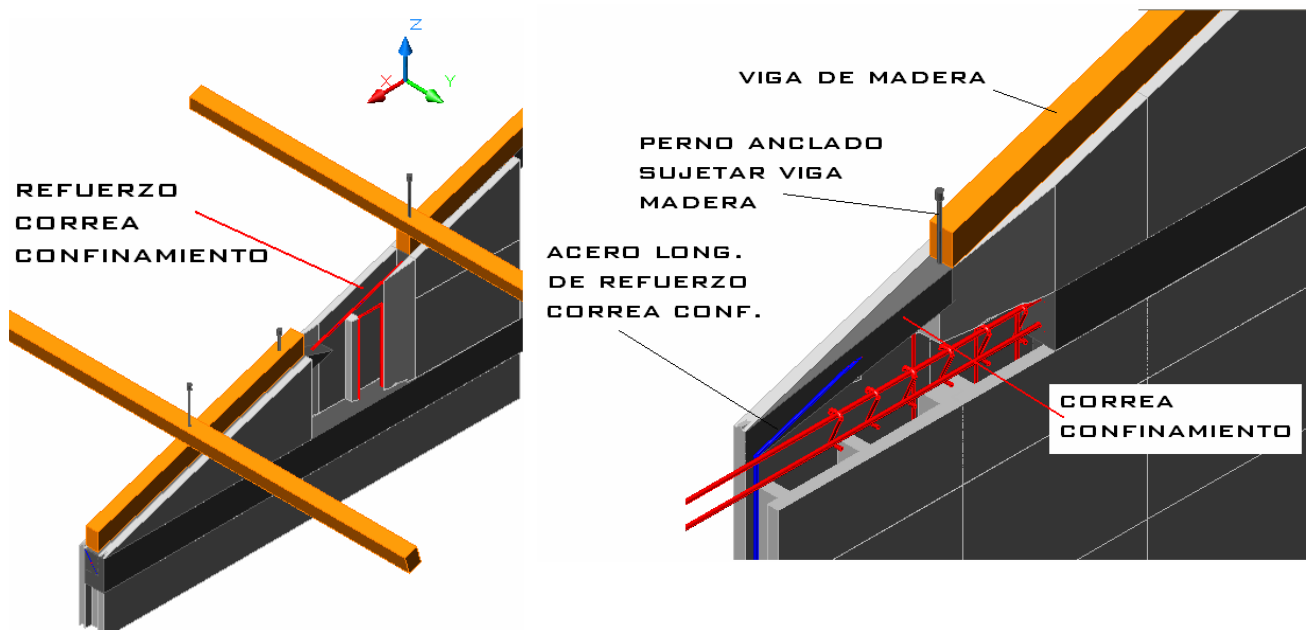


FIGURA 162. CORREAS PARA CULATAS DE TECHO.

BALANCE DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Este balance se realiza, según los parámetros que usa Metrovivienda en su inventario de sistemas constructivos para viviendas en Bogotá.

Evaluación Funcional

CONDICIONANTE			INTEGRIDAD			JUSTIFICACION
			DEL SISTEMA			
			ALTA	MEDIA	BAJA	
INTEGRIDAD	ANTE ACCIONES MECANICAS		X			COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA
	ANTE CONDICIONES CLIMATICAS	AGUA	X			PERMEABILIDAD DE UNIDADES NO TRATADAS
		SOL	X			CAPACIDAD DE REFLEXION Y ABSORCION DE CALOR
	ANTE ANIMALES Y PLANTAS		X			INMUNIDAD DE LOS MATERIALES
SEGURIDAD	ACCIONES DIRECTAS DEL HOMBRE			X		ADECUADO USO Y MANTENIMIENTO
	ACCIONES INDIRECTAS DEL HOMBRE	CONTAMINACION	X			MATERIALES NO CONTAMINANTES
		FUEGO	X			MATERIALES POCO DEGRADABLES
FLEXIBILIDAD	POSIBILIDADES ARQUITECTONICAS			X		TRABAJO CONJUNTO CON LA ESTRUCTURA
	CONSTRUCTIVA	PROGRESIVIDAD	X			CON LA PLANEACION INICIAL
		AUTOCONSTRUCCION	X			CONSTRUCCION TRADICIONAL MEJORADA
CONFORT AMBIENTAL	HIGROTHERMICO		X			ESTABILIDAD TERMICA DE LA MAMPOSTERIA
	HIGIENICO		X			LOS MUROS NO ACUMULAN RESIDUOS
	ACUSTICO		X			AISLAMIENTO DE MUROS DE MAMPOSTERIA
	VISUAL			X		SEGÚN DISEÑO ARQUITECTONICO
COMPOSICION	GEOMETRIA		X			ADECUACION DE ESPACIOS
	COLOR		X			ACABADO DE LAS UNIDADES

Materiales básicos

MATERIALES BASICOS	FACILIDAD PARA CONSEGUIRLOS EN BUCARAMANGA			ACEPTACION SOCIO ECONOMICA			REQUISITOS			GENERACION DE DESPERDICIOS		
	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTOS	MEDIOS	BAJOS	ALTA	MEDIA	BAJA
UNIDADES MAMPOSTERIA							X					X
MORTERO DE PEGA												
CONCRETO	X			X				X				X
REFUERZO	X			X				X				X

Mano de Obra

PARAMETRO A EVALUAR	EVALUACION			JUSTIFICACION
	ALTA	MEDIA	BAJA	
MANO DE OBRA CALIFICADA		X		PERSONAL ESPECIALIZADO MAS QUE CALIFICADO
NECESIDAD DE ENTRENAMIENTO		X		PROCESO DE CONSTRUCCION TRADICIONAL MEJORADO
FACILIDADES PARA CONSEGUIRLA		X		DISPONIBILIDAD INMEDIATA EN EL MERCADO
# DE PERSONAS NECESARIAS		X		MANO DE OBRA INTENSIVA

Maquinaria y equipo

MAQUINARIA Y EQUIPO	ESPECIFICACIONES TEC.			FACILIDAD DE ADQUISICION		
	REND.-CAPAC-ETC			ALTA	MEDIA	BAJA
	ALTA	MEDIA	BAJA			
CORTADORA DE BLOQUE			X		X	
PLUMAS			X		X	
VIBRADORES		X		X		
FORMALETA		X		X		

Método Constructivo

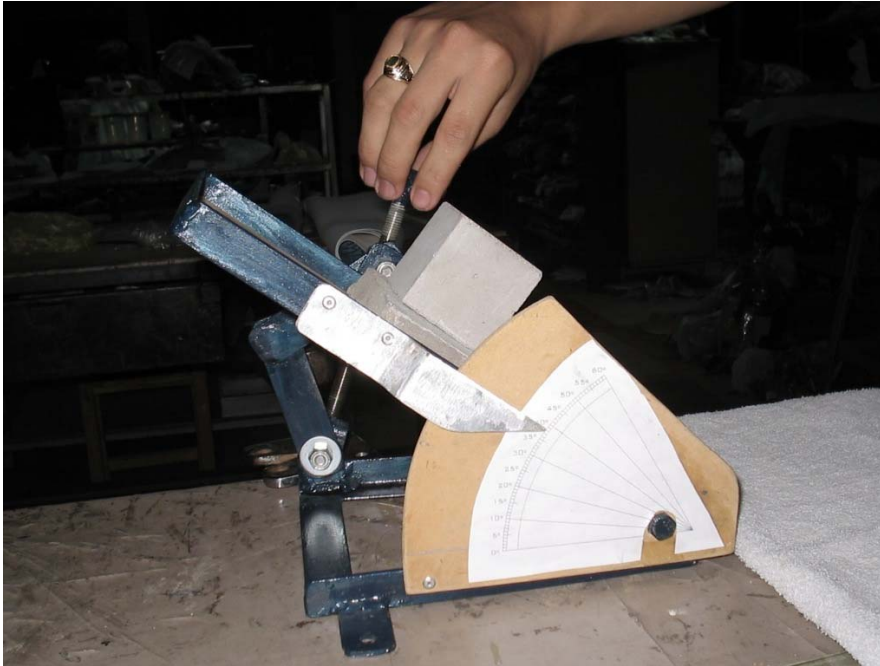
EVALUACION TECNICA	ALTA	MEDIA	BAJA	JUSTIFICACION
INDUSTRIALIZADO		X		LOS MODULOS Y ELEMENTOS ESPECIALES
PREFABRICADO	X			MODULOS
NECESITA FORMALETA			X	MURO ES PARTE DE LA FORMALETA EN LA MAMPOSTERIA
POSIBILIDAD DE REUTILIZAR FORMALETA	X			NUMERO DE USOS DEL MATERIAL DE FABRICACION
FACILIDAD DE TRANSPORTE		X		MATERIALES DE FACIL TRANSPORTE
FACILIDAD DE ALMACENAMIENTO		X		CAMPAMENTOS TRADICIONALES
CUIDADOS EN LA MANIPULACION	X			FACILIDAD DE MANEJO
CANTIDAD DE MANO DE OBRA		X		METODO EXTENSIVO DE MANO DE OBRA
CALIDAD DE LA MANO DE OBRA		X		MANO DE OBRA ESPECIALIZADA
RENDIMIENTO EN EL MONTAJE	X			PROCEDIMIENTOS RUTINARIOS TRADICIONALES
CUIDADOS EN EL MONTAJE	X			EN FUNCION DE LOS REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
CONTROL DE CALIDAD		X		REVISION DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
# DE ELEMENTOS QUE NECESITAN MANTENIMIENTO			X	MATERIALES INERTES CON ACABADOS PROPIOS
FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO			X	TRATAMIENTO FORTUITO DE FISURAS EFLORESCENCIAS
NECESIDAD DE TECNICAS ESPECIALES		X		DE ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO
CONTROL DE CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO		X		MANTENIMIENTO APROPIADO DEL SISTEMA
CONSTRUCCION EN ALTURA			X	HASTA DOS PISO

Subsistemas

SUBSISTEMA	ELEMENTO	PERTENECE AL SISTEMA	INCORPORADO AL SISTEMA
ESTRUCTURAL	CIMENTACION		X
	ESTRUCTURA VERTICAL	X	
	ESTRUCTURA HORIZONTAL		X
CERRAMIENTOS	FACHADAS	X	
	CUBIERTAS		X
	TABIQUERIAS	X	
	PUERTAS		X
	VENTANAS		X
ACABADOS	PISOS		X
	PAREDES		X
	TECHOS		X
	EXTERIORES	X	
INSTALACIONES	HIDRAULICA		X
	SANITARIA		X
	ELECTRICA		X
	GAS NATURAL		X

Anexo 1. CALCULO DE COEFICIENTE DE FRICCION.

Para el cálculo del coeficiente de fricción del concreto, se fabrico un plano inclinado, de ángulo graduable como el mostrado en la figura.



Plano inclinado de ángulo variable.

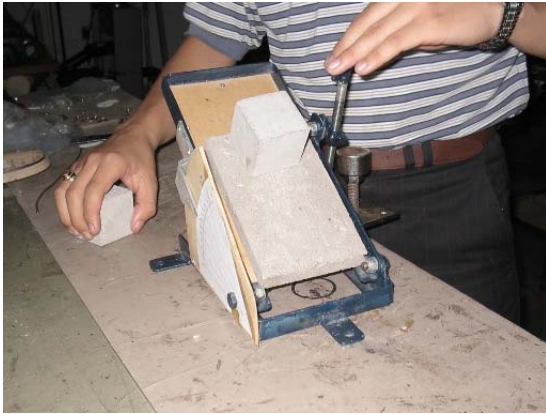
Se fabricaron dados de concreto de 21Mpa y una losa plana de concreto de 21Mpa, con acabado liso, como el deseado para los módulos de mampostería del sistema constructivo.

El ensayo consiste en variar el ángulo, hasta el encontrar el ángulo para el cual, el dado se resbala por el plano a velocidad constante.

La tangente de este ángulo, representa el coeficiente de fricción dinámico, de los dos materiales, en este caso el mismo. (concreto 21Mpa)



Cubos de concreto, superficie lisa.



Ensayo para calcular el ángulo de fricción.

Resultados de ángulo de fricción, para coeficiente de fricción estáticos.
Para Concretos de 21Mpa Y18 Mpa.

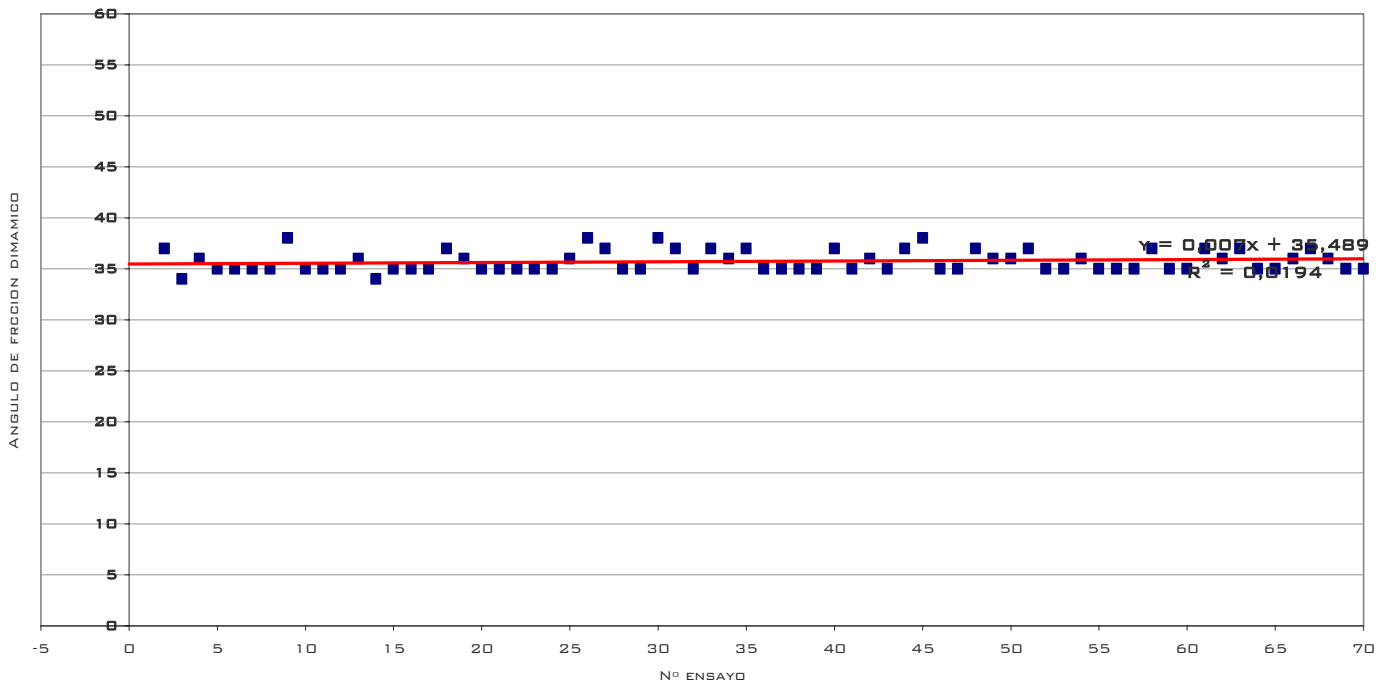
Nº ensayo	f'm =21 Mpa Grados	f'm =2500 Psi Grados
1	37	32
2	34	35
3	36	36
4	35	35
5	35	35
6	35	39
7	35	35
8	38	35
9	35	35
10	35	35
11	35	36
12	36	36
13	34	35
14	35	35
15	35	36
16	35	35
17	37	37
18	36	35
19	35	36
20	35	32
21	35	36
22	35	36
23	35	35
24	36	39
25	38	39
26	37	39
27	35	37
28	35	37

29	38	35
30	37	36
31	35	38
32	37	38
35	36	38
35	37	37
35	35	38
36	35	39
37	35	37
38	35	37
39	37	38
40	35	38
41	36	39
42	35	40
43	37	40
44	38	36
45	35	38
46	35	39
47	37	35
48	36	35
49	36	39
50	37	39
51	35	36
52	35	36
53	36	40
54	35	39
55	35	39
56	35	36
57	37	36
58	35	35
59	35	35
60	37	37
61	36	37
62	37	36
63	35	36
64	35	35
65	36	39
66	37	39
67	36	36
68	35	38
69	35	37
70	37	39

Max =	38,00	40,00
Min =	34,00	32,00

Promedio =	35,74	36,76
Media Geom =	35,73	36,71
Media Armo =	35,71	36,67
Varianza =	1,03	3,26
Desviacion =	1,02	1,81

ANGULO DE FRICCIÓN,(CONCRETO 21 MPA)



GRAFICA DE DISPERSIÓN DE LOS VALORES DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN.

El concreto elegido para el diseño es de 21Mpa, par el cual el coeficiente de fricción estático, es el calculado con el valor promedio d

$$\mu_{\text{est.}} = \tan(35.74) = 0.719$$

El valor de coeficiente de fricción estático para concreto contra concreto de 21Mpa es $\mu = 0.7$.

Y valor del coeficiente dinámico es $\mu = 0.6$

OBSERVACIONES.

La propuesta contenida en este informe y los diseños realizados, son teóricos, a nivel de hipótesis y requieren de la validación experimental.

Todos los diseños contenidos en este informe, son prediseño que buscan darle forma y sustento a la idea, tratando de vislumbrar las posibles dimensiones y materiales a emplear en un diseño riguroso y experimental del sistema constructivo.

El diseño de los elementos cambia con el transcurrir de las páginas, tratando de mostrar la evolución de la idea, en la medida que se consideraban nuevas variables.

Se utiliza, un coeficiente de disipación de energía $R=2.5$, para reducir las fuerzas de diseño de los aceros y se tiene en cuenta el aporte de los coeficientes Φ_a y Φ_p para irregularidades en planta y en altura, en el cálculo de la fuerza sísmica.

No se incluye ninguna propuesta metodológica, para el cálculo de las derivas, pues todas ellas dependen del módulo de elasticidad de la mampostería y sobre esto no se tiene, ninguna información.

El diseño de los elementos de concreto dentro del sistema, se realizó según la metodología de estados límites de resistencia y las exigencias dadas por el código sismorresistente colombiano.

Aunque los cálculos y la descripción se hicieron para un muro, estas son extrapolables a los demás muros de la estructura,

Los muros de la propuesta Map-Fri, deben cumplir con los criterios de integridad estructural, para la metodología de muros de mampostería confinada, es decir, generar diafragmas cerrados en la cimentación y cubierta, al igual que los muros estructurales deben ser continuos en los dos pisos, y deben estar distribuidos en planta de tal forma que existan los suficientes en cada dirección para soportar el sismo en dicha dirección,

Los criterios de detallado del refuerzo para los elementos del concreto y demás, son los existentes en la norma sismo resistente colombiana.

La mampostería por fricción, en principio busca que la rigidez de los muros de mampostería, se mantenga a pesar de las solicitaciones cíclicas, inducidas por la aceleración del suelo de fundación a razón de las ondas sísmicas que lo deforman.

Predefinir planos de desplazamiento, controlados en los que la fricción entre bloques y elementos de confinamiento lateral, no solo resistan, sino disipen por medio de la fricción generada en estos planos, la energía suministrada a la estructura por las ondas del sismo, es decir, emplear la fuerza resistiva por excelencia en la naturaleza (la fricción), a favor de la disipación de energía sísmica dentro de los muros, aprovechando las altas propiedades friccionantes del concreto.

Se espera en teoría que la disipación de energía que se logre por fricción, no decaiga de manera abrupta con los ciclos.

Los diagramas de ciclos de histéresis de la mampostería por fricción se espera presenten un fenómeno de estrangulamiento mas bajo que los de los muros de mampostería confinada.

La disipación de energía por fricción, es el principio de funcionamiento del sistema ante altas solicitaciones sísmicas, su verdadera valoración solo será posible mediante análisis

experimentales, el trabajo de esta tesis, solo busca mostrar y sustentar en parte, la funcionalidad del uso de este enfoque en la construcción de viviendas.

El objetivo primordial, es mostrar el enfoque y proponer un esquema constructivo para aplicarlo a los muros y de esta forma incentivar investigaciones posteriores, que permitan desarrollar mejor el tema.

Una de las características mas importantes del sistema, es poner a trabajar la energía del sismo en contra de el mismo, a favor de la resistencia de la estructura.

La relación existente entre cargas laterales y fuerza de fricción interna generada, permite que el sistema se autorregule y entonces, a mayor excitación dinámica, mayor resistencia por fricción o frese el sistema, este es uno de los puntos mas importantes del sistema y de los que requiere mayor investigación.

CONCLUSIONES.

Se concluye entonces, que la propuesta para construcción de viviendas con mampostería de resistencia a fricción (Map-Fri), logra el objetivo, de poner a trabajar la fricción en la resistencia de los efectos sísmicos, de las viviendas.

Los resultados y características sustentadas en este proyecto son netamente teóricas y requieren de validación experimental. La propuesta espera ser el punto de partida para el desarrollo del sistema constructivo, despertando el interés y generando nuevas investigaciones, en la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander.

Bibliografía.

AIS, (1997), *Normas Colombianas de diseño y construcción sismorresistente NSR-98, Decreto 33/98 AIS - MOPT - SCI*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, tomos 1-2-3

ACI, (1977), *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-77)*, American Concrete Institute, ACI, Detroit, MI, USA.

AIS, (1983), *Requisitos Sísmicos para Edificaciones - Norma AIS 100-83*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá.

AIS, (1988), *Comentarios al Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes Decreto 1400/84*, AIS - MOPT - SCI, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, 3 Vol.

AIS, (1997), *Requisitos Sísmicos para Edificaciones - Norma AIS 100-97*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, 2 Vol.

DFM, (1993), *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*, Distrito Federal de México, Diario Oficial de la Federación, México D. F., México, Agosto.

ICONTEC, (1983) *Código Colombiano de Estructuras de Hormigón Armado, Norma Icontec-2000*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, Bogo