



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL

## TESINA

Evaluación de edificaciones construidas con mampostería confinada y mampostería reforzada interiormente.

Para obtener el grado de:

**Especialista en construcción**

### PRESENTA:

Ing. Roberto Rocha Elizalde

### DIRECTOR DE TESINA:

M.I. José Álvaro Pérez Gómez



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Dedicatoria**

### **A mi mamá:**

**Lety;** Por ser mi pilar, mi paz y mi fuerza en cada momento de mi vida.

### **A mi papá:**

Por apoyarme en cada paso y hacerme sentir seguro de mí mismo.

### **A mi hermana Katherine:**

Por ser esa fuente de alegría para toda la familia, la unión familiar es una base muy importante para siempre estar motivados a salir día a día a dar lo mejor de sí.

### **A mi hermano Carlos:**

Por ser mi ejemplo desde pequeños, por enseñarme a combatir los momentos difíciles y siempre tener un consejo para mí. Sé que siempre estaremos los 3 hermanos para apoyarnos.

### **A mis tíos y padrinos Luis Carlos e Hilda:**

Gracias por todo el cariño, la unión, el apoyo. Siempre me han hecho sentir que están para mí, como yo lo estaré siempre para ustedes, los quiero mucho.

### **A mi jefe el Ing. Gabriel Hernández:**

Por permitirme tomar esta oportunidad de aprendizaje y por el gran apoyo siempre en cada ocasión profesional y/o personal. Sin duda ha sido un gran ejemplo como profesionista y como ser humano.

### **A mi tutor de tesina, el Ing. Álvaro Pérez:**

Por hacer de su materia de especialización una enseñanza que comparte con todo aquel interesado en ella. Es un ejemplo de trabajo y de actualización constante.

### **A la UNAM:**

Por recibirme y dejarme ser parte de esta comunidad tan bonita, el estar día a día en sus instalaciones de Ciudad Universitaria es algo que sin duda quería vivir, y me llevo gran aprendizaje de profesión y de vida.

### **Al IPN:**

Ya que fue mi alma mater durante mi preparación profesional como Ing. Civil, y que le debo muchísimo por todo lo que me dio como joven universitario.

## **OBJETIVO**

Se evaluará la conveniencia para construir edificaciones para vivienda utilizando mampostería confinada y reforzada interiormente para determinar las ventajas constructivas de cada sistema y los requerimientos para la implementación de cada modalidad de refuerzo

Adicionalmente se contestará el por qué actualmente una gran parte de los desarrolladores de vivienda están construyendo con Mampostería Interiormente reforzada si aparentemente es más caro y complejo que el sistema de Mampostería Confinada.

## **ACTIVIDADES**

Se realizó una investigación documental consultando normas, reglamentos y manuales de construcción y se complementó con visitas a obra para observar los procesos reales de construcción y la toma de tiempos y movimientos para determinar los costos unitarios de cada sistema.



## TEMARIO GENERAL

1. Marco teórico y conceptual de referencia
2. La mampostería en el mercado mexicano
3. Relación procedimiento constructivo / programa de obra
4. La evolución de la mampostería en los últimos años
  
5. Descripción de la mampostería a evaluar
  - 5.1. Mampostería confinada
  - 5.2. Mampostería reforzada interiormente
  
6. Evaluación
  - 6.1. Materiales base
  - 6.2. Maquinaria y equipo
  - 6.3. Mano de obra
  - 6.4. Procedimiento constructivo
  - 6.5. Ventajas / desventajas
  
7. Caso estudio partiendo de un proyecto
  - 7.1. Descripción del proyecto
  - 7.2. Datos de proyecto
  - 7.3. Visualización del proyecto resuelto
  - 7.4. Costo / tiempo
  - 7.5. Cuantificación de materiales en común
  
8. Estudio de Campo
  - 8.1 Visita a una obra, construcción vivienda con mampostería confinada.
  - 8.2 Visita a una obra, construcción vivienda con mampostería reforzada interiormente.
  - 8.3 Comparativa de los procesos observados en cada visita y resumen de los costos reales de construcción.
  
9. Conclusiones y recomendaciones para la implementación de cada una de las modalidades de refuerzo.
  
10. Fuentes Consultadas
  
11. Anexo Fotográfico

## 1. Marco teórico y conceptual de referencia

La mampostería es quizá es el procedimiento constructivo más antiguo que se mantiene en uso generalizado alrededor del mundo en la actualidad. Fue el sistema más importante para la construcción hasta la llegada de las estructuras de concreto reforzado y del acero estructural.

El concepto de la mampostería viene desde la piedra simple en la prehistoria, los bloques de mármol usados en las majestuosas obras arquitectónicas del Renacimiento, hasta las unidades industrializadas de arcilla y concreto (tabiques y blocks).

La mampostería surge a partir de la necesidad del hombre en tiempos prehistóricos a refugiarse, ya que donde no hubiera cavernas, lo cual era su refugio principal, requerían construir cobertizos o chozas que lograban hacer con ramajes, hojas de plantas, juncos o cañas por mencionar algunos, y fue como, al utilizar piedras apiladas un con otra se inició lo que hoy llamamos mampostería (Colocación manual de piezas unidas por un conglomerante para construir elementos rígidos).

Actualmente la mampostería se define como un material estructural compuesto, integrado por piezas de origen pétreo, naturales o artificiales, unidas entre sí por un mortero aglutinante.

Desde el punto de vista de su función estructural, los muros se clasifican en:

- a) De carga, cargadores o portantes.
- b) No cargadores o no portantes.
- c) Muros diafragmas.

Se entiende por muros no cargadores o no portantes aquellos que no soportan carga vertical, tales como las bardas, los pretilos, los parapetos y los muros divisorios. Las solicitaciones para las que se dimensionan estos muros, son básicamente perpendiculares a su plano, como las inducidas por viento o sismo.

Los muros de carga, cargadores o portantes son los que se emplean como elementos estructurales para soportar todo tipo de solicitaciones, verticales y horizontales, tanto contenidas en su plano como perpendiculares a él.

Los muros diafragma son los que se colocan dentro de los vanos de estructuras esqueléticas, de concreto reforzado y de acero estructural, con el objetivo de resistir las fuerzas horizontales e incrementar su rigidez lateral.

Por su propia naturaleza la mampostería es débil a esfuerzo de tensión, ante los cuales exhibe un comportamiento frágil, caracterizado por una rápida degradación de resistencia y rigidez. Afortunadamente, este comportamiento es susceptible de mejorarse significativamente mediante la inclusión de acero de refuerzo, lo cual es relativamente sencillo de lograr en el caso de muros de mampostería de piedras prismáticas artificiales, en los que las juntas, al seguir el contorno de los bloques o ladrillos, quedan alineadas tanto horizontal como verticalmente.

En este caso , las juntas horizontales siempre deben ser continuas, mientras que las verticales deben ser discontinuas, para lo cual las unidades de mampostería en una hilada se colocan traslapándose con las hiladas inferior y superior en una distancia usualmente igual a la mitad de la longitud de la piezas. Esta forma de colocación de las unidades se denomina "cuatrapeada" o "a tres bolillo". En ningún caso debe permitirse un traslape menor a un cuarto de la longitud de las piezas. Esto es importante en virtud de que las expresiones y procedimientos de cálculo establecidos en la normativa, aplican solo si las unidades se colocan en forma "cuatrapeada".

De esta forma, y desde el punto de vista de la cuantía y la disposición del acero de refuerzo, es posible distinguir tres tipos de sistemas constructivos a base de muros de mampostería; a saber:

- a) Mampostería confinada.
- b) Mampostería reforzada interiormente.
- c) Mampostería simple o no reforzada.

El buen comportamiento ante sollicitaciones sísmicas observado en diversos países del mundo en la mampostería correctamente reforzada y construida, así como los casos de fallas y colapsos de edificaciones, claramente imputables tanto a errores de diseño como a las malas prácticas constructivas, dieron un fuerte impulso, dieron un fuerte impulso durante la década de los 50's del siglo pasado a extensos programas de investigación principalmente de carácter experimental, en afán por determinar tipos y configuraciones, así como procedimientos para su análisis y diseño racionales, sin embargo, fue a partir de la década de los 80's que cobraron mayor importancia tanto en países latinoamericanos como europeos y asiáticos.

La evolución en la mampostería se ha dado en los instrumentos que se usan para realizar los trabajos, herramientas y en los componentes que lo conforman (piezas y mortero), no así, en la forma de colocación, que sigue siendo a mano, por lo que el factor humano continua siendo un elemento fundamental en la calidad del producto terminado.

El desarrollo de la mampostería ha dado como resultado que actualmente exista una gran diversidad de materiales y procedimientos constructivos.

El hecho de que exista una gran diversidad de materiales y procedimientos como se mencionó, implica que se lleven a cabo repetitivamente estudios, aparentemente redundante, a saber: el tipo y la calidad de las piezas o unidades de mampostería, así como del mortero de pega; el tipo y calidad y disposición del acero de refuerzo; el tipo de carga y sus características de aplicación; las dimensiones y relación de aspecto de los muros; la magnitud del esfuerzo vertical; el grado de acoplamiento entre muro y la influencia de aberturas de diferente tamaño, entre otras.

## 2. La mampostería en el mercado mexicano

En México, la mampostería confinada es el sistema más empleado en la construcción de viviendas unifamiliares y de edificios multifamiliares de baja mediana altura (cuatro a cinco niveles), en los que el requerimiento de dividir el área disponible en espacios relativamente pequeños, conduce a una buena densidad de muros.

Asimismo, es también el sistema más empleado en la construcción de suntuosas residencias, inclusive de gran sofisticación arquitectónica.

De manera semejante, el sistema constructivo de mampostería confinada es ampliamente utilizada en la mayoría de los países latinoamericanos y también, aunque en menor medida, en algunos países de Asia y Europa, existiendo, algunas particularidades de uso que varían de país en país.

La mampostería reforzada interiormente no ha cobrado auge, ya que “no se ha podido implantar una práctica local para su correcta ejecución”. Prueba de ello es que en diversos casos en que se ha aplicado, se ha encontrado que el refuerzo no se había colocado en la cantidad y posición adecuadas y que el colado de los huecos interiores se había efectuado de manera defectuosa, este caso ha venido presentándose desde los 90’s hasta la actualidad, aunque en menor medida.

La mampostería confinada, como sistema constructivo para edificaciones de vivienda baja y media altura, también se emplea en algunos países europeos y asiáticos, en los que se utilizan tanto unidades de arcilla de fabricación artesanal e industrial, como piezas de concreto sólidas y huecas.

Por otra parte, la mampostería reforzada interiormente es la única opción utilizada en países como Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda y Japón, en los que ya se tienen prácticas bien establecidas para su eficiente y confiable construcción.

Después de los sismos de 1957, se emprendió un extenso programa de investigación sobre la mampostería en el instituto y en la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual ha continuado casi ininterrumpidamente hasta la fecha.

Ensayes de compresión axial

Ensayes de Ductilidad y disipación de energía

Conocimiento de las propiedades de los materiales componentes de la mampostería

Relación distorsión-agrietamiento

Y presentación de resultados.

Debido a las consecuencias catastróficas de los sismos de septiembre de 1985, surgieron iniciativas para funda un organismo especializado que estudiara los aspectos técnicos de la prevención de desastres:

- a) El gobierno federal publico el 6 de mayo de 1986 el decreto con el cual se estableció el Sistema Nacional de Protección Civil
- b) La Universidad Nacional Autónoma de México decidió estimular a personal académico para que se dedicara a actividades de investigación en materia de prevención de desastres
- c) El gobierno de Japón ofreció apoyo a nuestro país en lo relativo a la prevención de desastres

Las 3 iniciativas mencionadas concurren en que el 19 de septiembre de 1988 se creará el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), con carácter de órgano administrativo desconcentrado.

Desde entonces en las instalaciones del CENAPRED, se llevan a cabo investigaciones del instituto y de la Facultad de Ingeniería a escalas naturales que han ayudado en el desarrollo continuo de la mampostería.

### **3. Relación procedimiento constructivo / programa de obra**

El procedimiento constructivo a ejecutar debe ser decidido con base a los materiales que se vaya a ocupar, la mano de obra y su experiencia, así como el tiempo que se considere para la finalización de las actividades. El programa de obra mostrará en una línea de tiempo cuanto se estima para cada una de las actividades, y si cambia el procedimiento constructivo, el programa de obra será alterado de manera significativa para bien o para mal. El tiempo es dinero.

### **4. La evolución de la mampostería en los últimos años**

En los últimos años la construcción con muros de mampostería se ha vuelto una opción muy eficaz y eficiente, desde el hecho de los avances que se han tenido en los materiales, hasta la optimización en los procesos constructivos para la ejecución de los trabajos.

Actualmente en Estados Unidos se puede ver que la construcción con muros de mampostería interiormente reforzada es muy común, y más en aun, con empresas de supermercados que construyen continuamente sucursales y que ya tienen este sistema constructivo como parte de ellos. Es un sistema que conocen, dominan, ejecutan y supervisan al pie de la letra sin ningún problema, logrando así estructuras construida con limpieza, con orden y sobre todo bien hechas.

En México actualmente se construyen diversos desarrollos de vivienda a las afueras de la ciudad de México a base de muros de mampostería mayormente confinada, sin embargo también en menor medida interiormente reforzada, la mayoría de ellas pertenecientes al Estado de México, dos de ellas se están construyendo en estos momentos (diciembre 2019 – enero 2020), mismos que fueron visitadas por un servidor con el objetivo de visualizar los procesos constructivos con los que se están ejecutando los trabajos con estos materiales, y analizar las ventajas y desventaja de cada uno de ellos.

Desde el nuestro punto de vista y con base al seguimiento de diversas construcciones en Estados Unidos, la filosofía del constructor americanos es eficientar el proceso aunque esto a veces pueda conllevar a un costo mayor.

## 5. Descripción de la mampostería a evaluar

### 5.1. Mampostería confinada

Creada por ingenieros italianos, después de la destrucción de la totalidad de las viviendas construidas con mampostería no reforzada por el sismo de 1908 en la ciudad de Messina, en la isla de Sicilia, el cual causó más de 70,000 muertes.

En la mampostería confinada, el acero de refuerzo se concentra dentro de elementos de concreto, de sección transversal relativamente pequeña, denominados “castillos” y “dalas”, de dimensiones típicamente iguales al espesor del muro, que los rodean o confinan, y cuyas funciones primordiales son:

- I. Proporcionar continuidad a los muros, tanto entre sí como con las losas de entrepiso y azotea.
- II. Mejorar las capacidades de resistencia, de deformación y de disipación de energía ante sollicitaciones laterales cíclicas reversibles, como las inducidas por los sismos.

En este sistema constructivo es posible, además incorporar refuerzo embebido en algunas de las juntas horizontales de mortero entre hiladas, incrementando aún más las capacidades de deformación y disipación de energía.

### 5.2. Mampostería reforzada interiormente

El acero de refuerzo se distribuye tanto en la dirección vertical como en la horizontal, colocándolo dentro de las juntas entre hiladas y dentro de las celdas de las piezas, respectivamente.

Las celdas que alojan al acero de refuerzo, cuando menos, se rellenan posteriormente con concreto fluido, elaborado a base de cemento, arena y gravilla con tamaño máximo de 10mm.

En este sistema, el comportamiento resulta comparable al de muros estructurales de concreto reforzado.

## 6. Evaluación

Con el fin lograr una comparativa real en igual de condiciones para los 2 sistemas constructivos, se homogenizará a la utilización de los siguientes materiales, mismo que son seleccionados con base a la experiencia compartida por las empresas desarrolladoras que utilizan estos materiales, además, se da una breve explicación de las características de los posibles materiales a utilizar y la conclusión de la elección entre ellas.

## 6.1. Materiales base

Es necesario hacer un análisis de los materiales a utilizar en tu proyecto, ya que existen diferentes factores que se involucran en la selección de los mismos como son:

- Disponibilidad
- Cercanía y/o rapidez en el suministro
- Costo (análisis costo-beneficio)
- Practicidad en la mano de obra
- Calidad del producto (análisis de mermas y desperdicio)
- Cumplimiento de las normas
- Prestigio y cumplimiento de los proveedores

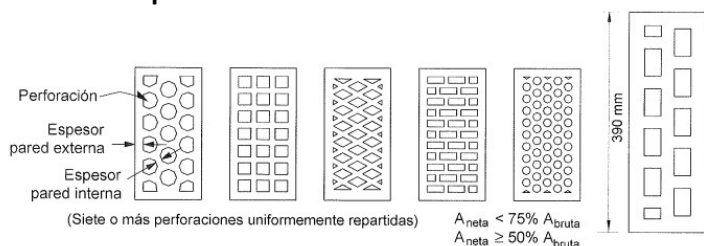
### Muros a base de Mampostería Confinada

#### Piezas de mampostería

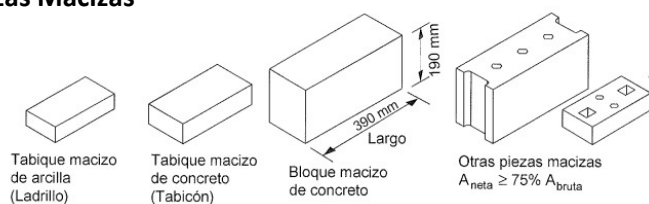
Al ser muros de carga, las piezas deben ser de uso estructural por lo que deben cumplir con la norma NMX-C-404-ONNCE-2012.

A continuación se muestra las posibles piezas a utilizar en el sistema “Muros Confinados”:

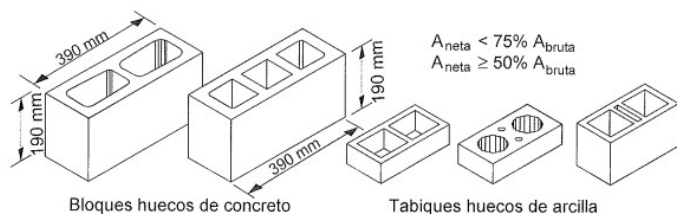
#### Piezas Multiperforadas



#### Piezas Macizas



#### Piezas Huecas



Para nuestro caso, ocuparemos Block doble hueco de concreto 12x20x40, ya que al día de hoy para el sistema “Muros Interiormente reforzados”, únicamente se puede utilizar esta pieza de mampostería, ya que el refuerzo vertical va embebido en los huecos, y para hacer una comparativa homogénea, para la “Mampostería Confinada” se utilizará el mismo block.

Como se mencionó al inicio de este capítulo diferentes factores se involucran para la selección del material a utilizar. Para el caso del Block de concreto, debemos en primera instancia verificar la disponibilidad, en segunda que cumpla con las norma, tercera verificar la calidad del producto (control de calidad), las empresas que tienen mecanizada su producción son las que te garantizaran que propiedades de las piezas no variarán, y en cuarta el prestigio y cumplimiento del suministro. Por lo anterior y con base a la experiencia de las empresas desarrolladoras visitadas, se utilizará:

### **1er material: Block doble hueco de concreto 12x20x40**

#### **Mortero**

Al ser muros de carga, el mortero debe ser de uso estructural por lo que deben cumplir con la norma NMX-C-486-ONNCCE-2014 y con la siguiente tabla sustraída de las NTC para diseño y construcción de estructuras de mampostería.

*Tabla 2.5.1 Proporcionamientos, en volumen, recomendados para mortero dosificado en obra<sup>1</sup>*

Tipo de mortero	Partes de cemento hidráulico	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal hidratada	Partes de arena <sup>2</sup>
I	1	—	0 a ¼	3
	1	½	—	4½
II	1	—	0 a ½	4½
	1	1	—	6

<sup>1</sup> Los proporcionamientos incluidos en esta tabla son sólo indicativos, por lo que el mortero deberá cumplir con la resistencia a compresión de diseño establecida en el inciso 2.5.2 independientemente de la dosificación que se utilice.

<sup>2</sup> El volumen de arena se medirá en estado suelto.

Cabe hacer mención que para cualquiera de los morteros se deberá cumplir además con las pruebas establecidas en la norma NMX-021-ONNCCE-2010.

A continuación se muestra los posibles morteros a utilizar en ambos sistemas:

#### **Mortero tradicional**

Dependiendo la magnitud del proyecto se requerirán bancos de materiales, o en su defecto casas de materiales (disponibilidad), se deberá analizar la calidad de los mismos. El uso de este mortero requerirá una supervisión continua de las dosificaciones que se hagan en obra y del cuidado, protección y posible contaminación del material almacenado, además de que ello te requiere de espacios y movilización del material dentro de la obra.

#### **Mortero premezclado**

Dependiendo la magnitud del proyecto, se evalúa el costo beneficio, partiendo de la disponibilidad del suministro, o en dado caso, la instalación de una planta dosificadora cercana al proyecto. El uso de este mortero requerirá normalmente de un contrato con el proveedor, lo cual habitualmente trae consigo



problemas por tiempos ya que el proyecto se va retrasando por diferentes causas y el surtido contractual se ve afectado por desfases, lo puede llevar a sanaciones contractuales.

### **Mortero Seco**

El principal atractivo de este mortero es que la mano de obra se reduce a agregarle al agua especificada y revolver, ya que los sacos en los que se suministra ya contiene las dosificaciones exactas de cemento, arena y aditivos que en conjunto obtienen particularmente resistencias al cortante mayores a un mortero tradicional. Se debe buscar la disponibilidad del suministro y el costo puesto en obra, y una vez conociendo esto, realizar un análisis el costo beneficio. Según la experiencia de las obras visitadas, este material es muy amigable para su uso, y se refleja en trabajos más limpios y bien hechos.

### **2do material: Mortero Seco**

#### **Concreto para Castillos y/o Dalas**

Se utiliza en el sistema “Mampostería Confinada”, para formar los elementos que confinarán a los muros, el cual debe cumplir con el capítulo 5.1.1 inciso d) de las NTC para el diseño y construcción de estructuras de mampostería, y que a continuación se muestra.

##### ***5.1.1 Castillos y dalas***

Los castillos y dalas deberán cumplir con lo siguiente: (figuras 5.1.1 y 5.1.2):

d) El concreto de castillos y dalas de muros interiores y exteriores en ambientes no agresivos tendrá una resistencia a compresión,  $f'_c$ , no menor que 15 MPa (150 kg/cm<sup>2</sup>).

### **3er material: Concreto $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$**

#### **Mortero de relleno o Concreto de relleno**

Se utiliza en el sistema de “Mampostería internamente reforzada”, para el relleno de las celdas que llevan refuerzo vertical, el cual debe cumplir con el capítulo 2.5.4 de las NTC para el diseño y construcción de estructuras de mampostería, y que se muestra a continuación.

##### ***2.5.4 Morteros de relleno y concretos de relleno***

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

- a) Su resistencia a compresión para diseño,  $f'_j$ , será por lo menos de 12.5 MPa (125 kg/cm<sup>2</sup>).
- b) El tamaño máximo del agregado no excederá de 10 mm.
- c) Se empleará la mínima cantidad de agua que permita que la mezcla sea lo suficientemente fluida para rellenar las celdas y cubrir completamente las barras de refuerzo vertical, en el caso de que se cuente con refuerzo interior. Se aceptará el uso de aditivos que mejoren la trabajabilidad.
- d) En la tabla 2.5.2 se incluyen revenimientos nominales recomendados para morteros de relleno y concretos de relleno según la absorción de las piezas.

Para rellenar celdas de castillos internos de muros confinados deberá cumplirse lo establecido en el inciso 5.1.1.d.

En la tabla 2.5.3 se muestran las relaciones volumétricas recomendadas de los agregados para morteros de relleno y concretos de relleno.

**Tabla 2.5.2 Revenimiento recomendado para los morteros de relleno y concretos de relleno, en función de la absorción de la pieza**

Absorción de la pieza, %	Revenimiento nominal <sup>1</sup> , mm
8 a 10	150
10 a 15	175
15 a 20	200

<sup>1</sup>Se aceptan los revenimientos con una tolerancia de  $\pm 25$  mm.

Con lo antes dicho, se debe evaluar partiendo como lo he venido diciendo, de la disponibilidad de los materiales, y de ahí hacer un análisis costo - beneficio para la selección de material a utilizar. Cabe mencionar que si es esta en igualdad de disponibilidad, con base a la experiencia de las obras visitadas, se opta utilizar un concreto de 150 kg/cm<sup>2</sup> con gravilla, ya que es menos costoso, y utilizar el mortero pega block sería en el último de los casos, ya que su principal característica es la trabajabilidad y adherencia para las piezas, las cuales no requerimos para el relleno de celda, además de que su resistencia es mucho mayor (240 kg/cm<sup>2</sup>), a la min requerida (125 kg/cm<sup>2</sup>).

#### **4to material: Concreto con gravilla de 150 kg/cm<sup>2</sup>**

##### **Acero de refuerzo**

El refuerzo para los castillos deberá tener mínimo el área resultante de la siguiente ecuación:

$$A_s = 0.2 \frac{f'_c}{f_y} bc hc$$

Donde:

$A_s$ = Área de acero (cm<sup>2</sup>)

$f'_c$ = Resistencia especificada del concreto en compresión, kg/cm<sup>2</sup>

$f_y$ = Esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo, kg/cm<sup>2</sup>

$bc$ = Dimensión del castillo o dala perpendicular al plano del muro, kg/cm<sup>2</sup>

$hc$ = Dimensión de la sección del castillo o dala que confina a un muro, paralela al plano del mismo, Kg/cm<sup>2</sup>

Lo anterior se puede cumplir con 2 tipos de acero de refuerzo:

### Varilla corrugada

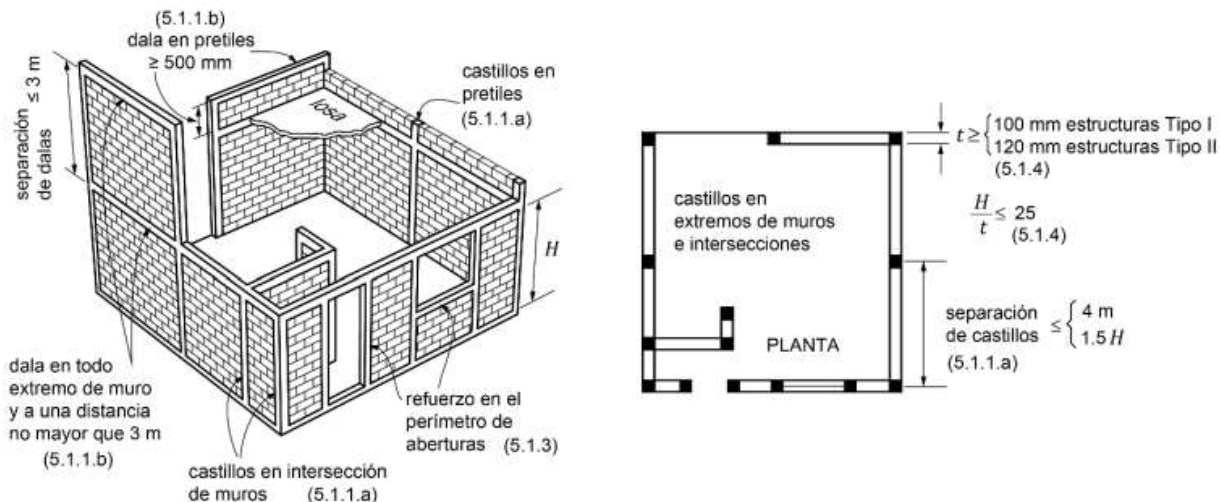
Es el material comúnmente utilizado, y su esfuerzo a la fluencia comúnmente en el mercado es de 4,200 kg/cm<sup>2</sup> o 6,000 kg/cm<sup>2</sup>.

### Armado alargado o laminado en frío (ARMEX)

Fabricado con varillas y electrosoldado. El cual tiene como característica la disminución del diámetro e incremento de resistencia y fluencia, la cual comúnmente en el mercado va de 5,200 kg/cm<sup>2</sup> a 6,000 kg/cm<sup>2</sup>, popularmente conocido como ARMEX.

### Acero de refuerzo para Dalas y Castillos

Los castillos y dalas deberán cumplir con lo siguiente: (figuras 5.1.1 y 5.1.2):



**Figura 5.1.1** Requisitos para mampostería confinada

Las dalas tendrán, en general, las mismas medidas que la pieza de mampostería a utilizar, en altura y espesor (para la pieza de block de concreto escogida, la altura sería 20 cm. y el espesor de 12 cm.)

Los castillos, en su medida paralela al muro será min. de 15 cm.

### Varilla corrugada de acero Grado 42

El refuerzo para los castillos será el resultante de la siguiente ecuación:

$$A_s = 0.2 \frac{f'_c}{f_y} b c h c$$

Sustitución de datos en la fórmula:

$$A_s = 0.2 * \frac{150 \frac{kg}{cm^2}}{4,200 \frac{kg}{cm^2}} * 20cm * 12cm$$

As= 1.71 cm2

De acuerdo al NTC para diseño y construcción de estructuras de mampostería, en el capítulo 5.1, inciso e), dice que en para castillos y dalas en la mampostería confinada, en cualquier caso, el refuerzo será de por lo menos 4 barras cuya área total sea al menos igual a la obtenida de la ecuación antes desglosada. **Por lo que para este caso serían 4 barras del #2.5.**

Núm.	Masa nominal	Perímetro	Diámetro Nominal		Número de barras. Área de barras [cm2]									
	kg/m	mm	pulg	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0.248	19.9	1/4	6.4	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20
2.5	0.388	24.9	5/16	7.9	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45	2.94	3.43	3.92	4.41	4.90
3	0.559	29.9	3/8	9.5	0.71	1.42	2.13	2.84	3.55	4.26	4.97	5.68	6.39	7.10
4	0.993	39.9	1/2	12.7	1.27	2.54	3.81	5.08	6.35	7.62	8.89	10.16	11.43	12.70
5	1.552	49.9	5/8	15.9	1.98	3.96	5.94	7.92	9.90	11.88	13.86	15.84	17.82	19.80
6	2.235	59.8	3/4	19.1	2.85	5.70	8.55	11.40	14.25	17.10	19.95	22.80	25.65	28.50
7	3.042	69.8	7/8	22.2	3.88	7.76	11.64	15.52	19.40	23.28	27.16	31.04	34.92	38.80
8	3.973	79.8	1	25.4	5.07	10.14	15.21	20.28	25.35	30.42	35.49	40.56	45.63	50.70
9	5.028	89.8	1 1/8	28.6	6.41	12.82	19.23	25.64	32.05	38.46	44.87	51.28	57.69	64.10
10	6.207	99.7	1 1/4	31.8	7.92	15.84	23.76	31.68	39.60	47.52	55.44	63.36	71.28	79.20
11	7.511	109.7	1 3/8	34.9	9.58	19.16	28.74	38.32	47.90	57.48	67.06	76.64	86.22	95.80
12	8.938	119.7	1 1/2	38.1	11.40	22.80	34.20	45.60	57.00	68.40	79.80	91.20	102.60	114.00

Armex fy= 5000 a 6000 kg/cm2

De acuerdo a la ficha técnica del proveedor y con nuestros datos, sustituyendo la fluencia del acero en nuestra ecuación, tenemos:

$$A_s = 0.2 * \frac{150 \frac{kg}{cm^2}}{6,000 \frac{kg}{cm^2}} * 20cm * 12cm$$

### ARMEX (Castillo electrosoldado)

Producto	Diámetro varilla longitudinal mm	Estribo transversal mm	Sección castillo mm	Sección concreto cm	Separación entre estribos mm	Pieza por hoja
12x12 -4	5.98	4.11	7x7	12x12	158	6
12x20 -4	5.98	4.11	7x15	12x20	158	4
15x15 -4	5.98	4.11	10x10	15x15	158	5
15x20 -4	5.98	4.11	10x15	15x20	158	4
15x25 -4	5.98	4.11	10x20	15x25	158	3
15x30 -4	5.98	4.11	10x25	15x30	158	3

As= 1.20 cm2

d= 0.598 cm

r= 0.299 cm

$$A = \pi * r^2$$

$$A = 3.1416 * 0.2808^2 = 0.2808 \text{ cm}^2$$

$$0.2808 \text{ cm}^2 * 4 \text{ barras} = 1.23 \text{ cm}^2 > 1.20 \text{ cm}^2 \text{ (CUMPLE)}$$

Cabe mencionar que los estribos del Armex cumplen con los requerimientos del Capítulo 5.1.1. inciso g) de las NTC para el diseño y construcción de estructuras de mampostería.

El precio del ARMEX es más barato, dado que es menor cantidad de acero pero su fabricación como se menciona arriba mejora sus propiedades de resistencia y ayuda a cumplir con lo necesario sin mermar el área mínima requerida en la ecuación antes descrita. Con lo anterior y con base a la experiencia de las obras visitadas se opta por utilizar ARMEX.

### **5to material: Armex (2 medidas diferentes)**

#### 6.2. Maquinaria y equipo

En este tema es muy parecido para ambos métodos ya que la maquinaria y equipo va en relación al material a ocupar y en estos 2 casos, el material a utilizar es el mismo. La maquinaria o equipo que se utiliza es para mover de lugar o subir materiales, principalmente a la losa de entrepiso para la construcción del segundo piso. El equipo que se utiliza es una revolvedora para hacer las mezclas de concreto ya sea para castillos y dalas o para relleno de los huecos con refuerzo vertical.

#### 6.3. Mano de obra

La mano de obra tiene un punto fino en relación a la experiencia del personal disponible para la realización de los trabajos, ya que en México es más común la construcción de muros confinados, por lo que al no tener personal con experiencia en la construcción de muros interiormente reforzados potencialmente se tendrán detalles, retrasos, retrabajos por lo que deberá tenerse una supervisión más estricta para minimizar los mismos.

Si por otro lado se tiene la experiencia en los muros interiormente reforzados o se logra una capacitación eficiente los resultados serán muy buenos ya que resultará en trabajos más limpios y ejecución mecanizada.

#### 6.4. Procedimiento constructivo

##### **Mampostería Confinada**

###### **Cimentación**

Se habilita el acero de refuerzo sobre las zanjas excavadas para ello y se cuela una losa de cimentación en la cual quedan embebidos los Armex para los castillos de confinamiento.

###### **Muro**

Se colocan las guías verticales y el hilo para posteriormente ir colocando los bloques asentados con el mortero seco. Se realiza esta actividad hilada tras hilada, verificando la alineación del muro y colocando a (para nuestro caso), a cada 2 hiladas un refuerzo horizontal de ver. # 2.5. , y así hasta alcanzar la altura de muro deseada dejando el espacio para la dala de cerramiento que sumado a la altura de los bloques, será la altura de muro total.

###### **Cimbrado**

Una vez terminada la colocación de los bloques, se procederá a cimbrar los castillos y dalas de cerramiento indicadas para cumplir con el confinamiento del sistema.

###### **Confinamiento**

Después se procederá a colar estos elementos con concreto de características por lo menos mínimas indicadas en la NTC, buscando cubrir todo el volumen del elemento y sin que se segregue el material, y cumpliendo con todos los cuidados indicados en las NTC. para elementos de concreto.

###### **Descimbrar**

Se deberá recuperar la mayor cantidad de cimbra posible en el caso de utilizar madera como material base de esta actividad, para poder ser reutilizado.

##### **Mampostería Interiormente Reforzada**

###### **Cimentación**

Se habilita el acero de refuerzo sobre las zanjas excavadas para ello y se cuela una losa de cimentación en la cual quedan embebidos los Armex para los castillos de confinamiento.

###### **Muro**

Se colocan las guías verticales y el hilo para posteriormente ir colocando los bloques asentados con el mortero seco. Se realiza esta actividad hilada tras hilada, verificando la alineación del muro y colocando a (para nuestro caso), a cada 2 hiladas un refuerzo horizontal de ver. # 2.5. , y así hasta alcanzar la altura de muro deseada, misma que será la total del muro.

###### **Colado de celdas con refuerzo vertical**

Se rellenará con concreto especificado en las NTC, aquellas celdas que contengan refuerzo vertical, cuidando que tenga la debida fluidez y revenimiento para que corra por los espacios reducidos de las piezas. Este colado se realizará aproximadamente cada 3 o 4 hiladas de block. Para un correcto llenado.

**No hay cimbrado, y por lo tanto tampoco hay descimbrado**



## 6.5. Ventajas / desventajas

### **Ventajas de la construcción de muros a base de mampostería confinada**

- Al ser el sistema constructivo más común se tiene mayor certidumbre de que se realicen correctamente los trabajos.
- No se requiere una supervisión tan estricta, debido a los trabajos a realizar son conocidos por los trabajadores.

### **Desventajas de la construcción de muros a base de mampostería confinada**

- Requiere de cimbra para el colado de los castillos
- Afectación a los bloques en los trabajos de cimbra
- Se necesita tener mucho cuidado en el colado y vibrado del concreto en los castillos
- Se requiere esperar a que el muro tenga cierta resistencia para poder iniciar trabajos de cimbrado
- Una mayor cantidad de materiales en el área de trabajo para cada uno de los trabajos que conforman la construcción del muro.
- Aunque puede llevar refuerzo horizontal, en esencia, el sistema no obliga a hacerlo.
- 2 o 3 cuadrillas entre bloqueros, coladores y carpinteros

### **Ventajas de la construcción de muros a base de mampostería interiormente reforzada**

- No requiere de cimbra.
- Los trabajos suelen resultar muy limpios a la vista
- Evita retrabajos (perforación de muros, resane)
- Los refuerzos horizontales resultan en un mejor comportamiento ante eventos sísmicos.
- Trabajos más rápidos y continuos
- Menor número de personal involucrado en la actividad.

### **Desventajas de la construcción de muros a base de mampostería interiormente reforzada**

- Requiere de mano de obra calificada
- Se requiere una supervisión más estricta, ya que una vez finalizados los trabajos es más difícil verificar que los trabajos realizados dentro del muro (refuerzos horizontales y/o verticales y colados de celdas).
- Hay que fijar más varillas en la cimentación (trabajos previos)

## **7. Caso estudio partiendo de un proyecto**

### 7.1. Descripción del proyecto

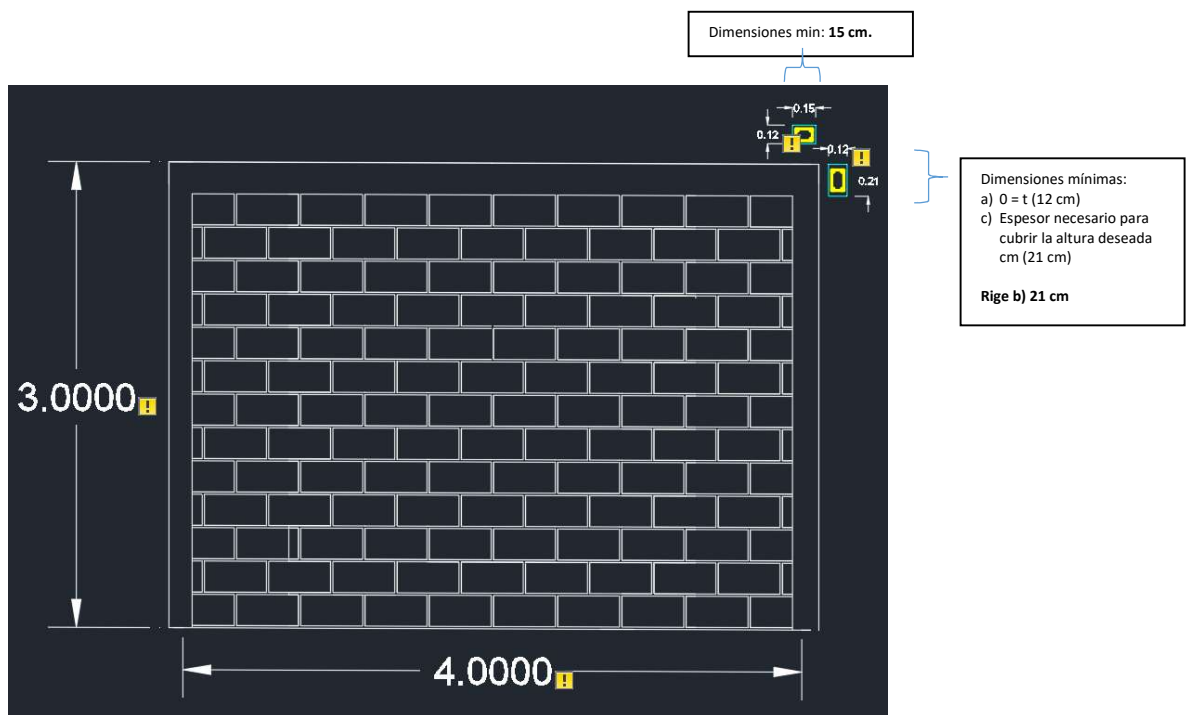
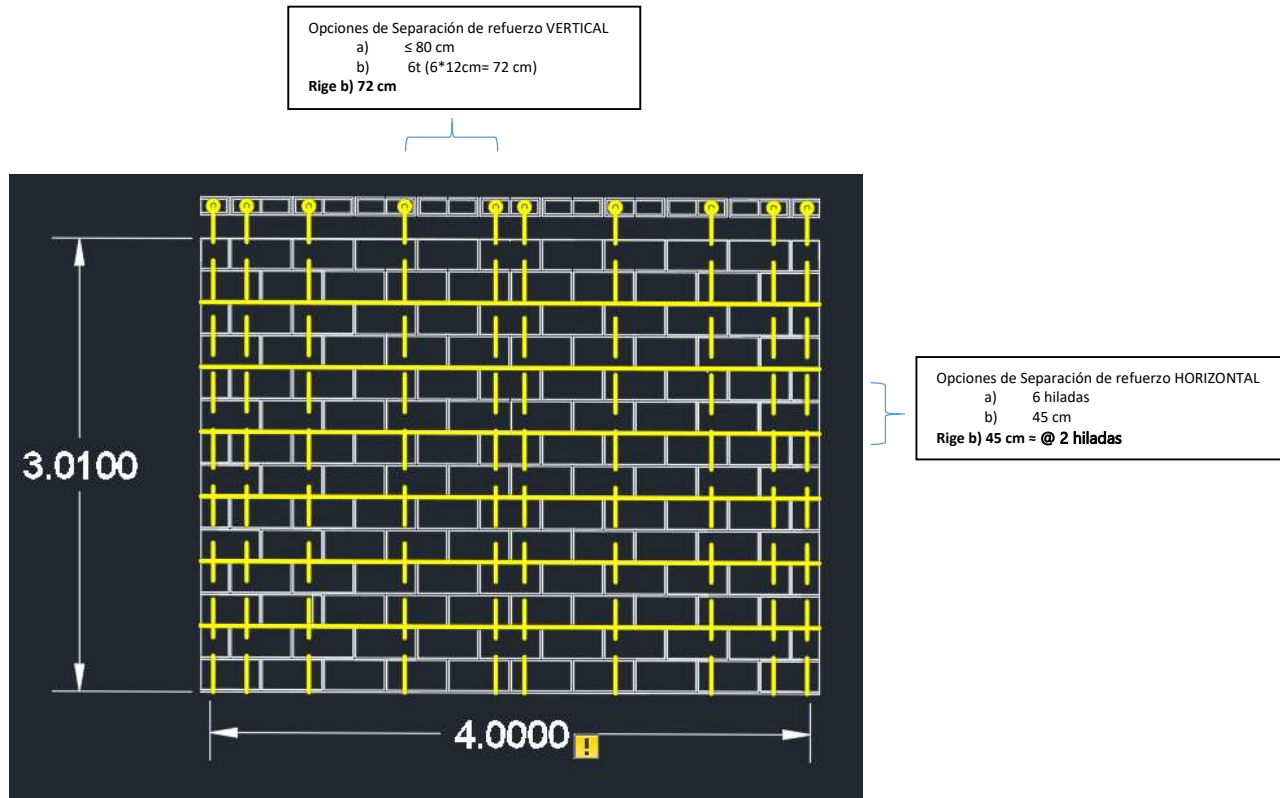
Se analizará la solución para un muro a base de block de concreto, para el cual se harán toma de decisiones con base a la variedad de materiales, sistemas constructivos, costos, tiempos, tratando de prevenir problemas comunes en la ejecución de trabajos similares con a la experiencia y haciendo uso de la innovación en el mercado.

### 7.2. Datos de proyecto

Muro de 4m de largo X 3m. de alto

Block 12x20x40

### 7.3. Visualización del proyecto resuelto





#### 7.4. Cuantificación de materiales en común

##### **Muro interiormente reforzado**

###### **ACERO DE REFUERZO**

$\Sigma$ Acero vertical= 3.01 m \* 10 = 30.1 m.

$\Sigma$ Acero horizontal= 4.20 m \* 6 = 25.2m.

###### **BLOCKS DE CONCRETO**

140 piezas\*1.05 (desperdicio)= **147 piezas**

###### **MORTERO SECO**

- Considerando que se coloca mortero en el recubrimiento del block longitudinalmente en cada hilada.

Volumen de mortero longitudinal= 1.5 cm \* 1.5 cm \* 400 cm = 900 cm<sup>3</sup> = 0.0009 m<sup>3</sup> por hilada

14 hiladas \* 0.0009 m<sup>3</sup> = **0.0126 m<sup>3</sup> de mortero \* 1.05 (desperdicio) = 0.0132 m<sup>3</sup>**

- Considerando que se coloca mortero en el lado vertical del block (x2, en frente y atrás)

Volumen de mortero = 1.5 cm. \* 1.15 cm. \* (20 cm \* 147 pzas) = 6,615 cm<sup>3</sup> = 0.006615 m<sup>3</sup>

Se requiere 11 lts de agua por saco

11 lts \* 0.41 sacos = 4.51 lts. = 0.0045 m<sup>3</sup>

- Considerando una revolvedora con rendimiento de 5m<sup>3</sup>/hr.

###### **CONCRETO PARA RELLENO DE CELDAS CON REFUERZO VERTICAL**

N° de celdas con refuerzo vertical = 10

Área de cada hueco = (12x40) - (((1.5x40) x2) + (1.3x11) + (1.5x11)) = 480-150.8 = **329.2 cm<sup>2</sup> = 0.0329 m<sup>2</sup>**

Por lo tanto 0.0329 m<sup>2</sup> x 3 m de altura = **.0987 m<sup>3</sup>**

### **Muro Confinado**

#### **ACERO DE REFUERZO**

Armex 12 x 12– 4 sección de castillo 12 x 15

Armex 12 x 20 – 4 sección de castillo 12 x 20

#### **BLOCKS DE CONCRETO**

130 piezas\*1.05 (desperdicio)= **137 piezas**

#### **MORTERO SECO PEGA BLOCK**

Considerando que se coloca mortero en el recubrimiento del block longitudinalmente en cada hilada.

Volumen de mortero longitudinal= 1.5 cm \* 1.5 cm \* 400 cm = 900 cm<sup>3</sup> = 0.0009 m<sup>3</sup> por hilada

13 hiladas \* 0.0009 m<sup>3</sup> = **0.0117 m<sup>3</sup> de mortero**

0.37 sacos de mortero \* \$165.00 = **\$ 61.05 mxn. (1)**

Considerando que se coloca mortero en el lado vertical del block (x2, en frente y atrás)

Volumen de mortero = 1.5 cm. \* 1.15 cm. \* (20 cm \* 137 pzas) = 6,15 cm<sup>3</sup> = **0.00615 m<sup>3</sup> de mortero**

Se requiere 11 lts de agua por saco

11 lts \* 0.37 sacos = 4.07 lts. = 0.041 m<sup>3</sup>

#### **CONCRETO PARA COLADO DE CASTILLOS Y DALAS**

Castillos de 12 x 12 cm: 3 m.

Dala de cerramiento 12 x 20 cm: 4 m.

#### 7.5. Costo / tiempo

A continuación se muestran costos de ambos sistemas y el tiempo de ejecución de los mismos, en el cual nos damos cuenta cómo influye la toma de decisiones en cuestión a personal, materiales, y procedimiento constructivo para realizar cierta actividad en un periodo de tiempo determinado, lo cual a final de cuentas vale la pena ponerse a pensar si un costo mayor en una obra o actividad puede representar un ahorro mayor a esa inversión una vez terminada la obra o la actividad.

**MAMPOSTERÍA CONFINADA**

Ciente:

Concurso No: LICITACIÓN  
Obra: EJEMPLO PARA VER PU

Fecha: 20/02/2020

DOCUMENTO  
ART. 45 A.X  
RLOPySRM

Lugar:  
Ciudad: CIUDAD DE MEXICO, Distrito Federal

Duración: 4 días naturales  
Inicio obra: 06/01/2020  
Fin obra: 09/01/2020

**PROGRAMA DE EROGACIONES DE LA EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS (POR CONCEPTO)**

Código	Descripción	Unidad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Total
<b>Albañilería</b>							
Albañilería							
304-ALB-02-052	Muro de 12 cm de block de concreto de 12x20x40 cm. asentado con mortero seco STONCRETE, con refuerzos horizontales y verticales a base de var #2.5 colocados como lo indique el plano, incluye: materiales, acarreo,	M2	59.137643%				59.137643%
			12.000000				12.000000
			\$4,200.60				\$4,200.60
	mano de obra, equipo y herramienta.						
304-ALB-04-011	Castillo de 12x15 cm. concreto f'c=150 kg/cm2 con gravilla de F'c=150 kg/cm2, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y	M		17.552502%			17.552502%
				3.000000			3.000000
				\$1,246.77			\$1,246.77
	herramienta.						
304-ALB-03-056	Dala de 12x20 cm, con concreto hecho en obra de F'c=150 kg/cm2, incluye: materiales, acarreo, desperdicios, coldado, mano de obra, equipo y herramienta.	M		23.309855%			23.309855%
				4.000000			4.000000
				\$1,655.72			\$1,655.72

	Monto esta hoja:	\$4,200.60	\$2,902.49			\$7,103.09
	Acumulado:	\$4,200.60	\$2,902.49			\$7,103.09
DIRECTOR GENERAL: ING. ROBERTO ROCHA ELIZALDE						

### MAMPOSTERÍA INTERNAMENTE REFORZADA

Cliente:

Concurso No: LICITACIÓN  
Obra: Ejemplo de PU

Fecha: 20/02/2020

DOCUMENTO  
ART. 45 A.X  
RLOPySRM

Lugar:  
Ciudad: CIUDAD DE MÉXICO, Distrito Federal

Duración: 1 día natural  
Inicio obra: 06/02/2020  
Fin obra: 07/02/2020

#### PROGRAMA DE EROGACIONES DE LA EJECUCION GENERAL DE LOS TRABAJOS (POR CONCEPTO)

Código	Descripción	Unidad	Día 1	Día 2	Día 3
<b>ALBANILERIA</b>	<b>ALBANILERIA</b>				
304-ALB-02-052	Muro de 12 cm. de block de concreto de 12x20x40 cm asentado con mortero seco STONCRETE, con refuerzos horizontales y verticales a base de var #2.5 colocados como lo indique el plano, incluye: materiales, acarreos,	M2	98.262801%		
			12.000000		
			\$7,638.96		
	mano de obra, equipo y herramienta.				
304-ALB-03-056	Relleno de celdas con concreto hecho en obra de F'c=150 kg/cm2, incluye: materiales, acarreos, desperdicios, coldado, mano de obra, equipo y herramienta.	M	1.737199%		
			1.000000		
			\$135.05		

	Monto esta hoja:	\$7,774.01		
	Acumulado:	\$7,774.01		
DIRECTOR GENERAL: ING. ROBERTO ROCHA ELIZALDE				

## 8. Estudio de Campo

8.1. Visita a una obra, construcción vivienda con mampostería confinada.

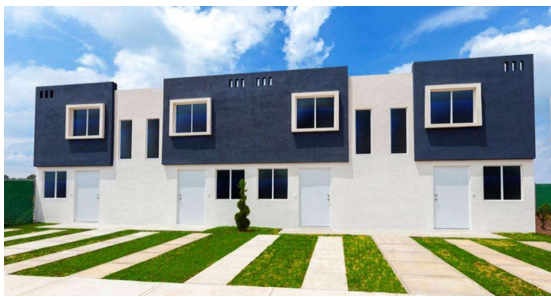
### VISITA A OBRA “Jardines de Bugambilia, Zumpango, Edo de México “

**EMPRESA DESARROLLADORA: Casas JAVER**

#### Descripción del proyecto

El desarrollo habitacional está conformado por casas con estructura tipo I y tipo II. Son casas diseñadas con mampostería confinada lo que quiere decir que son muros de tabique o block juntas con mortero estructural y confinado con elementos de concreto como son castillos y dalas, este sistema será quien soportará las cargas vivas, cargas muertas y accidentales que pueda tener la estructura.

#### CASA CON ESTRUCTURA TIPO I



#### CASA CON ESTRUCTURA TIPO II



#### CASA CON ESTRUCTURA TIPO I: PRECIO \$530,000.00 PESOS



#### Planta Baja

- Sala - comedor
- Cocina
- 1/2 baño
- Patio de servicio
- Área para jardín
- Estacionamiento para 1 auto



#### Planta Alta

- 2 recámaras con espacio para clósets
- 1 baño completo



### CASA CON ESTRUCTURA TIPO II: \$399,000.00 PESOS



- Sala - comedor
- Cocina
- 1 baño completo
- Patio de servicio
- Estacionamiento para 1 auto
- 2 recámaras con espacio para clósets

### Cimentación

La cimentación son losas de concreto armadas malla electrosoldada y se ancla a ella los armados para los castillos con armex de diferentes medidas con resistencia a la tensión de 5,700 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo. Es importante dejar las preparaciones de instalaciones, principalmente sanitarias. Cabe destacar que el proceso constructivo tradicional para muros de mampostería confinada es levantar primero el muro de block y después armar y colar los castillos que darán el confinamiento al elemento, sin embargo, en este caso, como son casas tipo, ya se tiene una previa modulación de las piezas para que pueda anclarse los castillos a la cimentación. Lo anterior se puede observar en las fotografías de abajo. En este proyecto pude observar además que no se tuvo la coordinación o supervisión necesaria para lograr que las preparaciones de las instalaciones no influyera en el colocado de los blocks de muro, ya que el bloquero tuvo que lidiar con las instalaciones para poder alzar su muro.



## Materiales

Los bloques utilizados en esta obra sin duda deben cumplir con la norma NMX-C-404-ONNCCE para piezas de mampostería de uso estructural, sin embargo, hubo variaciones en los proveedores durante el mismo proyecto lo cual resulto en distintas calidades, tanto en vista, como geometría (largos y ancho con diferencias pero dentro de la norma), lo que nos lleva a una ejecución no tan fina, lo ideal hubiera sido un mismo proveedor y que éste tenga un control de calidad estricto que te garantice su producto en todos aspectos.



El mortero sin duda debe cumplir con la norma NMX-C-486-ONNCCE para muros estructurales y con el ensaye a compresión con cumplimiento a la norma NMX-C-061-ONNCCE, sin embargo, en esta obra dependía del bloquero la calidad del mortero, ya que este es hecho en obra, y aquí reitero que no se tenía una supervisión continua para garantizar que el material utilizado sea el requerido para su función.



## **Diseño**

El diseño sin duda debe cumplir con el Reglamento de construcciones del Distrito Federal y en especial con las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. En esta obra los aspectos más básicos si los cumple, como dala en cada extremo de muro, separación de dala igual o menos a 3 m., refuerzo en el perímetro de aberturas, etc.

## **Instalaciones**

Aun que el sistema constructivo utilizando bloques doble hueco permite que las instalaciones puedan ir por dentro de los mismos huecos, la mala planeación o comunicación dentro de la ejecución del proyecto, así como la organización y los tiempos que no se quieren perder en la marcha, resulta con piezas cortadas, lo que implica casi un colado de castillo, ya que en esta obra por ejemplo se tiene aberturas de 20 cm de largo por 1.5 de alto aproximadamente. Además el sistema de estas casas es que 2 casas estén compartiendo un muro lo que también dificulta estos huecos de instalaciones, ya que se diseña para que estén uno al lado del otro y ya no podrían entrar en los huecos, aunque bueno, regresa al tema de planeación y diseño donde tendrían que resolver y prevenir, para tener una ejecución más limpia, rápida y sencilla.

## **Procedimiento constructivo**

El procedimiento constructivo es el tradicional, se coloca la regla con polines ayudado por un plomo, este ayudará a dar alineación a nuestro muro, se hace un presentado de las piezas para asegurar la colocación de los mismos, y se va construyendo hilada por hilada, la horizontal la controlan con ayuda de hilo de lado a lado y al final se contra ventean los muros con polines cargados con bloques para que este no se dañe mientras va desarrollándose su resistencia del mortero, así como, a la espera de que se cuelen los castillos que le den rigidez al muro.

A pesar de tener un procedimiento tradicional sin complejidad alguna, no se tienen ciertos cuidados que también deben venir desde el diseño y la planeación, ya que la modulación no está determinada, lo que implica que se deja a criterio de los bloqueros el orden de los blocks, afectando directamente al diseño o planeación en instalaciones, en tiempos de ejecución, aunque en el estricto sentido, cumple con las funciones del muro, pero se deben hacer trabajos extras para subsanar algún problemas derivado de ello.



8.2. Visita a una obra, construcción vivienda con mampostería reforzada interiormente.

**VISITA A OBRA “Real Granada, Edo de México “**

**EMPRESA DESARROLLADORA: Inmobiliaria Vinte**

**Descripción del proyecto**

El desarrollo habitacional está conformado por casas con estructura tipo I. Son casas diseñadas con mampostería interiormente reforzadas lo que quiere decir que son muros block estructural junteados con mortero estructural y reforzada con acero vertical y horizontalmente dentro del propio muro. Este sistema será quien soportará las cargas vivas, cargas muertas y accidentales que pueda tener la estructura.

**CASA CON ESTRUCTURA TIPO I**



**CONSTRUCCIÓN: 77 M2**

**PRECIO: 1'000,000.00 PESOS**



## Cimentación

Esta etapa fue muy similar en ambos proyectos (mampostería confinada e interiormente reforzada), ya que también es cimentación con losas de concreto armadas malla electrosoldada dejando las preparaciones de instalaciones, principalmente sanitarias.

## Materiales

Los bloques utilizados son concreto medida 12x20x40, el proveedor es IBMEX, y cumplen con las normas para piezas de mampostería de uso estructural, especificación esencial para este método constructivo ya que al igual que la mampostería confinada son muros de carga.



El mortero para pegar las pzas concreto en este proyecto fue preparado con sacos de mortero seco marca STONCRETE, mismo que rinde 31 lts. por cada saco de 50 kg., y para esto se debe agregar de 10 a 11 lts de agua.



## **Diseño**

El diseño sin duda debe cumplir con el Reglamento de construcciones del Distrito Federal y en especial con las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. En esta obra los aspectos más básicos si los cumple, como doble refuerzo vertical en esquinas de muro, refuerzo vertical máximo a cada 80 cm, refuerzo horizontal máximo a cada 45 cm o 6 hiladas, así como ganchos en las intersecciones de muro. Por lo que en este punto no hay nada extra a comentar.

## **Instalaciones**

En este sistema constructivo y utilizando bloques doble hueco permite que las instalaciones puedan ir por dentro de los mismos huecos. Deben dejarse las preparaciones respectivas para los servicios de agua potable y luz, así como la de descargas de agua pluvial que va en conexión desde la cimentación. En este proyecto se lleva a cabo un trabajo muy limpio y eficaz, ya que se las preparaciones antes del levantamiento de muros es correcta, lo que ayuda a que los bloqueros puedan levantar el muro sin problemas y sin tener que hacer huecos en los bloques, ya que esta actividad la realizaran los eléctricos y plomeros una vez terminado el muro, pues de acuerdo a los planos harán los cortes con equipo especializado logrando exactitud, lo que indica un buen trabajo en diseño, orden y ejecución.

## **Procedimiento constructivo**

Este sistema lleva por esencia refuerzo vertical y horizontal. El procedimiento constructivo es en primera instancia embeber el refuerzo vertical en la cimentación o losa de entrepiso, respetando la separación conforme a diseño y modulación previa. Se van colocando las piezas en el orden indicado para empalmar con el refuerzo vertical. Los apoyos para la alineación horizontal vertical son las tradicionales, con hilo, contra venteos, y plomada. El refuerzo horizontal irá a cada cierto número de hiladas, el cual resulta del diseño previo, y este se colocará embebido en la junta. Se deberán colar con concreto o a veces con el mismo mortero de pega block, aquellos huecos en los cuales se lleve refuerzo vertical.

8.3. Comparativa de los procesos observados en cada visita y resumen de los costos reales de construcción.

## **CALIDAD DE LOS MATERIALES**

En el caso de la obra VINTE, se suministró con bloques de alta calidad y uniformidad marca IBMEX lo que resulta en precisión y mejores rendimientos durante la ejecución.

VINTE además utilizó un mortero seco para pegar sus piezas, lo que resulta muy efectivo y garantiza su calidad.

Utilizando mortero seco para pegar piezas, se ocupa 16.67 kg de mortero por m<sup>2</sup> de muro ó 10.33 lts de mortero por m<sup>2</sup> de muro, lo anterior de acuerdo a la ficha técnica de Industrial bloquera para bloques 12x20x40.

El mortero seco de la marca STONCRETE, siguiendo la dosificación indicada, nos ayuda a obtener un mayor rendimiento de mano de obras, mayor limpieza, mayor control de almacenaje y menor desperdicio, una mejor adherencia, mejor manejabilidad y consistencia, además de no tener sufrir escurrimientos de junta al asentar la pieza.

2 m<sup>2</sup> de mortero por saco de 50 kg alcanza para pegar aproximadamente 24 pzas.

## **PROCESO CONSTRUCTIVO**

En particular, este proyecto a cargo de VINTE, ejecuta ciertos trabajos, que a comparación con otros, considera puntos que aunque parecieran poco importantes, al encontrarles una solución eficaz resulta en mayor avance en menor tiempo, buscando siempre la optimización de los trabajos.

## **9. Conclusiones y recomendaciones para la implementación de cada una de las modalidades de refuerzo.**

Tras la evaluación concluimos que la construcción a base de muros de carga es muy eficiente para proyectos de vivienda principalmente, ya que permite en primera instancia un diseño menos minucioso que las estructuras de concreto o acero, además permite una ejecución en serie y relativamente fácil de realizar. El tiempo puede optimizarse dependiendo la fuerza de trabajo que se invierta y una buena planeación estratégica.

En los 2 sistemas constructivos a base de mampostería con blocks de concreto vimos que existen alternativas para un mismo objetivo, pero que pueden variar en tiempo, costo y calidad.

Sin embargo, al contestar a la pregunta planteada en el objetivo de este documento, obtenemos que el sistema Mampostería Confinada es más económico de forma directa, pero el factor tiempo puede verse afectado, ya que los trabajos que requiere involucran a más personal, y sus procesos requieren de cierto tiempo para continuar, eso se puede reflejar directamente en los trabajos de cimbra y lo que conlleva a que una vez que los elementos de concreto lleguen a una resistencia adecuada deberá descimbrarse, lo que es, regresar a un lugar donde ya se habría acabado el muro como tal.

El hecho de que más gente se involucre en los trabajos puede entorpecer las actividades mismas.

El sistema Mampostería Internamente reforzada requiere una inversión mayor, sin embargo trae consigo en esencia una prevención de retrabajos y una dinámica de avance que vale la pena pagar para alcanzar mejores calidades, optimización de nuestra mano de obra y lograr tiempos muy cortos de ejecución masiva. En este sistema todo ya se tiene pre-diseñado por lo cual el rango de errores es menor.

## **10. Fuentes Consultadas**

- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, 2017.
- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, 2004.
- Edificaciones de Mampostería, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.c., 2019.

## **11. Anexo Fotográfico**

Para un mejor detalle visual, se anexan fotografías de ambos sistemas.



### Mampostería Confinada



Losa de cimentación con armado de castillos embebidos en ella.



Plomo de muro interiormente reforzados.



### Mampostería Confinada



Muro concluido, siguiente paso colado de castillos.



Área de trabajo, materiales, avance de muro, castillos pendientes de colar.

### Mampostería Confinada



Muro concluido, detenido con bloques para prevención de desviación vertical.



Muro terminado



### Mampostería Confinada



Cimbra y habilitado de acero para losa de entrepiso



Habilitado de acero para losa de entrepiso.



### Mampostería Confinada



Habilitado de acero para losa de entrepiso



Proceso constructivo, alineado con hilo, junteo con mortero y colocación de block.



### Mampostería Confinada



Material de trabajo.



Mortero premezclado



### Mampostería Confinada



Instalaciones embebidas en los block.



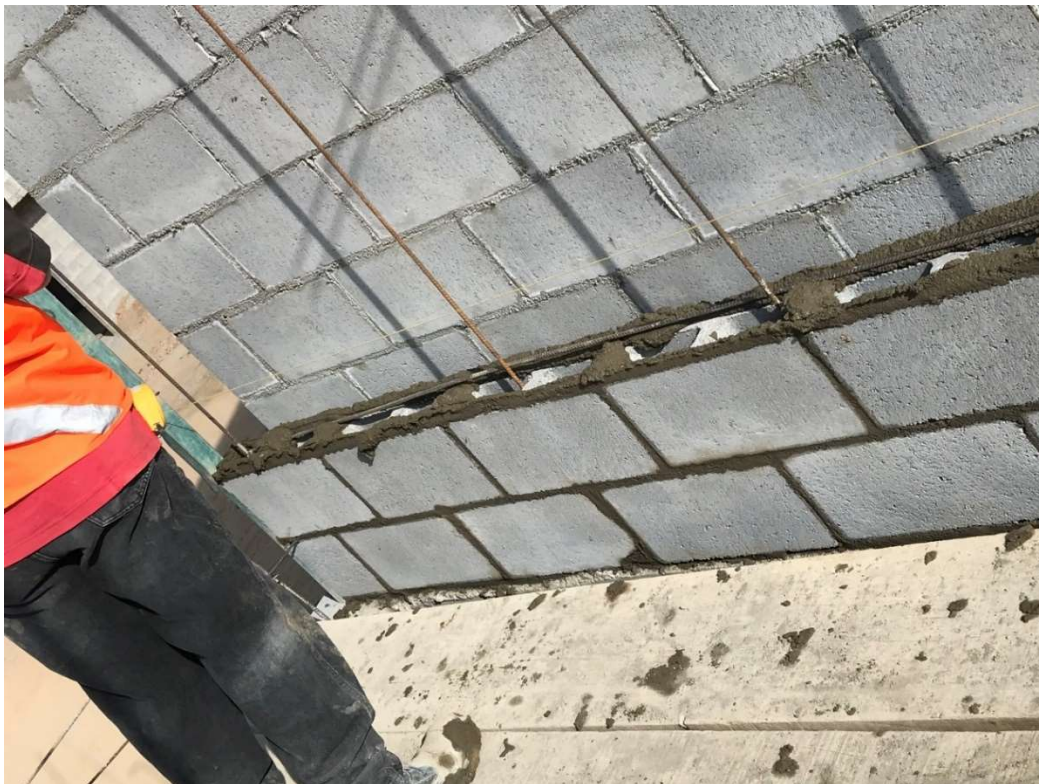
Cimbrado de dalas de cerramiento en mampostería confinada.



### Mampostería Interiormente Reforzada



Habilitado de refuerzo vertical en losa de cimentación para mampostería interiormente reforzada.



Mampostería interiormente reforzada, visualización de junteo y acero de refuerzo vertical y horizontal.



### Mampostería Interiormente Reforzada



Mano de obra en acción (Mampostería interiormente reforzada).



Colado de celdas con refuerzo vertical, en mampostería interiormente reforzadas

### Mampostería Interiormente Reforzada



Muro interiormente reforzado (terminado).



Traslapes o esquinas de muros interiormente reforzados.



### Mampostería Interiormente Reforzada



Fachada principal de casas con muros interiormente reforzados.



Mampostería Interiormente Reforzada (terminada).