



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

BLOCK MACHIHEMBRADO PARA MAMPOSTERÍA CONFINADA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
LUIS CARLOS ALMEIDA NÚÑEZ

TUTOR PRINCIPAL:
ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. SEPTIEMBRE DEL 2013

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Carlos Javier Mendoza Escobedo

Secretario: M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas

Vocal: Ing. Juan Luis Cottier Caviedes

1^{er.} Suplente: M.I. José Álvaro Pérez Gómez

2^{do.} Suplente: M.I. Héctor Javier Guzmán Olguín

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

TUTOR DE TESIS:

ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES

FIRMA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: FACTIBILIDAD TÉCNICA

1.1 Modelo de prueba.

1.2 Diseño del molde.

1.3 Pruebas de ensamblaje.

1.3.1 Importancia de estas pruebas.

1.3.2 Fallas y correcciones.

1.3.3 Ensamble de piezas.

1.4 Pruebas mecánicas.

1.4.1 Importancia de estas pruebas.

1.4.2 Diseño del concreto.

1.4.3 Pilas de ensayo.

1.4.4 Resistencia a compresión de las piezas: f_p *

1.4.5 Resistencia a compresión de la mampostería: f_m *

1.4.6 Resistencia al cortante de la mampostería: v_m *

1.4.7 Resistencia al aplastamiento.

1.4.8 Resistencia a la tensión.

1.4.9 Módulo de elasticidad: E_m

1.5 Módulo de cortante: G_m

1.6 Comparación de propiedades mecánicas de la mampostería propuesta con otras mamposterías existentes.

CAPÍTULO 2: FACTIBILIDAD ECONÓMICA

2.1 Costo por block.

2.2 Costo del molde.

2.3 Comparativa de costos por pieza con otras mamposterías.

2.4 Rendimiento de instalación de la mampostería propuesta.

CAPÍTULO 3: SUSTENTABILIDAD

3.1 Beneficio social

3.2 Beneficio económico.

3.3 Beneficio ambiental.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

APÉNDICES

RESÚMEN

Las obras de edificación están compuestas por una gran cantidad de actividades, en las que están incluidas la construcción de muros de mampostería, ya sea para *dividir espacios*, funcionar como *muro estructural* o realizar ambas funciones, y son estas mismas actividades las que causaron un interés personal en este trabajo, puesto que en las construcciones en las que he participado, he visto con detenimiento los procesos que implican construir un muro de mampostería.

La intención de este estudio fue desarrollar una mampostería que sea más rápida de edificar que la tradicional de block o tabique unidos con un mortero. Con esto se busca optimizar los factores de *tiempo* y *costo*, aislando los desperdicios de materiales y mano de obra.

El trabajo se desarrolló en tres capítulos. En el primer capítulo, Factibilidad Técnica, se define el prototipo, se prueba la eficacia de su ensamblaje y se realizan dos muretes de ensayo y se someten a la prueba de *Compresión Diagonal*, para la obtención del *Esfuerzo Cortante*, con la intención de evaluar su comportamiento bajo cargas de trabajo.

El segundo capítulo está enfocado a dar a conocer el costo directo de la fabricación del molde y cada block de los que conforman los muretes de prueba, así como tener una primera aproximación de un rendimiento de mano de obra en la construcción de esta mampostería.

En el tercer capítulo se exponen algunas ideas que relacionan una mampostería machihembrada con el aspecto de la *Sustentabilidad*, suponiendo que se llega a idealizar el block de manera definitiva para formar una mampostería machihembrada. Esto es analizar el block presentado desde las perspectivas sociales, económicas y ambientales.

El aspecto de más cuidado en el desarrollo del block, fue la precisión en sus dimensiones. Se logró tener una correcta colocación de los botones, y los huecos de ensamble, lo que permitieron realizar un correcto acomodo, y con ello se tuvieron las primeras demostraciones de que un sistema machihembrado sí es posible de realizar.

Durante el desarrollo del trabajo, se obtuvieron diversos aprendizajes que abarcan desde el aspecto personal hasta el profesional: manejo de materiales como la fibra de vidrio, la madera y el concreto, en las cuales es común que un ingeniero carece de experiencia propia al manipular físicamente los materiales de construcción.

Así mismo, se tuvo la necesidad de realizar una modificación en el diseño del block, debido al descimbrado del concreto, pero esto no representó un retraso significativo en el trabajo.

INTRODUCCIÓN

Haciendo un análisis de las diferentes etapas de una construcción de edificación, veremos en la Programación de Obra actividades que se encuentran ligadas al levantamiento de muros divisorios y estructurales. En la actualidad, al construir muros estructurales o divisorios, hechos con cualquier mampostería tradicional, veremos que los blocks que lo conformarán, deben estar unidos entre sí por medio de mortero hecho en base de agua-arena-cemento, en el cual en su fabricación se tendrá, por mínimo que sea, un desperdicio de los materiales que componen el mortero para unir los blocks anteriormente mencionados. Adicionalmente, el factor humano hace que al momento de pegar un block con otro, se genere un desperdicio mínimo de mortero preparado. Lo descrito anteriormente se comprueba cuando se observa en el Catálogo de Conceptos la parte donde se considera un porcentaje mínimo de desperdicio en la elaboración del precio unitario. Se trata de un desperdicio de los materiales que conforman el mortero, que este servirá a su vez como material para unir un block con otro.

De igual manera, la persona encargada para la construcción de un muro de mampostería, debe dedicar tiempo necesario para la colocación y distribución del mortero, colocación y acomodo del block y finalmente la alineación de este para continuar con la siguiente pieza, por lo que si el instalador en turno es inexperto o no se tiene la correcta supervisión sobre él, se da oportunidad a que se generen tiempos perdidos, y con esto bajarán los rendimientos que fueron considerados al elaborar el presupuesto de la obra. En un caso contrario, un experto en colocación de block, cobrará un sueldo competitivo a la empresa constructora por la reducción del tiempo en el levantamiento de un muro de block. Lo descrito con anterioridad se encuentra referido al rendimiento en la *mano de obra*, el cual afecta los costos directos de una construcción.

En cuanto al *Factor de Herramienta Menor (FHM)*, no se considera un elemento significativo para que sea tomado en cuenta al momento de integrar el *Costo Unitario del Trabajo* si bien hablamos del ahorro económico en este tipo de mampostería confinada. El ingeniero Carlos Suárez Salazar cita en su bibliografía "Costo y Tiempo en Edificación":

"2.3520. Factor de herramienta menor (1% a 5%)

La depreciación de la herramienta que usa en forma particular el operario, representaría un estudio demasiado extenso y juzgamos poco significativo, la costumbre ha consignado un valor de 3% que aceptaremos para el desarrollo de este texto, apuntando que este cargo debe ser reflejado a la empresa que lo eroga para reposición del mismo o en su caso al operario, que en varias zonas de la República acostumbra usar su propia herramienta." Pág. 121, 3ª edición.

Por lo tanto, el FHM no fue analizado en este trabajo, sin embargo se menciona únicamente con la intención de hacer notar que la herramienta menor necesaria para levantar un muro de block del tipo machihembrado, es menos requerida, pues no se necesita elaborar algún mortero de unión entre piezas.

En base a lo anterior, se pueden formular varios cuestionamientos para iniciar una investigación:

- 1.- ¿Se pueden eliminar los desperdicios de materiales en la construcción de un muro?
- 2.- ¿De qué manera se pueden eliminar o reducir estos desperdicios?
- 3.- ¿Se puede reducir el tiempo al construir un muro divisorio o estructural hecho con blocks?
- 4.- ¿Cuánta experiencia requiere un instalador de blocks para levantar un muro?
- 5.- ¿Cuántos pasos se requieren para colocar un solo block?
- 6.- ¿Se pueden reducir estos pasos, y a cuántos?
- 7.- Si se lograra reducir el tiempo al construir un muro de mampostería confinada ¿quiénes y de qué manera resultarían beneficiados?
- 8.- Una mampostería confinada hecha con block de tipo machihembrado ¿a qué tipo de edificación puede servir?
- 9.- ¿Qué elementos estructurales pueden ser construidos con una mampostería hecha con block machihembra?
- 10.- ¿Qué ventajas y desventajas tiene este tipo de mampostería (machihembrada y confinada) frente a los existentes?

Los cuestionamientos anteriores impactan directamente en los aspectos *costo* y *tiempo* de una edificación.

En el siguiente trabajo de investigación se tienen como objetivos:

- Desarrollar un block que sea unido con otros mediante el acoplamiento de su sistema macho-hembra.
- Formar dos muretes y realizarles pruebas mecánicas, en apego a las normas ONNCCE y NTC del RCDF, para examinar su factibilidad constructiva, y analizar su comportamiento bajo cargas.

Las hipótesis generales en este trabajo son:

1. El sistema machihembrado propuesto es factible desde el aspecto de un proceso constructivo.
2. El sistema machihembrado propuesto presentará un comportamiento adecuado desde un enfoque estructural.

Es decir, se espera que sea posible construir un muro sin más complicaciones, y que el comportamiento de los muretes de ensaye bajo la prueba de compresión diagonal, presente estabilidad y sea adecuado desde un enfoque estructural.

De cumplirse las hipótesis anteriores, se podrá innovar un proceso constructivo existente y con ello optimizar *tiempos* y *costos* en la construcción.

Los usos que una mampostería machihembrada puede tener, son los siguientes:

- Muros estructurales confinados.
- Muros divisorios confinados.
- Muros diafragma.
- Rodapiés de cimentaciones corridas.

Las excepciones constructivas que se pueden tener con el sistema, son:

- Cisternas, ya que la unión de una pieza con otra no resulta en un elemento totalmente permeable y se necesitarían recubrimientos especiales para asegurar la estanquidad.
- Muros de retención, pues los blocks con los que se llegan a construir este tipo de muros son huecos y van rellenos de concreto armado. El block machihembrado no da opción de algún relleno.
- Muros de recubrimiento, que aunque no son comunes, se utilizan para proteger superficialmente al terreno de la acción de la erosión y meteorización.

La factibilidad del sistema machihembrado en los usos anteriores, estaría determinada por estudios posteriores de tipo estructural, los cuales no se encuentran en el alcance de este trabajo.

Determinar la factibilidad del sistema machihembrado, desde el punto de vista estructural, implica realizar todas las pruebas que marcan las normas ONNCCE y las NTC del RCDF, lo que corresponde al área de *Estructuras* dentro de la Ingeniería Civil, por lo tanto este punto queda fuera de los alcances del trabajo.

Por sus dimensiones, el block es la pieza inmediata a los ladrillos de barro rojo recocido. Las casas prefabricadas las considero como un solo elemento colado. Los paneles serían el elemento inferior inmediato a una casa prefabricada. Por lo tanto, considero al block machihembrado como la transición entre el panel y la mampostería unida con mortero arena-cemento.

Este planteamiento, en cuanto a dimensiones y tipo se refiere, se apoya en tres cuestiones:

- La manera en que se unen las piezas para simular una sola masa sólida.
- Trabajabilidad de la pieza.
- Dimensiones del muro diferentes para cada proyecto.
- Especialización de la mano de obra.
- Costo: mano de obra y materiales.

La finalidad de los puntos anteriores, es que al ser unidos entre sí se comporten como una masa sólida y uniforme. Basados en el mismo principio, para este trabajo se buscó un arreglo en los

blocks para que la unión de varias piezas fuera de manera ordenada y eficiente, de tal manera que el muro formado cumpla con la solidez y uniformidad anteriormente mencionada.

Esta tesis servirá de base a los interesados en desarrollar nuevos elementos de mampostería confinada de tipo machihembra. Así mismo, la geometría de las piezas probadas puede servir de apoyo para poner en prueba materiales existentes y materiales nuevos que emergen día a día como producto de la investigación.

CAPÍTULO 1: FACTIBILIDAD TÉCNICA

En este capítulo se verificó que la geometría y las propiedades mecánicas del modelo propuesto, cumplan con las normatividades de construcción vigentes en la República Mexicana. Estos son:

- ONNCCE: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. a la par con las normas mexicanas NMX.
- NTC del RCDF: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Toda norma que sea mencionada en el desarrollo de la investigación puede ser consultada en la bibliografía de la tesis, al final del documento.

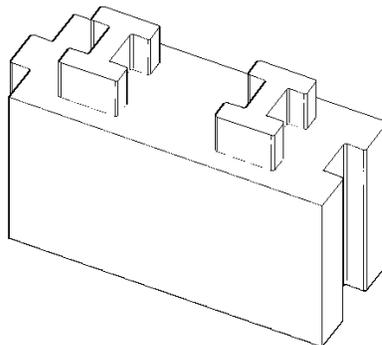
1.1 Modelo de prueba.

En periodos anteriores se había estudiado la manera de elaborar el complejo sistema machihembrado, el cual tiene que cumplir principalmente con la característica de lograr una conexión de manera ordenada y eficaz para conferir al muro una dureza uniforme.

A continuación se dará a conocer el modelo definido desde el punto de vista:

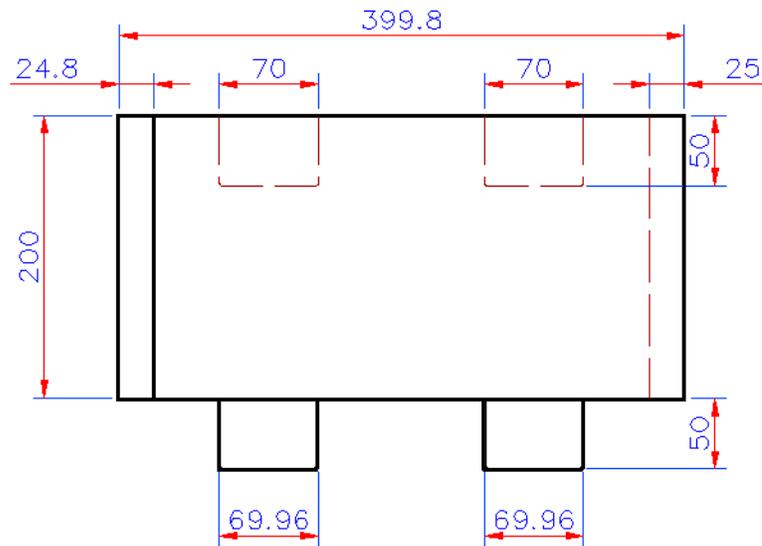
- De su geometría.
- De sus dimensiones.
- De su material.

La geometría del modelo fue la siguiente:

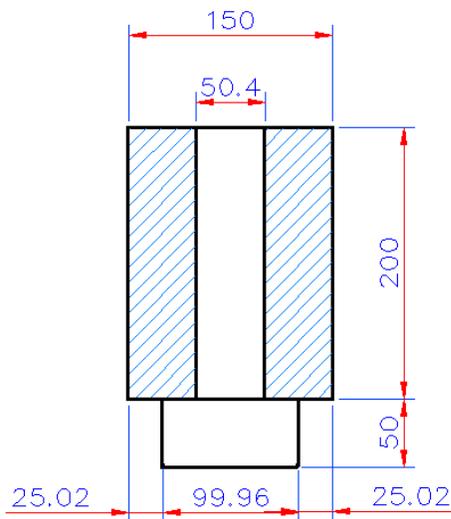


Isométrico

Las dimensiones del modelo de prueba son las siguientes:

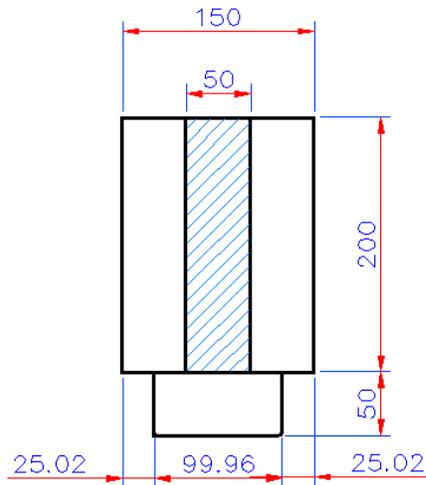


Vista lateral

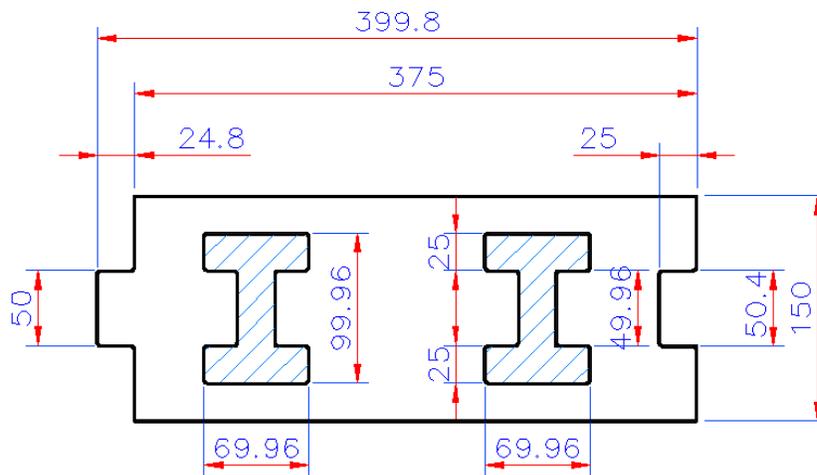


Vista posterior.

NOTA: Cotas en milímetros.



Vista Frontal



Vista en planta

NOTA: Cotas en milímetros.

Como material para elaborar los blocks, se decidió utilizar un concreto ordinario (CPO). Las razones por las que se decidió emplear un CPO son las siguientes:

- Es el material más común y accesible de acuerdo a los alcances del trabajo.
- Diseño del concreto a conveniencia de sus propiedades mecánicas.
- Facilidad para producirlo.
- Facilidad de colado en el molde.
- El concreto es un compuesto cuyos materiales pueden ser obtenidos casi en cualquier localidad.

El modelo de prueba cumple con la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005. Además, están consideradas las siguientes particularidades:

- El acabado de la pieza no es trascendental en cuenta para las pruebas posteriores.
- Los botones del block tienen geometría tipo "I".
- Las esquinas presentan curvatura en su longitud, con la finalidad de evitar fisuras.

El volumen del block es de: $(0.20\text{m} \times 0.15\text{m} \times 0.375\text{m}) \times 1000 = 11.25$ litros.

1.2 Diseño del molde.

Para fabricar los blocks de concreto, se realizó en un molde a base de madera y fibra de vidrio, cuidando los detalles en los materiales, y especialmente en las dimensiones, para las cuales la precisión fue verificada. Con la finalidad de corregir y asegurar la geometría de los blocks para el ensamblaje, fue necesario resanar algunas partes del molde.

La elaboración del molde se encuentra a continuación:

- Se elaboró un despiece del molde de acuerdo a las dimensiones del block.
- Se utilizó madera de primera, de 1" de espesor y en anchos de 6" y 3". Para reducir desperdicios, los recortes de las piezas compradas se ejecutaron de la siguiente manera:

2 tablones de 1" x 6" x 10'

TABLA 1:

45cm	45cm	45cm	45cm	45cm	45cm	35cm
------	------	------	------	------	------	------

TABLA 2:

4 PZS (1@15CM)

45cm	45cm					30.5cm	30.5cm	25cm	34.5cm	34.5cm
------	------	--	--	--	--	--------	--------	------	--------	--------

2 tablas de 1" x 3" x 8'

TABLA 1:

1'	1'	1'	1'	1'	1'	1'	26.5cm
----	----	----	----	----	----	----	--------

TABLA 2:

1'	1'	1'	37.1cm	37.1cm	37.1cm	37.1cm
----	----	----	--------	--------	--------	--------

Despiece de la madera.

Dibujos sin escala.

Para evitar deformaciones en la madera, se aplicaron 3 capas densas de barniz en las caras que darán hacia el exterior del molde. Así mismo, también se aplicaron 3 capas densas de aceite industrial en las caras que quedaron hacia el interior. Las aplicaciones interiores tuvieron además la función de desmoldante.





Cortes de madera barnizados.

La tapa del molde está conformada por un entramado de tabletas longitudinales y transversales. Así mismo, cuenta con seis agujeros para que el aire y el concreto de exceso sean purgados. De esta manera se asegura reducir al mínimo el aire atrapado.



Vista superior.



Vista lateral.

Las formas de madera que imprimen en el concreto el sistema machihembrado fueron hechas de madera, y después se unieron a la tapa utilizando adhesivo y pijas para madera por la parte superior de cada una de las formas. Se verificó la exactitud en las dimensiones.



Verificación de escuadras.



Verificación de medidas.



Piezas resanadas.

Las esquinas fueron desbastadas para generar un radio de 4.2 milímetros. Para verificar la curvatura, se elaboró un instrumento con plastiloka a partir de un bolígrafo, como se muestra en la siguiente imagen:



Instrumento para verificar curvaturas.



Desbaste en las esquinas de la pieza.



Verificación de la curvatura en esquinas.



Pieza terminada.

En la elaboración de los laterales del cuerpo del molde se revisó únicamente la precisión en sus dimensiones.

La elaboración de las tapas anterior y posterior del molde fue de elevado cuidado, ya que esta es una de las partes claves del ensamblaje longitudinal entre blocks.



Parte exterior de las tapas.



Parte interior de las tapas.

Una vez terminado el cuerpo del molde, se procedió a completar la tapa. Para la precisa ubicación de las formas de madera en la tapa, se tomaron medidas exactas del molde y se computarizaron en el programa Auto CAD. Luego se recortaron pequeñas piezas de madera con las medidas que el dibujo computarizado arrojó. Esta parte fue clave para el correcto ensamblaje vertical de los block.



Ubicación exacta mediante el uso de piezas seriadas A – D.

El paso siguiente fue unir las formas de madera a la tapa mediante pijas para madera. Después, se extrajo con fibra de vidrio la forma de la pieza de madera. Para ejecutar lo anterior, se realizó primero una prueba con fibra de vidrio, pues carecía de toda experiencia en el manejo de la fibra de vidrio:



Se utilizó vaselina como desmoldante.



Aplicación de la fibra de vidrio.



Forma final.

Finalmente, se tomó la geometría exacta a cada forma de madera de manera individual, ya que en el fondo del molde se colocarían de manera cruzada para que el botón resultante de concreto ensamble en el hueco de donde su geometría fue extraída, y con ello se logre un traslape eficiente entre blocks.



Colocación de la primera capa de fibra de vidrio, fuera del molde.



Colocación de capas posteriores de fibra de vidrio dentro del molde para obtener una medida exacta del ancho.



Fibra de vidrio que tomó el ancho del molde.

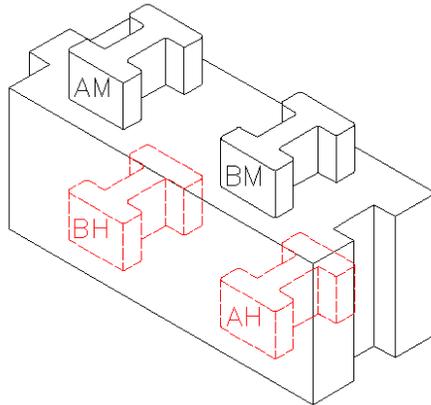
Entre las figuras de fibra de vidrio se colocó una tableta de madera. De igual manera se colocaron más recortes de madera previamente calibrados respecto al dibujo computarizado, para que el fondo terminara de ser construido y ajustara exactamente en el cuerpo del molde.



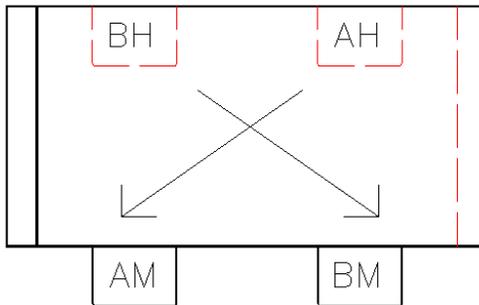


De esta manera fue construido el fondo para resanarlo y posteriormente anclarlo al molde.

De la manera anterior, se garantiza un ensamblaje perfecto entre botones y huecos del sistema machihembrado, idealizado de la siguiente manera:



Isométrico del modelo.



Futuro ensamble de AM en AH, y BM en BH.

Una vez resanado, el fondo fue ensamblado el cuerpo del molde, quedando de la siguiente manera:



Para brindarle rigidez al molde de madera, se colocaron piezas de madera en sus esquinas, debidamente reforzadas y escuadradas. Estas piezas sirven también como guía en el instante de colocar la tapa.



En el ensamblado del molde, fue de suma importancia cuidar la distorsión en las piezas que conforman al molde, para ello fue necesario resanar algunos detalles en la tapa anterior y posterior, así como en los laterales. La unión entre piezas se realizó con pijas para madera.



Resanado de la tapa posterior.



Resanado de la tapa anterior.



Resanado de lateral izquierdo.



Interior terminado del molde.



Acabado final.



Molde ensamblado para el colado de las piezas.

En la primera etapa del trabajo existieron muchos retos, pues el hecho de fabricar un molde de manera artesanal, aumentaba la probabilidad de la aparición de errores en cuanto a precisión en las medidas y cuadraturas se refiere, pues un mínimo error impactaría directamente en el ensamblaje de la mampostería.

1.3 Pruebas de ensamblaje.

1.3.1 Importancia de estas pruebas.

Antes de proceder a las pruebas mecánicas, era indispensable conocer la eficacia del sistema machihembrado propuesto. Los aspectos a evaluar son los siguientes:

- El correcto acoplamiento del sistema machihembrado, verificando que no existan holguras que permitan movimiento entre piezas. Esto se comprobó mediante el montaje de una pieza sobre otra, y sobre estas anteriores, un tercer block.
- La apariencia de masa sólida de las piezas al estar ensambladas.
- La correcta alineación longitudinal de la mampostería.
- El acoplamiento entre piezas no debe ser forzado ni debe mostrar holgura que permita movimientos entre piezas.

En caso de que cualquiera de los aspectos mencionados no se hubiesen cumplido, se hubiera tenido que realizar alguna corrección en el modelo o en el molde, dependiendo del caso. En términos prácticos, esta prueba expresa que el ensamblaje entre piezas pueda realizarse para formar muros.

Para realizar las pruebas de ensamblaje, se utilizó concreto convencional (CPO) de baja resistencia. Se revisó de manera visual que el agua, agregado fino y agregado grueso tuvieran un aspecto aceptable sin más precedentes. Como agregado grueso se utilizó grava con un TMA aproximado de 10mm.



Grava, TMA=10mm



Preparación de la mezcla de concreto.



Colado del concreto.

1.3.2 Fallas y correcciones.

Durante la mezcla de concreto y su colocación dentro del molde no se presentaron problemas.

El block se descimbró 48 horas después de ser colado. Sin embargo, fue en la etapa de descimbrado fue donde se presentaron problemas:

- El concreto ejerció presión lateral en las formas machihembra, por lo que el descimbrado fue muy dificultoso.
- Al retirar la tapa se presentaron fisuras y se quebraron algunas de las esquinas de la parte superior del block.



Esquinas fragmentadas.

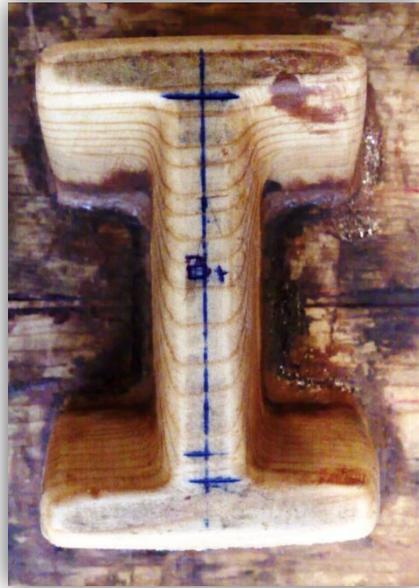
Para extraer el resto del block se desarmó gran parte del molde. Para extraer los botones incrustados en la fibra de vidrio se tuvo que hacer uso de cincel, pues las partes del molde donde había ángulos de 90° entre las paredes de la fibra de vidrio, concentraron esfuerzos y no permitieron que las piezas de concreto salieran con facilidad.

Para solucionar este problema que se presentó, se tuvieron que modificar las formas de madera en la tapa, confiriéndoles un talud en las caras laterales, formando así una especie de pirámide. De esta manera, los ángulos de 90° desaparecerían y con ello la concentración de esfuerzos se reduciría.

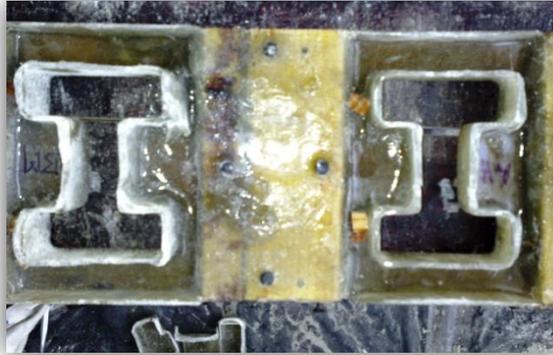
Sumado a estas modificaciones, el aceite industrial fue sustituido por vaselina, ya que esta confiere más viscosidad y se convierte en una delgada película que no se absorbe en el concreto y además facilita de mejor manera el desmoldado, conjuntamente es más limpia de trabajar.



Las líneas azules marcan el límite del desbaste.



Pieza modificada.



Corte transversal en las paredes de fibra de vidrio para adaptar las nuevas geometrías.

Para facilitar el descimbrado de los botones y mantener la su integridad, también fue necesario realizar la siguiente modificación: se realizaron dos perforaciones en la espalda de la fibra de vidrio para introducir por cada orificio una pequeña pieza cilíndrica, pues de esta manera se ejercería empuje directo en los botones de concreto al tiempo en que se jala el fondo de fibra de vidrio, pues con esta acción simultánea se eliminarían los esfuerzos de tensión en las uniones botón-block.



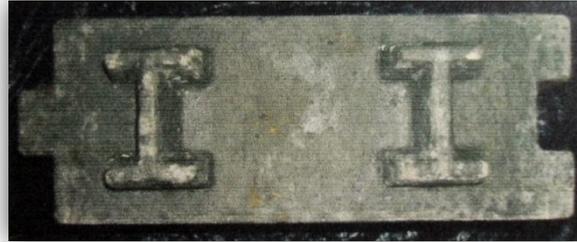
Pieza modificada.

1.3.3 Ensamble de piezas.

Después de los ajustes realizados al molde, se procedió a la elaboración de los blocks de concreto, siguiendo el mismo procedimiento que se mencionó anteriormente. Debido a los taludes realizados en las formas de madera, y uso de vaselina como desmoldante, en esta ocasión no se presentaron problemas al descimbrar el block.



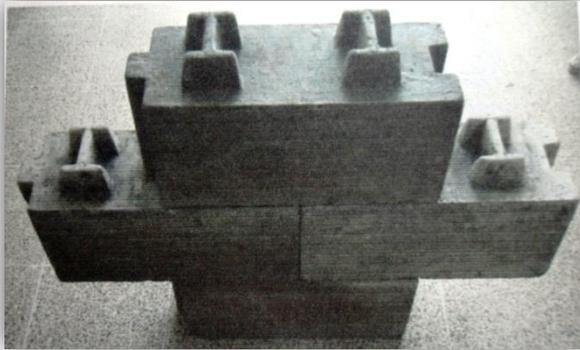
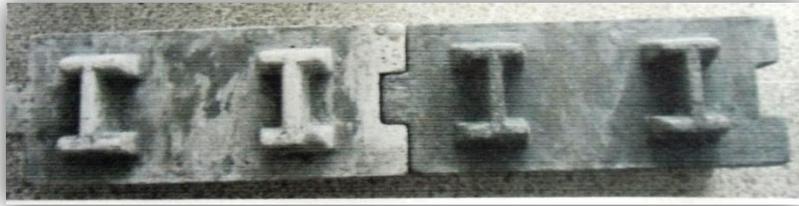
Tapa retirada.



Botones del block.

Las siguientes imágenes, muestran el éxito obtenido en el ensamblaje de la mampostería:







El hecho de lograr el ensamble entre las piezas, fue el resultado de lograr una exacta precisión en la elaboración del molde, pues cualquier alteración en las dimensiones impediría el ensamblaje.

El ensamblar las piezas entre sí para formar la mampostería, se tradujo en que sí es posible considerar este block para formar mampostería machihembrada, como un proceso constructivo factible.

1.4 Pruebas mecánicas.

En la actualidad no existen normas para la construcción de mamposterías machihembradas, como la que se estudia en este trabajo, sin embargo se tomarán como guía las NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA, las cuales conforman, en conjunto con otras normas, al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Las pruebas que las normas técnicas ordenan realizarse a los materiales para mamposterías, son:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la compresión diagonal.
- Resistencia al aplastamiento.
- Resistencia a la tensión.
- Obtención del módulo de elasticidad.
- Obtención del módulo de cortante.

Así mismo, las pruebas que las normas técnicas indican que se deben realizar para cualquier mampostería confinada, son las siguientes:

- Resistencia a compresión y flexo compresión en el plano del muro.
- Resistencia a cargas laterales.

En esta etapa del trabajo con la mampostería machihembrada, se decidió realizar únicamente la prueba de *Compresión Diagonal* para la obtención del *Esfuerzo Cortante* v_m * debido a algunas cuestiones:

- I. Se consideró que esta prueba aporta evidencias más notorias del comportamiento de una mampostería machihembrada bajo cargas estáticas, y a su vez es la prueba que mejor se adapta para probar el ensamblaje entre piezas desde el punto de vista constructivo.
- II. Debido a la cantidad de usos brindados por el molde para las *Pruebas de ensamblaje*, el molde comenzó a presentar indicios de deterioro, cuestión que aumentaría de manera al elaborar todas las piezas necesarias para cumplir con las pruebas que las Normas Técnicas Complementarias indican.
- III. La intención del trabajo no es precisamente desarrollar una mampostería para ofrecerla posteriormente al mercado.
- IV. La prueba de *Compresión Diagonal* representaba un balance económico justo, evaluando los siguientes puntos:
 - Los alcances de este trabajo.
 - Presupuesto propio del alumno.

Referente a las demás pruebas mecánicas que no se realizaron, se obtuvo un estimado de los valores mediante las ecuaciones que las Normas Técnicas indican, como una alternativa a realizar ensayos a los materiales.

Sobre las pruebas a la mampostería confinada, se decidió que se realizarían posteriormente, dependiendo de los resultados preliminares que proyecten las pruebas realizadas a las mamposterías, pues en dado caso que la prueba de *Compresión Diagonal* arroje resultados inconvenientes, habría que reconsiderar algunas cuestiones como el diseño del molde, ajustes en las dimensiones, ajuste de la geometría del block, cambio en el material de los blocks, entre otros, según sea el caso. Es por ello que los dos muretes fueron ensayados sin confinamiento.

Las pruebas mecánicas se realizaron en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM bajo la aprobación del Jefe de Laboratorio, el Ing. Héctor Javier Guzmán Olguín.

1.4.1 Importancia de estas pruebas.

La *prueba de ensamblaje* fue definitiva para determinar si el molde y el modelo eran aptos para continuar con el trabajo de investigación. Así mismo, el correcto ensamblaje entre blocks, reflejó una correcta posición de los botones del block para poder ensamblar los blocks entre sí y formar la mampostería machihembrada.

En esta siguiente etapa es necesario evaluar el comportamiento de la mampostería machihembrada, bajo la influencia de cargas estáticas para determinar si el modelo propuesto

presenta un comportamiento adecuado bajo la influencia de cargas estáticas, especialmente en la prueba de obtención de *Esfuerzo Cortante por Compresión Diagonal*.

1.4.2 Diseño del concreto.

Para fabricar los blocks se utilizó un concreto convencional, el cual fue diseñado con los siguientes datos:

LABORATORIO DE MATERIALES (A.C.I. 211.1-77)		
MEZCLA N° _____	OBRA <u>Block machihembrado</u>	FECHA <u>Julio 2012</u>
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
F'c= <u>300 Kg/cm²</u>	REVENIMIENTO: <u>5 cm ±2</u>	RELACIÓN A/C: <u>0.54</u>
ARENA: DEN. <u>2.36</u> M.F. <u>2.9</u> HUM. % <u>0.5</u> ABS.% <u>5.5</u>	GRAVA: DEN. <u>2.25</u> T.M.A. <u>1/2"</u> P.V.Compactado. <u>1,392 Kg/m³</u> HUM.% <u>4</u> ABS.% <u>2</u>	CEMENTO DEN. <u>π</u>

La memoria de cálculo puede ser consultada en el Apéndice de esta tesis.

1.4.3 Piezas para el ensayo.

El peso volumétrico neto de los blocks, es de: 2,121.11 Kg/m³

El peso unitario de cada block completo, es de: 23.86 Kg

Para realizar la prueba de *compresión diagonal*, se elaboraron 6 blocks completos y 6 mitades para conformar los dos muretes de prueba que se tenía planeado.

Las piezas fueron guardadas en el *cuarto de curado* por un periodo de 49 días naturales.



Mitades de block.



Blocks dentro del cuarto de curado.

Después del periodo de fraguado, se procedió a limpiar y suavizar cada block de toda aquella protuberancia resultante de la colocación del concreto en el molde.



Protuberancias de concreto.



Pieza afinada.



Limpieza y afinado en la parte inferior del block.

1.4.4 Resistencia a compresión de las piezas: f_p *

No fue posible realizar la prueba de *Resistencia a Compresión* de las piezas, debido a las siguientes dos cuestiones:

- No existe una metodología estandarizada para realiza pruebas en este tipo de piezas.
- No aporta información de gran utilidad para evaluar el comportamiento de la mampostería machihembrada.

Sin embargo, a continuación se mencionan los procedimientos para el cálculo y expresión de los resultados con la intención de que sirvan como guía al lector.

La resistencia a compresión simple se realiza en base a la norma NMX-C-036-ONNCCE-2004, en el capítulo 9. *CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS*:

$$R = \frac{F}{A}$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión en Mpa (Kgf/cm²)

F = Carga máxima, en N (Kgf)

A = Es el área transversal del espécimen (cm²)

No se puede considerar que la resistencia a compresión sea igual a la resistencia de diseño del concreto. En dado caso hubiese sido necesario elaborar cilindros de prueba para monitorear la resistencia y así suponer la *R* del block.

Las NTC establecen en el capítulo 2.1.2 del tomo I, el cálculo de la *resistencia de diseño* para un material de mampostería, la cual se calculará como:

$$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5c_p}$$

Donde:

\bar{f}_p = Media de la resistencia a compresión de las piezas, referida al área bruta.

c_p = Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

“El valor c_p no se tomará menor que 0.20 para piezas provenientes de plantas mecanizadas que evidencien un sistema de control de calidad como el requerido en la norma NMX-C-404-ONNCCE, ni menor que 0.30 para piezas de fabricación mecanizada, pero que no cuenten con un sistema de control de calidad, ni que 0.35 para piezas de producción artesanal.”

1.4.5 Resistencia de diseño a compresión de la mampostería: f_m^*

Las NTC, en el capítulo 2.8.1, indican seguir uno de los tres procedimientos propuestos para obtener la resistencia a compresión de la mampostería:

- 2.8.1.1 *Ensaye de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en obra.*
- 2.8.1.2 *A partir de la resistencia de diseño de las piezas y el mortero.*
- 2.8.1.3 *Valores indicativos.*

El segundo y tercer procedimiento se basan en la obtención de la resistencia en base a la resistencia por espécimen y a la resistencia del mortero de unión entre piezas. Por lo tanto, el procedimiento que serviría como guía para la obtención del f_m^* es el del punto 2.8.1.1.

- 2.8.1.1 *Ensaye de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en obra.*
La resistencia de diseño se calculará como:

$$f_m^* = \frac{\bar{f}_m}{1 + 2.5c_m}$$

Donde:

\bar{f}_m = Media de la resistencia a compresión de las pilas, corregida por su relación de altura a espesor y referida al área bruta.

c_m = Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso se tomará inferior a 0.15.

Los dos procedimientos restantes no se adaptan a este tipo de mampostería, pues las piezas propuestas en la tesis no son unidas entre ellas mediante el uso algún mortero, por lo que las piezas quedarían únicamente sobrepuestas una sobre otra y el único factor por variar sería la relación de esbeltez de las piletas.

1.4.6 Resistencia al cortante de la mampostería: v_m *

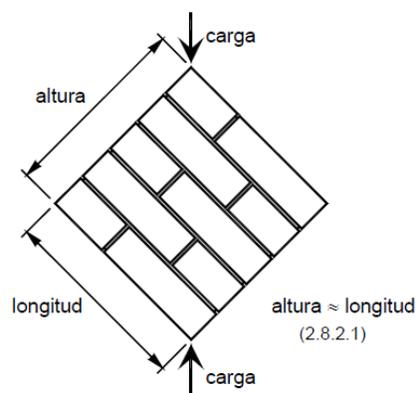
Esta prueba se realizó sobre dos muretes, y en apego a los pasos indicados en el capítulo 2.8.2 *Resistencia a compresión diagonal* de las NTC, el cual indica seguir uno de dos procedimientos:

- 2.8.2.1 *Ensayes de muretes contruidos con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.*
- 2.8.2.2 *Valores indicativos.*

El segundo procedimiento de los anteriores mencionados, será excluido para la obtención de v_m *, y se utilizará solamente para efectos comparativos sobre el resultado que los muretes arrojen, pues la mampostería por ensayar no se encuentra unida mediante morteros.

Por consiguiente, se predice que la mampostería fallará cuando se fracturen por cortante uno o varios botones de los blocks, pues son estas las partes del block que menor área presentan frente a la carga aplicada por la máquina de prueba.

La relación entre la altura y longitud de los muretes fue de 0.92, es decir altura/longitud = 0.92, de acuerdo a lo indicado en las NTC:



Entre los cabezales de acero y el block de contacto, se colocó una escuadra de madera, la cual su longitud de contacto debe ser:

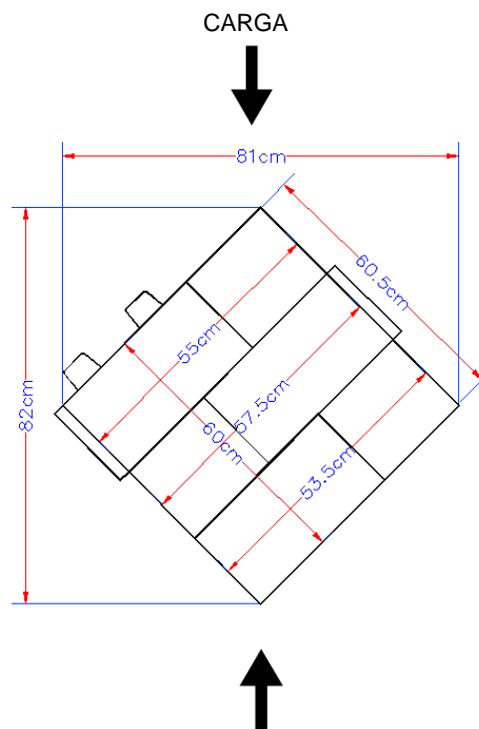
$$L_c = \frac{L}{6} \therefore = \frac{60cm}{6}$$

$$L_c = 10\text{cm}$$



- Murete 1:

El primer muro tuvo las siguientes dimensiones:



Dimensiones del muro a probar.

Las siguientes imágenes corresponden a la prueba realizada:



Colocación del murete 1.



Colapso del murete 1.

La carga máxima resistida por el murete 1 fue de 7,760 Kg, y la falla del muro se presentó como una falla frágil.



Pieza fallada. Se observa que uno de los botones de ensamble fue capado.



Botón fracturado.



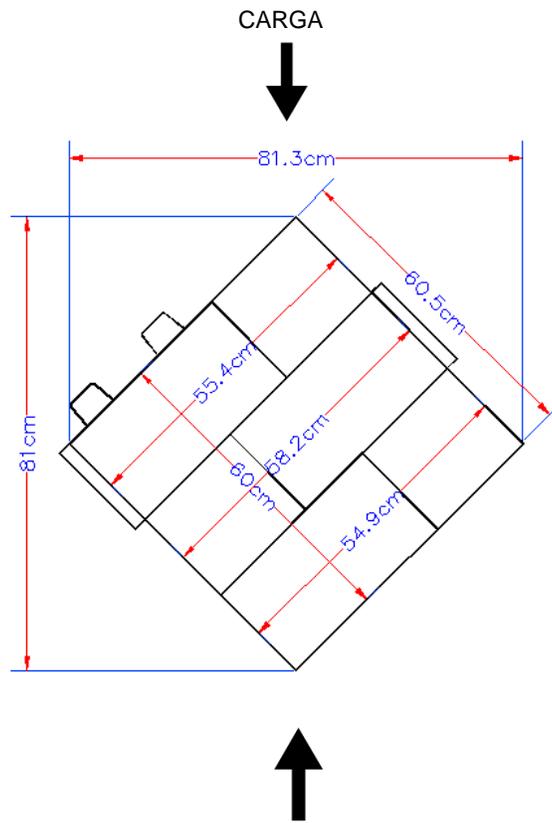
Botón fracturado de la pieza con la cual existía ensamblaje.



Block de contacto con el cabezal inferior, muestra que sus botones de ensamble fueron fracturados.

- Murete 2:

El segundo muro tuvo las siguientes dimensiones:



Las siguientes imágenes corresponden a la prueba realizada:



Colocación del murete.



Instante en que el murete colapsó.

La carga máxima resistida por el murete 1 fue de 5,950 Kg y también presentó una falla frágil, igual al murete 1.



Piezas fracturadas.



Botones fallados.



Block muestra botones incrustados de las piezas con las que existía ensamblaje.



Pieza fracturada.

- Obtención de v_m^* :

$$v_m^* = \frac{\overline{v_m}}{1 + 2.5c_v}$$

Donde:

$\overline{v_m}$ = Promedio de la resistencia a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta, medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga.

c_v = Coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

Para el muro 1, se tiene:

$$v_{m1} = \frac{7,760 \text{ Kg}}{82\text{cm} \times 15 \text{ cm}} = 6.30 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el muro 2:

$$v_{m2} = \frac{5,950 \text{ Kg}}{81\text{cm} \times 15 \text{ cm}} = 4.89 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$\overline{v_m} = \frac{v_{m1} + v_{m2}}{2} = \frac{6.30 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} + 4.89 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{2}$$

$$\overline{v_m} = 5.60 \text{ Kg/cm}^2$$

De tal manera, obtenemos v_m^* :

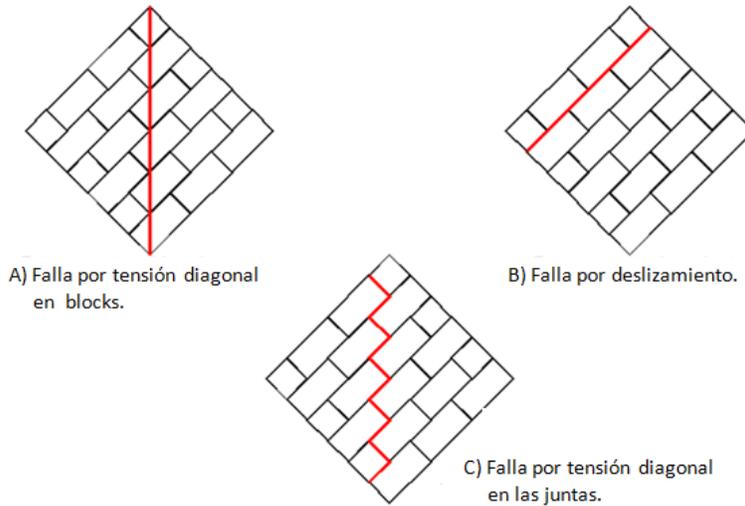
$$v_m^* = \frac{\overline{v_m}}{1 + 2.5c_v}$$

$$v_m^* = \frac{5.60 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{1 + (2.5 \times 0.20)}$$

$$v_m^* = 3.74 \text{ Kg/cm}^2$$

Esta prueba fue de bastante importancia, pues evaluar el comportamiento de la mampostería machihembrada bajo la influencia de cargas era uno de los objetivos del trabajo.

A continuación se presentan los tres tipos de fallas más comunes en muretes probados a compresión diagonal:



En las pruebas realizadas a los muretes 1 y 2, se puede observar que una de las piezas que conforman la mampostería está fallada por tensión diagonal, y a su vez se puede ver que los blocks por donde pasa la diagonal vertical tienen los botones capados.

Las siguientes imágenes muestran la secuencia de falla del murete 1, donde se puede apreciar lo citado con anterioridad:



Desprendimiento de la pieza en el extremo horizontal del murete debido a que la diagonal horizontal crece, lo que provoca un empuje en la pieza y finalmente esta cae por gravedad.



Falla por tensión diagonal de la pieza en contacto con el cabezal superior. Así mismo, se observa una separación de piezas a lo largo de la diagonal vertical, caso contrario a las piezas de la diagonal horizontal.



Se puede observar que los botones de las piezas por donde pasa la diagonal vertical fueron desprendidos del block al que pertenecían.



Colapso de la mampostería, donde aún aparecen dos pares de piezas unidos: los pares extremos de la diagonal horizontal.



Colapso de la mampostería.



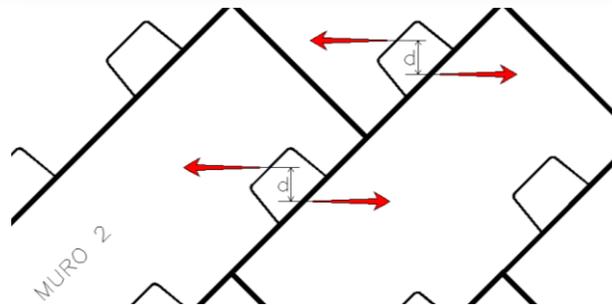
Tras el impacto, el par de piezas unidas que aparecen a la derecha de la imagen, se desprenden debido a la formación de un momento flexionante en el botón de la pieza inferior, lo que provoca la fractura de del botón de conexión.



Como se puede apreciar, la secuencia de falla es la siguiente:

- Se presenta una elongación en la diagonal horizontal, lo que provoca el desprendimiento por gravedad de la pieza ubicada en el extremo. Esto no puede ser considerado aún como una falla en la mampostería, pues la pieza desprendida no está unida con mortero, además su conexión con la pieza de arriba está en posición vertical. El confinamiento de la mampostería hubiese evitado tal desprendimiento.
- La primera falla en el murete aparece por *cortante* en la pieza de contacto con el cabezal superior.

- Debido a los puntos anteriores, se presenta inmediatamente un momento flexionante en las conexiones machihembras, ya que los botones están insertados 5 cm dentro de la pieza superior:



Fuerzas par accionantes en los botones donde se transmite la carga aplicada por la máquina.

- Una vez desprendidas las dos mitades verticales, se produce un giro en cada una de ellas, lo que provoca que sus conexiones no fallaran.

De lo expuesto anteriormente, se obtienen las siguientes deducciones:

- Si la pieza en contacto con el cabezal, falló por *cortante*, significa que fue debido a la resistencia que presentaron los botones aunada a la fricción entre piezas de concreto.
- Es necesario calcular el esfuerzo cortante resistido por botón del block, pues se establecerá un parámetro de comparación para posteriores estudios, en dado caso de realizarse. La fricción entre blocks será despreciada en los cálculos.

Por lo tanto, los cálculos correspondientes son los siguientes:

⇒ Esfuerzo resistido por botón:

Área del botón=47.45cm²

$$\text{Fuerza resistida por botón} = \frac{\left(\frac{7,760\text{Kg}+5,950\text{Kg}}{2}\right)}{6} = 1,142.5 \text{ Kg}$$

$$f_{ub} = \frac{1,142.5 \text{ Kg}}{47.45\text{cm}^2}$$

$$f_{ub} = 24.08 \text{ Kg/cm}^2$$

1.4.7 Resistencia al aplastamiento:

En el capítulo 2.8.3 de las NTC se establece que:

*“Cuando una carga concentrada se transmite directamente a la mampostería, el esfuerzo de contacto no excederá de $0.6f_m$ *”*

Como la *Resistencia a Compresión de la Mampostería* no fue obtenida mediante ensayos, el cálculo de la *Resistencia al Aplastamiento* no es posible determinar.

1.4.8 Resistencia a la tensión.

Las NTC, en el punto 2.8.4, consideran que *“es nula la resistencia de la mampostería a esfuerzos de tensión perpendiculares a las juntas. Cuando se requiera esta resistencia deberá proporcionarse el acero de refuerzo necesario.”*

El considerar que el block presentado en este trabajo, funcione también para esfuerzos de tensión, implicaría cambiar el diseño de las juntas longitudinales de los blocks, pues las piezas hacen contacto directo una con otra al ser unidas y no permitirían el acceso al acero de refuerzo necesario para brindar a la mampostería la resistencia a la tensión necesaria. Por lo tanto esta prueba no fue realizada.

1.4.9 Módulo de elasticidad: E_m

El módulo de elasticidad se puede determinar a partir de la resistencia de diseño a compresión de la mampostería, de acuerdo con el capítulo 2.8.5.2 de las NTC, tomo I.

$$E_m = 800 \times f_m *$$

Como la *Resistencia a Compresión de la Mampostería* no fue obtenida mediante ensayos, el *Módulo de Elasticidad* no es posible determinar.

1.5 Módulo de cortante: G_m

El módulo de cortante se determinó a partir del módulo de elasticidad de la mampostería, según el capítulo 2.8.6.2

$$G_m = 0.4 E_m$$

Como la *Resistencia a Compresión de la Mampostería* no fue obtenida mediante ensayos, el *Módulo de Cortante* no es posible determinar.

1.6 Comparación de propiedades mecánicas de la mampostería propuesta con otras mamposterías existentes.

A continuación se presenta una comparativa de propiedades mecánicas de las piezas que existen en el mercado con las piezas ensayadas, solo con la intención de dar una idea al lector sobre los parámetros de las piezas que se manejan en el mercado:

MARCA	Novaceramic	Novaceramic	Novaceramic	SUPERBLOCK*	SUPERBLOCK*	INDUSTRIAL BLOQUERA * MEXICANA	HEBEL	-
DESCRIPCIÓN	Novablock Hueco Rústico Natural 12. Tabique decorativo, triple hueco de alta resistencia.	Novablock Mult. Rústico Natural 12. Ladrillo multiperforado estructural de alta resistencia.	Novablock Hueco Ligero 10. Tabique triple hueco industrializado de alta resistencia.	Block hueco ligero.	Block hueco pesado.	Block hueco estructural.	Block sólido ligero. Clase: AAC-6	Block machihembrado (tesis)
MATERIAL	Arcilla extruida	Arcilla extruida	Arcilla extruida	Hecho a base de JAL (espuma volcánica)	Concreto	Concreto	Concreto celular autoclaveado	Concreto convencional f_c=300 Kg/cm²
DIMENSIONES Ancho x Alto x Largo (cm)	12 x 20 x 32.5	12 x 20 x 32.5	10 x 25 x 32.5	15 x 20 x 40	15 x 20 x 40	15 x 20 x 40	15 x 20 x 61	15 x 20 x 40
PESO VOL. SECO (Kg/m ³)	1,784.68	1,784.68	1,734.22	583.33	1,058.33	951.19	720.00	2,121.11
RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN SIMPLE f _p (Kg/cm ²)	200	200	100	-	-	-	-	-
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN SIMPLE f _p * (Kg/cm ²)	133.33	133.33	66.67	59	108	90	61.2	-
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA MAMPOSTERÍA f _m * (Kg/cm ²)	40	90	40	-	-	50	-	-
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE LA MAMPOSTERÍA V _m * (Kg/cm ²)	4	8	3	-	-	4	-	3.74**
RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO (Kg/cm ²)	24	54	24	-	-	30	36.8	-
MÓDULO DE ELASTICIDAD E _m (Kg/cm ²)	-	55,805	-	-	-	-	26,500	-
MÓDULO DE CORTANTE G _m (Kg/cm ²)	-	10,757	-	-	-	-	-	-

Tabla 1. Comparación de las propiedades mecánicas de algunos tipos de mampostería.

* Los datos que se exponen en la tabla se pueden consultar en el sitio web del fabricante. Las direcciones electrónicas se encuentran mostradas en la BIBLIOGRAFÍA de la tesis.

** Único dato obtenido mediante ensayos de muretes. Las demás propiedades mecánicas del block machihembrado fueron calculadas según las NTC del RCDF.

Las pruebas realizadas con ambos muretes fueron exitosas porque se logró valorar el comportamiento de la mampostería machihembrada propuesta y se observó que sí es factible como proceso constructivo, sin embargo, durante la preparación y ejecución de las pruebas, se descubrieron algunos inconvenientes del sistema propuesto:

- El concreto endurecido puede experimentar contracciones por cambios de **temperatura**, lo cual puede generar dos inconvenientes en el sistema machihembrado:
 - Deformación milimétrica de la pieza antes de ser colocada. Esto provocaría que la pieza ensamble de manera pres forzada, por lo que su resistencia mecánica como un conjunto de blocks, se reduciría.
 - Deformación de la mampostería, es decir, estando los blocks ensamblados, la mampostería en conjunto puede sufrir deformaciones diferenciales que pudieran bajar la resistencia mecánica de la mampostería. En otro de los casos, alguno de los botones de conexión de los blocks pudieran agrietarse.
- Los muros presentaron una **falla frágil**, debido a que en la mampostería machihembrada no existe adhesión entre los blocks que la conforman, por lo tanto existe colapso en el momento de falla.
- Cada block tiene un peso de 23.86 kg, el cual es considerado **pesado** para ser trabajado por una persona durante una jornada completa. Esto modifica negativamente el rendimiento de la cuadrilla, pues la maniobrabilidad se complica.

Debido a los inconvenientes mencionados anteriormente, se decidió no preparar otros muretes con confinamiento para continuar con las pruebas mecánicas. El factor que fue determinante para tal decisión fue el tipo de falla que presentaron los dos muretes ensayados, pues un confinamiento no modificaría en gran parte el comportamiento de la mampostería bajo la influencia de cargas estáticas como la que fueron sometidos.

CAPÍTULO 2: FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El desarrollo de este capítulo va enfocado principalmente a cuatro aspectos:

- Costo unitario del block hecho para las pruebas realizadas en el Capítulo 1.
- Costo unitario del molde en el que se elaboraron los blocks.
- Conocer el precio de otros productos de mampostería.
- El rendimiento de construcción para una mampostería machihembrada, partiendo como base de la elaboración de los muretes 1 y 2 hechos para las pruebas efectuadas en el Capítulo 1.

Con los aspectos anteriores se pretende:

- a) Dar a conocer el costo del block y su molde, con la intención de que pueda servir como referencia para quien pretenda desarrollar un trabajo similar a este.
- b) Expresar solamente un acercamiento a los principios sobre rendimiento de la mano de obra en lo que al proceso constructivo se refiere, pues este aspecto no se encuentra en los objetivos de esta tesis.

2.1 Costo por block.

Como se menciona en el anterior capítulo, el Laboratorio de Materiales brindó el apoyo para la realización del trabajo, facilitando materiales para la elaboración del concreto, herramientas y asesoramiento técnico.

El precio por block fue aproximadamente de **\$10.14^{oo}** lo que corresponde únicamente a costo directo de los materiales.

El desglose del precio se puede consultar en el punto III del Apéndice.

2.2 Costo del molde.

Al igual que el block, el molde fue elaborado en las instalaciones del Laboratorio de Materiales, recibiendo su apoyo con máquinas de corte y herramienta menor para trabajar con la madera y fibra de vidrio durante la elaboración del molde.

El precio final del molde fue de **\$690.40** el cual incluye únicamente los costos directos de los materiales utilizados. Así mismo, la madera que se utilizó fue de primera, aunque la experiencia obtenida con el trabajo expresa que se puede contemplar la posibilidad de elaborar el molde con triplay de 13 mm mínimo de espesor o madera de reúso, con la condición de que la madera por utilizar no contenga nudos, torceduras ni rajaduras.

El molde tiene una vida útil estimada de 15 a 20 blocks, debido al deterioro que la madera del molde va presentando. Si se llegara a deteriorar hasta cierto grado, se tendría el riesgo de que se modifiquen las dimensiones del block, lo que provocaría la imposibilidad de ensamblar de manera correcta las piezas para formar la mampostería. Propinando un mantenimiento adecuado al molde, la vida útil se pudiera prolongar.

2.3 Comparativa de precios por pieza con otras mamposterías.

Es necesario realizar una estructura que contemple los Costos Fijos y los Costos Variables.

Los Costos Fijos están dados por:

- Arrendamientos.
- Impuestos del predio de producción.
- Salarios de altos puestos.
- Depreciaciones.
- Amortizaciones.
- Seguros.
- Publicidad.
- Costos de financiamiento.

Los Costos Variables están dados por:

- Material del block.
- Aquellos relacionados con el procedimiento de elaboración.
- Servicios de luz, agua, teléfono, gas.
- Subcontrataciones.
- Fuerza de trabajo.

Como la intención de este block no es comercializarlo, no fue necesario hacer los cálculos correspondientes de los costos mencionados anteriormente, sin embargo se expondrá su costo de producción con los precios de otros elementos de mamposterías que existen en el mercado con la intención de formarse una idea comparativa. Se debe tomar en cuenta que el block machihembrado es un prototipo de investigación y que el costo que se expuso anteriormente no contiene Costos Fijos ni Costos Variables, además las piezas de mampostería de la tabla están calculados basados en un proceso de producción en serie.

MARCA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES Ancho x Alto x Largo (cm)	PRECIO POR PIEZA \$ M.N.
GENÉRICO	Tabicón pesado	Concreto	12 x 7 x 24	\$2.00
GENÉRICO	Tabicón ligero	Concreto	12 x 7 x 24	\$2.10
GENÉRICO	Ladrillo rojo.	Barro recocido	12 x 2.5 x 24	\$2.15
GENÉRICO	Block hueco estructural.	Concreto	14 x 19 x 39	\$6.90
Novaceramic	Novablock Hueco Ligero 10. Tabique triple hueco industrializado de alta resistencia.	Arcilla extruida	10 x 25 x 32.5	\$7.50
Novaceramic	Novablock Mult. Rústico Natural 12. Ladrillo multiperforado estructural de alta resistencia.	Arcilla extruida	12 x 20 x 32.5	\$7.80
Novaceramic	Novablock Hueco Rústico Natural 12. Tabique decorativo, triple hueco de alta resistencia.	Arcilla extruida	12 x 20 x 32.5	\$7.85
GENÉRICO	Block hueco estructural.	Concreto	20 x 20 x 40	\$9.30
HEBEL	Block sólido ligero. Clase: AAC-6	Concreto celular autoclaveado	15 x 20 x 61	NO DISPONIBLE (Aprox. \$400/m2 inc. M.O. y herramientas)

Tabla 2: Comparación de precios por pieza en algunos tipos de mampostería.

2.4 Rendimiento de instalación de la mampostería propuesta.

Los nuevos materiales en la construcción innovan a los procesos constructivos, teniendo impacto en los costos de la obra. El planteamiento del block machihembrado, no es una excepción, pues como proceso constructivo impacta directamente en el rendimiento de los trabajadores en el momento de la construcción de un muro, ya que el procedimiento de solo ensamblar una pieza con otra permite que en las intersecciones el mismo muro sirva como cimbra para realizar inmediatamente el colado de castillos y cerramientos que le otorgan el confinamiento a los muros. Esto permite que en una sola jornada de trabajo se puedan ejecutar varias actividades.

Los pasos para construir un muro de mampostería a base de block o tabique convencional, son los siguientes:

1. Elaborar mezcla de mortero cemento-arena.
2. Colocar cordón de alineación para cada hilada.
3. Colocar mortero sobre la hilada anterior.
4. Colocar los ladrillos.
5. Alinear el ladrillo y recoger sobrante de mortero.
 - Repetir pasos 2-3-4-5
 - En determinado momento se requiere recurrir al paso 1.

La variación del rendimiento en la mano de obra de cada tipo de mampostería, depende de aspectos tales como:

- Dimensiones de las piezas que conforman la mampostería.
- Grosor de la boquilla de mortero.
- Características del área de asiento en las piezas (p.e. plana o hueca).
- Especificaciones de proyecto (p.e. refuerzos horizontales tipo escalerilla, castillos ahogados en muros de block, muro integrado, otros).
- Experiencia del instalador.
- Peso de la pieza por instalar.

Los pasos requeridos para iniciar la colocación de la mampostería machihembrada, se estima que sean los siguientes:

1. Elaborar mezcla de mortero cemento-arena únicamente para la colocación de la primera hilada.
2. Colocar cordón de alineación para la primera hilada.
3. Colocar hiladas subsecuentes de blocks, hasta llegar al nivel del cerramiento.

Como se puede apreciar, una vez colocada la primera hilada de blocks, existe solamente un paso para llegar al colado del cerramiento. Ocasionalmente se tendrá que verificar el *plomo del muro*.

Sin embargo, en esta etapa el objetivo no fue realizar un estudio completo a cerca del rendimiento por jornada para la construcción de muros que utilicen la mampostería machihembrada propuesta porque el sistema ensayado no se encuentra definido todavía, aunado a ello, la cantidad de piezas elaboradas no hubiera sido suficiente. No obstante, durante la elaboración de los muretes de prueba se obtuvo una idea del rendimiento que se pudiera obtener con esta mampostería pero utilizando algún material más ligero. La estimación que se cita a continuación puede ser consultada en el punto II del Apéndice de la tesis.

Para un block machihembrado en el cual su peso oscile entre los demás blocks comerciales, se estima que el rendimiento debe oscilar entre 30 y 35 m²/jorn como mínimo. El aumento del rendimiento por jornada en este tipo de block, se deba a:

- No se requiere de algún mortero para la unión de piezas.
- No es necesaria la alineación en cada hilada.
- Mano de obra especializada no es necesariamente requerida para la colocación de las piezas, aunque sí para la nivelación del desplante.

Como actividad previa a la colocación de blocks se tienen la alineación de la dala de desplante y como actividad siguiente el colado de castillos y cerramientos, ya que el sistema así lo exige. Por lo tanto, se pueden ejecutar al menos 3 actividades en una jornada.

No se expondrá algún análisis comparativo de rendimientos en relación a tiempo y costos porque el sistema machihembrado no está aún definido y los cambios que se puedan hacer modificarían el

rendimiento de instalación. El análisis de ahorro en tiempo y costos del sistema constructivo se debe realizar hasta que la mampostería se encuentre definida, probada y aceptada.

A continuación, se exponen los rendimientos por cuadrilla de trabajadores para algunos tipos de mampostería:

MARCA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL/PESO POR PIEZA (KG)	DIMENSIONES Ancho x Alto x Largo (cm)	RENDIMIENTO DE PIEZAS/M2	RENDIMIENTO M.O. (M2/JOR)	OBSERVACIONES
GENÉRICO	Ladrillo rojo. (Tabique)	Barro recocido 1.98	11.5 x 5 x 23	69.44	11.18	Ventaja: * Rapidez de colocación de piezas (maniobrabilidad). Desventajas: * Dimensiones de la pieza. * Colocación de mortero y alineación de piezas (detallado).
GENÉRICO	Block hueco estructural.	Concreto 11.47	15 x 20 x 40	12.5	14.12	Ventaja: * Dimensiones del block. Desventaja: * Colocación de mortero y piezas (detallado).
Novaceramic	Novablock Mult. Rústico Natural 12. Ladrillo multiperforado estructural de alta resistencia.	Arcilla extruida 7.5	12 x 20 x 32.5	14.2	9.4	Desventaja: * El mortero no debe escapar por las perforaciones del block.
HEBEL	Block sólido ligero. Clase: AAC-6	Concreto celular autoclaveado 13.18	15 x 20 x 61	8.09	15-20	Ventaja: * Longitud del block (61cm) * Espesor de la boquilla (2mm)
-	Block machihembrado (tesis)	Material ligero -	15 x 20 x 37.5	13.33	Mínimo 30*	Principal ventaja: * Unión de piezas sin necesidad de mortero.

Tabla 3: Comparación de rendimientos de mano de obra en diferentes tipos de mampostería.

Rendimiento basado en una cuadrilla de: 1 oficial albañil + 1 ayudante.

Muro hasta de 3m de altura.

Rendimientos incluyen solo colocación de las piezas y actividades directas necesarias para su colocación.

Se consideran boquillas de 1 cm de espesor, excepto para el sistema Hebel.

Las jornadas se consideran de 8 horas por día.

*Ver aproximación del cálculo en el Apéndice, inciso II de esta tesis.

CAPÍTULO 3: SUSTENTABILIDAD

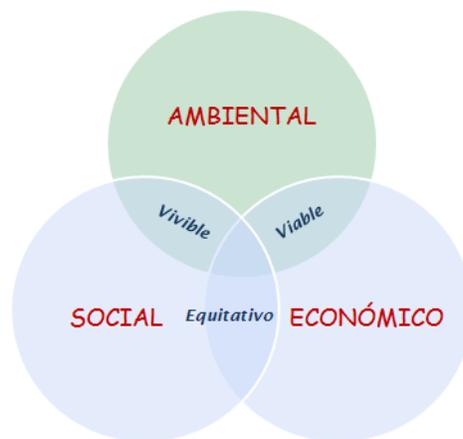
Como se ha comentado anteriormente, la mampostería ensayada no es la definitiva, sin embargo se pueden visualizar algunos beneficios en los aspectos de la *sustentabilidad*, en la suposición de haber llegado a determinar la geometría y material definitivo del block machihembrado.

La sustentabilidad o sostenibilidad, es un tema relativamente nuevo en el desarrollo de la humanidad, pues es apenas a finales del siglo pasado cuando la conciencia social se comienza a retomar de una manera tecnificada, lo que trae como resultado cuidar los recursos con los que actualmente contamos como sociedad para no afectar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus necesidades. Es un enfoque que engloba desde el individuo en particular hasta los sistemas de gobierno.

En base a lo anteriormente citado, cualquier producto al que se le pueda atribuir el término de “*sustentable*” debe ser analizado desde tres perspectivas:

- Beneficio social.
- Beneficio económico.
- Beneficio ambiental.

Esquemáticamente, un **desarrollo sustentable** se muestra de la siguiente manera:



El sistema de mampostería machihembrada, aporta beneficios en cada una de las tres esferas anteriormente mostradas.

3.1 Beneficio social.

Los beneficios que esta mampostería contribuiría al aspecto social, son:

- El sistema constructivo puede ser ejecutado por cualquier persona, sin necesidad de que se requiera mano de obra especializada. Este principio se puede aplicar a la autoconstrucción.
- La remodelación en alguna edificación se puede realizar con mayor rapidez.
- Las familias que adquieran casas de interés social, obtendrán su vivienda en un periodo más corto, pues observando los rendimientos anteriormente propuestos en el proceso constructivo, las fraccionadoras tardarían menos tiempo en construir las viviendas.
- Se delega a la tecnología la precisión en el manejo de los materiales, quedando el factor humano como último eslabón entre un material constructivo y un elemento estructural.
- En caso de comprobarse el alto rendimiento de instalación de este tipo de mampostería, una obra urbana que utilice este sistema constructivo, incomoda por menos tiempo al ciudadano. P.e. muros para dividir predios.

3.2 Beneficio económico.

En el aspecto económico, la mampostería machihembrada aportaría los siguientes beneficios:

- En la autoconstrucción, este sistema permite ahorrar recursos económicos por mano de obra.
- Menor cantidad de mano de obra especializada, a lo que se pueden ocupar los mismos trabajadores en otras actividades dentro de la misma construcción.
- Si se usara el sistema constructivo en la construcción de espacios habitacionales, las casas se terminarían más rápido que con un sistema convencional, lo que permite tener una reducción en el costo de la casa debido a que los costos indirectos de la empresa fraccionadora se reducen, pues a mayor duración de una obra, mayor es el costo para mantenerla.
- Al ser eliminado el uso de algún mortero arena-cemento para unir los blocks, se tiene un ahorro en el costo de los materiales para su elaboración.

3.3 Beneficio ambiental.

La construcción en general, genera un impacto en el medio ambiente, desde la explotación de materias primas para la elaboración de materiales, hasta la ocupación del terreno como producto del inevitable crecimiento poblacional.

Sin embargo, un block machihembrado definido, contribuiría en cierto grado a la conservación del medio ambiente:

- Desuso de cemento en la fabricación de mortero, aunado al desperdicio, suponiendo que se emplea un material diferente al utilizado en los ensayos de este trabajo. Esto

promovería una disminución de la explotación de canteras.

- Desuso de agua en la fabricación de mortero, aunada al desperdicio. Con ello se estará dando pie a que la cantidad de agua por utilizar en la elaboración de un mortero, sea utilizada para cubrir otras necesidades y así aumente el rendimiento del agua a nivel localidad.
- Desuso de arena en la fabricación de mortero, asociado al desperdicio. Así, se promovería el preservar más los ríos y fuentes de obtención de este material.
- Si esta mampostería contribuye a la reducción del tiempo en las obras, entonces se reduce la contaminación que provoca una obra durante su construcción.

CONCLUSIONES

La realización de este tipo de block es de tipo experimental, lo que significó desde el inicio del trabajo, superar algunas barreras, pues los esfuerzos económicos y técnicos se fueron trabajando de manera favorable al desarrollo del block machihembrado.

Durante el desarrollo del trabajo, se fueron obteniendo resultados que se pueden considerar como favorables, y algunos otros como no favorables o que requieran estudios más profundos. A continuación se enlistan las observaciones realizadas durante el trabajo:

- Aspecto técnico.
 - El comportamiento de la mampostería fue de poca conveniencia para finalidades estructurales, pues los muros presentaron una **falla frágil**, debido a que en la mampostería machihembrada no existe adhesión entre los blocks que la conforman, existe contacto entre piezas pero no adhesión, por lo tanto se presenta el colapso en el momento de falla. Se tienen que continuar los estudios en el área estructural, tomando en cuenta el aspecto constructivo.
 - No **existen normas** que sean exclusivas de una mampostería machihembrada, por lo que se utilizaron como guía las normas ONNCCE y NTC del RCDF.
 - El muro se comportó como una **masa sólida** bajo cargas estáticas.
 - Este tipo de mampuesto puede ser probado con una gran variedad de materiales existentes, y permite que sea probado con **nuevos materiales** que en la industria se desarrollen.
 - Durante la preparación de los blocks, y a lo largo de las pruebas, no se presentó problema alguno respecto a los cambios de **contracción por temperatura**, ya que las piezas fueron tratadas en la cámara de humedad durante su tiempo de fraguado de 28 días.

- Aspecto constructivo.
 - **Sí es posible** construir una mampostería machihembrada.
 - La mampostería propuesta es **fácil** de construir.
 - El desuso del mortero para unir piezas **ahorra tiempo** en la construcción de muros.
 - No se requiere de **mano de obra especializada** para instalar el block machihembrado que se presentó en el trabajo, pues los pasos para su colocación son pocos, sencillos y fáciles de comprender.
 - Debido al punto anterior, el block machihembrado sería una solución viable para promover la **autoconstrucción**.
 - El uso del concreto CPO como material para elaborar blocks, afectará negativamente el **rendimiento** de la persona que construya una mampostería, pues el block es más pesado que los otros mampuestos presentados en la tabla 3.

- Aspecto económico.

Aunque el enfoque económico no fue parte de los objetivos del trabajo, se pueden visualizar algunas cuestiones:

- El costo del molde y el block fueron mostrados únicamente con la intención de que el lector conozca los **costos directos**, los cuales pueden ser una guía para futuros estudios.
- El costo del block está por arriba de los demás blocks comparados en la tabla 2 debido a que se trata de un **prototipo** de investigación y no fue producido en serie.
- Si se lograra aminorar el peso del block propuesto en la tesis, el **rendimiento** por jornada en la construcción de muros aumentaría notablemente.
- En base al punto anterior, el **costo de la mano de obra** se reduciría.
- Si se construyeran mamposterías utilizando el material con el que fue estudiado este block machihembrado, traería el siguiente impacto económico negativo en la construcción:
 - El diseño estructural arrojaría una cimentación más grande.
 - Sería requerida más mano de obra.
 - Se necesitarían más materiales.
 - Aumentarían los costos directos e indirectos.

En esta etapa de estudio no se llegó a comprobar precisamente a una de las hipótesis planteadas inicialmente: presentar un comportamiento adecuado desde el enfoque estructural. Las pruebas de *Compresión Diagonal* para la obtención del *Esfuerzo Cortante* se realizaron con el principal objetivo de evidenciar el comportamiento de los muretes, y a su vez esta prueba realizada sin confinamiento nos diría si existe o no un eficiente acomodo (ensamblaje) entre los blocks machihembrados. Al observar la *falla frágil* que presentaron ambos especímenes, se decidió no continuar las pruebas con el confinamiento, pues se predice que habrá el mismo comportamiento en la mampostería. De continuar con el estudio, se buscarían otras opciones de materiales y arreglo en los blocks para conducir el comportamiento de los muretes. Debido a lo anterior se decidió no cambiar el título a la tesis.

CONCLUSIONES GLOBALES.

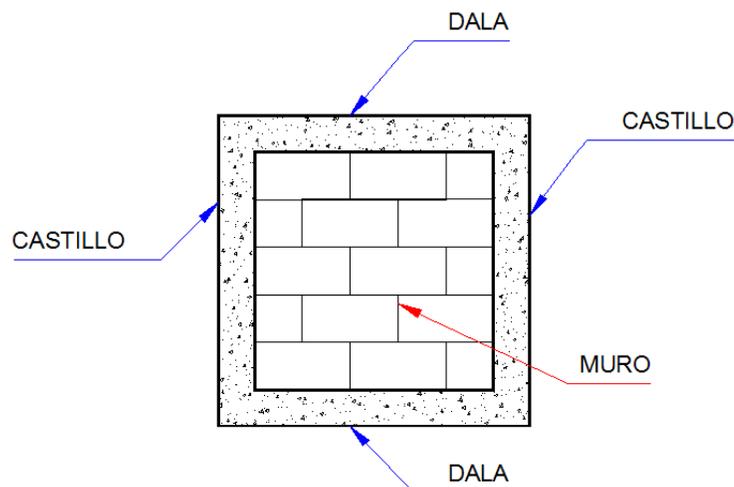
A partir de las observaciones citadas anteriormente, se puede llegar a las siguientes conclusiones globales del trabajo:

- 1) Sí es factible construir una mampostería machihembrada desde el punto de vista de un **proceso constructivo**, puesto que se logró construir dos muretes para ensayarlos.
- 2) La ausencia de adherencia entre los blocks, llevó a los muros a que presentaran una falla frágil ante la prueba de *Compresión Diagonal*, en vez de dúctil, por lo que **no se presentó un comportamiento adecuado en la mampostería** desde el enfoque estructural.
- 3) Hasta los alcances del trabajo, no se puede afirmar que sea factible su uso, puesto que se requiere profundizar al respecto en el área de las estructuras.
- 4) Los lineamientos de las NTC no son aplicables a sistemas de mampostería machihembrada, sin embargo si se continúan los trabajos de investigación, algunos de los lineamientos tendrán que ser adaptados al sistema machihembrado.
- 5) Se debe buscar otro material para fabricar los blocks machihembrados con la intención de reducir el peso por pieza, y con ello lograr rendimientos de trabajo factibles.

RECOMENDACIONES.

A continuación se enlistan algunas recomendaciones que se cree necesario sean consideradas para realizar ensayos posteriores con este mismo trabajo o con investigaciones similares:

- En caso de que se desee profundizar en el estudio, se deberán buscar referencias sobre este tipo de trabajos en otros lugares como laboratorios o institutos especializados, con la intención de complementar la investigación, así como se deben consultar las normas que estén vigentes al momento de realizar las nuevas investigaciones.
- Proponer una geometría de ensamblaje menos compleja, con la finalidad de que facilite más el acoplamiento entre piezas y el descimbrado de los moldes.
- Tomar en cuenta la posibilidad de utilizar algún material de menor densidad, e incluso contemplar la posibilidad de acudir a la técnica de vibro-compresión, dependiendo del material a utilizar.
- Lograr primero el comportamiento dúctil de la mampostería para después proceder a obtener las demás propiedades mecánicas. Esto puede llegar a ser un proceso iterativo.
- En la cuestión del confinamiento, se recomienda:
 - Diseñar, en dado caso que se siga estudiando el block de esta tesis, algún tipo de confinamiento en las caras interior y exterior del muro, con la finalidad de conferir ductilidad a la mampostería, y evitar el colapso en el momento de la falla.
 - A pesar de no existir normas para este tipo de mampostería, se recomienda adaptar los confinamientos a base de dalas horizontales y castillos verticales que establecen las NTC del RCDF en el capítulo 5 titulado “MAMPOSTERÍA CONFINADA”. El arreglo del confinamiento tiene la finalidad de mantener unidas los blocks una vez que llegan a la falla.



Propuesta de confinamiento para muros.

- En el ámbito estructural, los siguientes trabajos realizados pueden aportar importantes ideas:
 - MODALIDADES DE REFUERZO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA.

G. Hernández

R. Meli

Instituto de Ingeniería, UNAM.

Elaborado para INFONAVIT. Diciembre 1976. 382.

- TESIS DOCTORAL: DISEÑO DE MUROS DE CONCRETO CON FALLA POR CORTANTE.

Oscar Hernández Basilio

División de estudios de posgrado

Sección de estructuras.

México, D.F., Febrero 1980

- Alternativo al confinamiento con dadas y castillos, se puede contemplar la posibilidad de acomodar algún refuerzo interior vertical y horizontal, haciendo uso de varilla estructural y algún mortero o *grout* de relleno para brindar la ductilidad necesaria a la mampostería.
- No se recomienda el uso de mamposterías machihembradas en zonas sísmicas donde las fuerzas laterales son elevadas, debido al comportamiento visto en los ensayos. solamente el riesgo de

BIBLIOGRAFÍA:

Normas ONNCCE:

- Capítulo 9 de la norma NMX-C-036-ONNCCE-2004:

9. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1. Cálculos y resultados

Tomar la resistencia a la compresión de una probeta como la carga máxima de N (kgf) dividida entre el área transversal de la probeta o sea el área total de una sección perpendicular a la dirección de la carga incluyendo aquellas que estén en los espacios huecos.

$$R = \frac{F}{A}$$

Donde:

R Es la resistencia a la compresión en MPa (kgf/cm^2)
 F Es la Carga máxima en N (kgf)
 A Es el área transversal del espécimen (cm^2)

10. PRECISIÓN

La resistencia a compresión se reporta con una aproximación de 100 kPa (1.0 kgf/cm^2).

11. INFORME DE LA PRUEBA

11.1. Informe

se deben informar los resultados por separado para cada probeta y para el promedio de todas las unidades probadas.

12. BIBLIOGRAFÍA

ASTM C-140-75. Standard Method of SAMPLING AND TESTING CONCRETE MASONRY UNITS.

13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

A APÉNDICE INFORMATIVO

A.1. Vigencia

La presente norma entra en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía en el Diario Oficial de la Federación.

○ NMX-C-404-ONNCE-2005:

ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.



Para adquirir la norma completa favor de comunicarse a la Gerencia de Normalización:

Constitución # 50, col. Escandón, C.P. 11800, Deleg. Miguel Hidalgo

Tels. (0155) 52 73 19 91; Fax. (0155) 52 73 34 31

http://www.onnce.org.mx correo electrónico: normas@mail.onnce.org.mx

FICHA TÉCNICA

FECHA: Marzo, 2006

NOMBRE GENERICO DEL PRODUCTO:	BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES PARA USO ESTRUCTURAL
NORMAS APLICABLES (o las que las sustituyan)	NMX-C-404-ONNCE-2005 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES PARA USO ESTRUCTURAL - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA"

DEFINICIÓN:

Bloque: Es un componente para uso estructural de forma prismática, que se obtiene por moldeo del concreto o de otros materiales, puede ser macizo o hueco.

Tabique (ladrillo): Es un componente para uso estructural, de forma prismática fabricado con arcillas comprimidas o extruidas, mediante un proceso de cocción o de otros materiales con procesos diferentes.

Tabicón: Es un componente macizo para uso estructural de forma prismática fabricado de concreto u otros materiales.

PRODUCTOS SELECCIONADOS

Los productos objeto de esta norma se clasifican en tres tipos y de acuerdo a los materiales con que se realizan.

Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación

TIPO DE PIEZA	MATERIALES	FORMA
Bloque	Grava-Cemento Arena-Cemento Barro extruido Barro recocido Silico calcáreo Otros	Rectangular Rectangular Rectangular Rectangular Rectangular Otras
Tabique (Ladrillo) Macizo Hueco Multiperforado	Barro recocido Barro extruido Otros (concreto)	Rectangular Rectangular Rectangular Otras
Tabicón	Grava-Cemento Arena-Cemento Tepojal-Cemento Otros	Rectangular Rectangular Rectangular Otras

Tipo de piezas	Especificación y tolerancia	
Pieza maciza	Es aquella que el área de las celdas no sea mayor al 25% de su área total, y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 20 mm.	
Pieza Hueca	Es aquella que el área de las celdas es mayor al 25% del área total pero menor o igual del 50% y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 15 mm.	
Dimensiones	Las dimensiones de las piezas deben ser modulares incluyendo la junta de albañilería. El fabricante publicara las dimensiones de sus piezas.	
Dimensiones para Bloques de concreto de dos ó tres celdas lisos	Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho.	
	Tipo de block (cm)	Espesor mínimo de paredes exteriores (mm)
	10 x 20 x 40	20
	12 x 20 x 40	20
	15 x 20 x 40	25
	20 x 20 x 40	32
	25 x 30 x 40	35
30 x 30 x 40	38	

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

Para adquirir la norma completa favor de comunicarse a la Gerencia de Normalización:

Constitución # 50, col. Escandón, C.P. 11800, Deleg. Miguel Hidalgo
Tels. (0155) 52 73 19 91; Fax. (0155) 52 73 34 31

http://www.onncce.org.mx correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx



Tipo de piezas	Especificación y tolerancia		
Dimensiones para Bloques multiperforados de concreto lisos	Son piezas de 8 ó más perforaciones o alvéolos y cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones, y además su distribución sea uniforme. Los espesores de paredes exteriores deben ser de 15 mm como mínimo. El espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 10 mm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho		
Dimensiones para Bloques de concreto con acabado rústico	Son piezas de concreto que tienen las mismas dimensiones que los bloques lisos, pero en este tipo de piezas se debe cuidar que la cara rústica no presente en alguna parte un espesor menor a lo que se especifica para bloques lisos en la Tabla 2. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo		
Dimensiones para tabiques de barro (ladrillos)	Las dimensiones nominales mínimas deben cumplir con las siguientes medidas: 5 cm de alto, 10 cm de ancho y 19 cm de largo con una tolerancia de ± 3 mm en cualquier dimensión, sin incluir la junta de albañilería		
	El área neta de piezas huecas debe ser de por lo menos del 50% del área total. Para piezas huecas con 2 y hasta 4 celdas el espesor mínimo de las paredes exteriores debe ser de 20 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores es de 13 mm. Para piezas multiperforadas y cuyas celdas sean de las mismas dimensiones y cuya distribución sea uniforme, el espesor mínimo de las paredes exteriores deben ser de 15 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 7 mm		
Dimensiones para tabicones	Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: Alto 6 cm, ancho 10 cm y largo 24 cm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas deben ser de ± 3 mm en la altura, y ± 2 mm en el largo y ancho.		
Resistencia mínima a compresión sobre área bruta	Tipo de pieza		Resistencia de diseño (f'p) N/mm² (kgf/cm²)
	Bloques de concreto vibrocomprimido		6 (60)
	Tabicones		10 (100)
	Tabique (Ladrillo) recocido		6 (60)
	Tabique (Ladrillo) extruido o prensado (hueco vertical)		10 (100)
	Tabique (Ladrillo) multiperforado		10 (100)
Absorción de agua en 24 h y absorción inicial	Tipo de pieza		Absorción máxima de agua en % durante 24 h
	Bloques de concreto		12
	Tabicones		15
	Tabique (Ladrillo) recocido		21
	Tabique (Ladrillo) extruido		15
			Absorción inicial g/min.
			5
			5
			5
Contracción por secado	El porcentaje máximo de contracción lineal total por secado para los bloques, tabiques y tabicones de concreto y de barro debe ser de 0,065%.		

OTRAS NORMAS APLICABLES

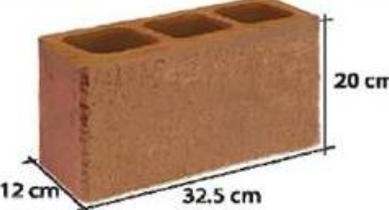
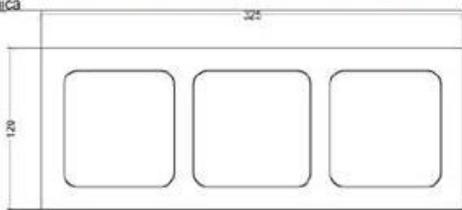
NMX-C-024	Determinación de la contracción por secado, de los bloques, ladrillos, tabiques y tabicones de concreto.
NMX-C-036-ONNCCE	Industria de la construcción – bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines – resistencia a la compresión – método de prueba.
NMX-C-037-ONNCCE	Industria de la construcción - Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – Determinación de la absorción de agua y absorción máxima inicial de agua
NMX-C-038-ONNCCE	Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción.
NMX-C-307	Industria de la construcción - Edificaciones - Componentes - Resistencia al fuego - Determinación

Páginas de internet:

- <http://www.hebel.mx/>
- <http://www.novaceramic.com.mx/>
- <http://www.superblock.com.mx/>
- <http://www.industrialbloquera.com.mx/>
- <http://www.circuloverde.com.mx/>
- <http://www.promonegocios.net/costos/costos-fijos.html>
- <http://www.ecoingenieros.com.ar/gtpusal/2010/clases/costos%20y%20punto%20de%20equilibrio.pdf>

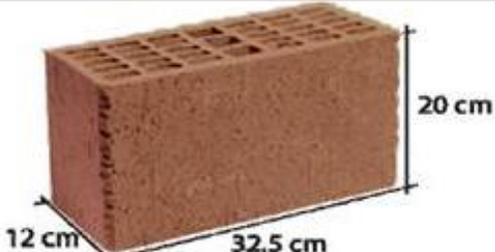
ANEXOS.

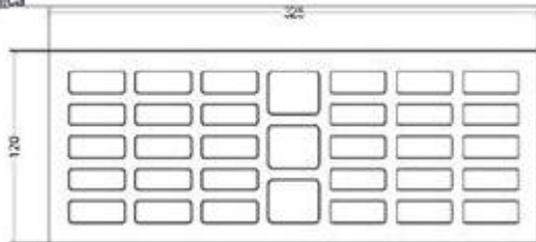
A continuación se muestran las fichas técnicas de algunas piezas de mampostería que fueron comparadas con el block machihembrado.

	FICHA TÉCNICO COMERCIAL Novablock Hueco Rústico Natural 12 NBH12NATU NOVACERAMIC S.A. DE C.V. Emilio Sanchez Piedras N° 100, Cd. Industrial Xicohtencatl, Tetla, 90434 Tlaxcala México		Pagina: 1 de 1 Elaboración: 07-may-12 Revisión: 07-may-12 N° Revisión: 1 Elaboró: JAVA Revisó: ASC																	
			Elaborado y Aprobado por: 																	
Ladrillo Novablock Hueco Rústico 12 Rustico																				
Descripción: Tabique Decorativo Triple Hueco de alta Resistencia Texturas y tonos diversos para detalles y proyectos arquitectonicos que requieran el acabado natural y el sello personal del arquitecto. La característica principal, es que las texturas y los tonos de cada pieza son diferentes, lo que hace a la Obra única.		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEDIDAS NOMINALES</th> <th colspan="2">TOLERANCIAS DIMENSIONALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Largo (l)</td> <td>325 mm</td> <td>±</td> <td>3.00 mm</td> </tr> <tr> <td>Alto (h)</td> <td>200 mm</td> <td>±</td> <td>3.00 mm</td> </tr> <tr> <td>Ancho (a)</td> <td>120 mm</td> <td>±</td> <td>3.00 mm</td> </tr> </tbody> </table>			MEDIDAS NOMINALES		TOLERANCIAS DIMENSIONALES		Largo (l)	325 mm	±	3.00 mm	Alto (h)	200 mm	±	3.00 mm	Ancho (a)	120 mm	±	3.00 mm
MEDIDAS NOMINALES		TOLERANCIAS DIMENSIONALES																		
Largo (l)	325 mm	±	3.00 mm																	
Alto (h)	200 mm	±	3.00 mm																	
Ancho (a)	120 mm	±	3.00 mm																	
		CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Linea / Familia de Producto</th> <th>RUSTICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pzas/m² con junta de mortero de 1 cm</td> <td>14.2 Pzas</td> </tr> <tr> <td>Espesor del Muro (t) sin aplanados</td> <td>12.0 cm</td> </tr> <tr> <td>Mortero para juntas de 1 cm de espesor</td> <td>6.4 l/m²</td> </tr> <tr> <td>Peso promedio de la pieza</td> <td>6.15 kg</td> </tr> <tr> <td>Peso promedio del muro solo con mortero</td> <td>100.0 kg/m²</td> </tr> <tr> <td>Espesor de Aplanado Recomendado</td> <td>N/A cm</td> </tr> <tr> <td>Acabado del sistema</td> <td>Rustico</td> </tr> </tbody> </table>		Linea / Familia de Producto	RUSTICO	Pzas/m ² con junta de mortero de 1 cm	14.2 Pzas	Espesor del Muro (t) sin aplanados	12.0 cm	Mortero para juntas de 1 cm de espesor	6.4 l/m ²	Peso promedio de la pieza	6.15 kg	Peso promedio del muro solo con mortero	100.0 kg/m ²	Espesor de Aplanado Recomendado	N/A cm	Acabado del sistema	Rustico	
Linea / Familia de Producto	RUSTICO																			
Pzas/m ² con junta de mortero de 1 cm	14.2 Pzas																			
Espesor del Muro (t) sin aplanados	12.0 cm																			
Mortero para juntas de 1 cm de espesor	6.4 l/m ²																			
Peso promedio de la pieza	6.15 kg																			
Peso promedio del muro solo con mortero	100.0 kg/m ²																			
Espesor de Aplanado Recomendado	N/A cm																			
Acabado del sistema	Rustico																			
CARACTERÍSTICAS POR PALET		CARACTERÍSTICAS POR TRANSPORTE																		
CONTENIDO	84.0 Pzas	CAMIÓN TORTON	24 Palets	2016 Pzas																
PESO PROMEDIO (kg)	516.6 Kg	TRAILER	42 Palets	3528 Pzas																
RENDIMIENTO PROMEDIO POR PALET	5.7 m ²	Forma de entrega:	Palet envuelto en plástico retráctil																	
PROPIEDADES DEL SISTEMA Y LA PIEZA		SÍMBOLO	NORMA	RESULTANTE																
ESPECIFICACIÓN DE LA PIEZA Clasificación de la Pieza Configuración de la pieza Material de fabricación		-	-	Tabique Largo >300 mm Hueca Arcilla Extruida																
PROPIEDADES MECÁNICAS Resistencia Promedio a la Compresión Simple Resistencia de Diseño a la Compresión Simple Resistencia a Compresión de la Mampostería Resistencia a Compresión Diagonal de Muretes Modulo de Elasticidad de la Mampostería Modulo de Rigidez a Cortante de la Mampostería % De Absorción con Respecto al Peso		\bar{f}_p f'_p f^*m V^*m E_m G_m -	NMX-C-404-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE NMX-C-464 ONNCCE NMX-C-464-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE	200.00 kg/cm ² 19.65 Mpa 133.33 kg/cm ² 13.10 Mpa 40.00 kg/cm ² 4.00 kg/cm ² - kg/cm ² - kg/cm ² 16-18 %																
PROPIEDADES TÉRMICAS Conductividad Térmica de la Pieza Resistencia Térmica de la Pieza Resistencia Térmica del Sistema		λ_{pieza} R_{Tp} R_{Ts}	NMX-C-460-ONNCCE	0.245 W/m x °K 0.426 m ² x °K/W 0.664 m ² x °K/W																
DENSIDAD Masa contenida en Volumen		ρ	NMX-C-126-ONNCCE	1784.680 kg/m ³																
RESISTENCIA AL FUEGO ⁽¹⁾ Resistencia al Fuego		R_f	NMX-C-307-ONNCCE	No Aplica																
Observaciones: ⁽¹⁾ Consultar las ultimas actualizaciones y revisiones de este documento en la página oficial de Novaceramic S.A. de C.V. www.novacceramic.com.mx ⁽²⁾ De acuerdo a la Nota No. 2 de norma NMX-C-404-ONNCCE "Industria de la construcción- Bloques, tabiques o ladrillo y tabicones para uso estructural- Especificaciones y métodos de prueba" no aplica esta prueba.																				



	<h3 style="margin: 0;">FICHA TÉCNICO COMERCIAL</h3> <h2 style="margin: 0;">Novablock Mult. Rústico Natural 12</h2> <p style="margin: 0;">NBM12NATU</p> <p style="margin: 0;">NOVACERAMIC S.A. DE C.V.</p> <p style="margin: 0;">Emilio Sanchez Piedras N° 100, Cd. Industrial Xicohtencatl, Tella, 90434 Tlaxcala México</p>	<p style="margin: 0;">Página: 1 de 1</p> <p style="margin: 0;">Elaboración: 07-may-12</p> <p style="margin: 0;">Revisión: 07-may-12</p> <p style="margin: 0;">N° Revisión: 1</p> <p style="margin: 0;">Elaboró: JAVA</p> <p style="margin: 0;">Revisó: ASC</p>
---	---	--

<p style="margin: 0;">Ladrillo</p> <p style="margin: 0;">Novablock</p> <p style="margin: 0;">Multiperforado</p> <p style="margin: 0;">Rústico</p>		<p style="margin: 0;">Elaborado y Aprobado por:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="margin: 0;">NOVACERAMIC S.A. DE C.V.</p>
---	--	--

<p style="margin: 0;">Descripción: Ladrillo Multiperforado estructural de alta resistencia. Texturas y tonos diversos para detalles y proyectos arquitectónicos que requieran el acabado natural y el sello personal del arquitecto. La característica principal, es que las texturas y los tonos de cada pieza son diferentes, lo que hace a la Obra única.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">MEDIDAS NOMINALES</th> <th colspan="4">TOLERANCIAS DIMENSIONALES</th> </tr> <tr> <td>Largo (l)</td> <td>325</td> <td>mm</td> <td>±</td> <td>3.00</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Alto (h)</td> <td>200</td> <td>mm</td> <td>±</td> <td>3.00</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Ancho (a)</td> <td>120</td> <td>mm</td> <td>±</td> <td>3.00</td> <td>mm</td> </tr> </table>	MEDIDAS NOMINALES		TOLERANCIAS DIMENSIONALES				Largo (l)	325	mm	±	3.00	mm	Alto (h)	200	mm	±	3.00	mm	Ancho (a)	120	mm	±	3.00	mm
MEDIDAS NOMINALES		TOLERANCIAS DIMENSIONALES																							
Largo (l)	325	mm	±	3.00	mm																				
Alto (h)	200	mm	±	3.00	mm																				
Ancho (a)	120	mm	±	3.00	mm																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA</th> </tr> <tr> <td>Línea / Familia de Producto</td> <td>RÚSTICO</td> </tr> <tr> <td>Pzas/m² con junta de mortero de 1 cm</td> <td>14.2 Pzas</td> </tr> <tr> <td>Espesor del Muro (t) sin aplanados</td> <td>12.0 cm</td> </tr> <tr> <td>Mortero para juntas de 1 cm de espesor</td> <td>14.1 l/m²</td> </tr> <tr> <td>Peso promedio de la pieza</td> <td>7.5 kg</td> </tr> <tr> <td>Peso promedio del muro solo con mortero</td> <td>135.0 kg/m²</td> </tr> <tr> <td>Espesor de Aplanado Recomendado</td> <td>N/A cm</td> </tr> <tr> <td>Acabado del sistema</td> <td>Rústico</td> </tr> </table>	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA		Línea / Familia de Producto	RÚSTICO	Pzas/m ² con junta de mortero de 1 cm	14.2 Pzas	Espesor del Muro (t) sin aplanados	12.0 cm	Mortero para juntas de 1 cm de espesor	14.1 l/m ²	Peso promedio de la pieza	7.5 kg	Peso promedio del muro solo con mortero	135.0 kg/m ²	Espesor de Aplanado Recomendado	N/A cm	Acabado del sistema	Rústico						
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA																									
Línea / Familia de Producto	RÚSTICO																								
Pzas/m ² con junta de mortero de 1 cm	14.2 Pzas																								
Espesor del Muro (t) sin aplanados	12.0 cm																								
Mortero para juntas de 1 cm de espesor	14.1 l/m ²																								
Peso promedio de la pieza	7.5 kg																								
Peso promedio del muro solo con mortero	135.0 kg/m ²																								
Espesor de Aplanado Recomendado	N/A cm																								
Acabado del sistema	Rústico																								

PROPIEDADES DEL SISTEMA Y LA PIEZA		SÍMBOLO	NORMA	RESULTANTE		
Especificación de la Pieza	Clasificación de la Pieza	-	NMX-C-404-ONNCCE	Tabique Largo >300 mm		
	Configuración de la pieza	-		Multiperforada		
	Material de fabricación	-		Arcilla Extruida		
Propiedades Mecánicas	Resistencia Promedio a la Compresión Simple	f _p	NMX-C-404-ONNCCE	200.00	kg/cm ²	
				19.65	Mpa	
	Resistencia de Diseño a la Compresión Simple	f _p	NMX-C-404-ONNCCE	133.33	kg/cm ²	
				13.10	Mpa	
	Resistencia a Compresión de la Mampostería	f _m	NMX-C-464-ONNCCE	90.00	kg/cm ²	
	Resistencia a Compresión Diagonal de Muretes	V _m		8.00	kg/cm ²	
Modulo de Elasticidad de la Mampostería	E _m	NMX-C-464-ONNCCE	55805.00	kg/cm ²		
Modulo de Rigidez a Cortante de la Mampostería	G _m		10757.00	kg/cm ²		
Propiedades Térmicas	% De Absorción con Respecto al Peso	-	NMX-C-404-ONNCCE	16-18 %		
	Conductividad Térmica de la Pieza	λ _{pieza}		0.119	W/m x °K	
	Resistencia Térmica de la Pieza	R _{TP}		NMX-C-460-ONNCCE	1.052	m ² x °K/W
	Resistencia Térmica del Sistema	R _{TS}			1.053	m ² x °K/W
DENSIDAD	Masa contenida en Volumen	ρ	NMX-C-126-ONNCCE	1784.680 kg/m ³		
RESISTENCIA AL FUEGO ⁽²⁾	Resistencia al Fuego	R _f		NMX-C-307-ONNCCE	No Aplica	

Observaciones:

⁽¹⁾ Consultar las últimas actualizaciones y revisiones de este documento en la página oficial de Novacercamic S.A. de C.V. www.novacercamic.com.mx

⁽²⁾ De acuerdo a la Nota No. 2 de norma NMX-C-404-ONNCCE "Industria de la construcción- Bloques, tabiques o ladrillo y tabicones para uso estructural- Especificaciones y métodos de prueba" no aplica esta prueba.





FICHA TÉCNICO COMERCIAL

Novablock Hueco Ligero 10

Página: 1 de 1

NBHL10
NOVACERAMIC S.A. DE C.V.
Emilio Sanchez Piedras N° 100, Cd. Industrial
Xicohtencatl, Tetla, 90434 Tlaxcala México

Elaboración: 04-jun-12
Revisión: 04-jun-12
N° Revisión: 1
Elaboró: JAVA
Revisó: ASC

Ladrillo
Novablock Hueco Ligero 10
Estriado

Elaborado y Aprobado por:

NOVACERAMIC S.A. DE C.V.

Descripción: Tabique Triple Hueco industrializado de alta resistencia Recomendadas para la construcción que requiere ligereza y velocidad de avance, con acabado estriado para la aplicación de revestimientos. Colocación igual que el tabique rojo, pero con mayor rendimiento y eficiencia estructural	MEDIDAS NOMINALES Largo (l) 325 mm Alto (h) 250 mm Ancho (a) 100 mm	TOLERANCIAS DIMENSIONALES ± 3.00 mm ± 3.00 mm ± 3.00 mm
---	---	---

	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA	
	Línea / Familia de Producto Pzas/m ² con junta de mortero de 1 cm Espesor del Muro (t) sin aplanados Mortero para juntas de 1 cm de espesor Peso promedio de la pieza Peso promedio del muro solo con mortero Espesor de Aplanado Recomendado Acabado del sistema	DIVISORIOS 11.5 Pzas 10.0 cm 6.4 l/m ² 5.2 kg 73.0 kg/m ² 0.5 cm Estriado

CARACTERÍSTICAS POR PALET			CARACTERÍSTICAS POR TRANSPORTE		
CONTENIDO	108.0	Pzas	CAMIÓN TORTON	24 Palets	2592 Pzas
PESO PROMEDIO (kg)	561.6	Kg	TRAILER	42 Palets	4536 Pzas
RENDIMIENTO PROMEDIO POR PALET	9.1	m ²	Forma de entrega:	Palet envuelto en plástico retráctil	

PROPIEDADES DEL SISTEMA Y LA PIEZA		SÍMBOLO	NORMA	RESULTANTE		
ESPECIFICACIÓN DE LA PIEZA	Clasificación de la Pieza	-	NMX-C-404-ONNCCE	Tabique Largo >300 mm		
	Configuración de la pieza	-		Hueca		
	Material de fabricación	-		Arcilla Extruida		
PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia Promedio a la Compresión Simple	f _p	NMX-C-404-ONNCCE	100.00	kg/cm ²	
				9.82	Mpa	
	Resistencia de Diseño a la Compresión Simple	f [*] _p	NMX-C-404-ONNCCE	66.67	kg/cm ²	
				9.00	Mpa	
	Resistencia a Compresión de la Mampostería	f [*] _m	NMX-C-464 ONNCCE	40.00	kg/cm ²	
	Resistencia a Compresión Diagonal de Muretes	v [*] _m		3.00	kg/cm ²	
	Modulo de Elasticidad de la Mampostería	E _m	NMX-C-464-ONNCCE	-	kg/cm ²	
Modulo de Rigidez a Cortante de la Mampostería	G _m	-		kg/cm ²		
PROPIEDADES TÉRMICAS	% De Absorción con Respecto al Peso	-	NMX-C-404-ONNCCE	16-18	%	
	Conductividad Térmica de la Pieza	λ _{pieza}		NMX-C-460-ONNCCE	0.193	W/m x °K
	Resistencia Térmica de la Pieza	R _{TP}			0.620	m ² x °K/W
	Resistencia Térmica del Sistema	R _{TS}			0.737	m ² x °K/W
DENSIDAD	Masa contenida en Volumen	ρ	NMX-C-126-ONNCCE	1734.220	kg/m ³	
RESISTENCIA AL FUEGO ⁽²⁾	Resistencia al Fuego	R _f		NMX-C-307-ONNCCE	No Aplica	

Observaciones:

⁽¹⁾ Consultar las últimas actualizaciones y revisiones de este documento en la página oficial de Novacercamic S.A. de C.V.
www.novacercamic.com.mx

⁽²⁾ De acuerdo a la Nota No. 2 de norma NMX-C-404-ONNCCE "Industria de la construcción- Bloques, tabiques o ladrillo y tabicones para uso estructural- Especificaciones y métodos de prueba" no aplica esta prueba.



La siguiente descripción de propiedades para muro Hebel, se obtuvo de la guía de instalación “Construyendo sus muros con Block Hebel”, la cual se puede obtener del siguiente link:

http://www.hebel.mx/es/docs/Hebel_Mamposteria_Confinada_16JUN.pdf

Propiedades:

Características	Unidad	Block Hebel	
		AAC-4	AAC-6
Resistencia a la compresión (f_{aac})	kg/cm ²	40.8	61.2
Densidad nominal	kg/m ³	500	600
Peso de diseño	kg/m ³	600	720
Contracción por secado	mm/m	0.20	0.20
Coefficiente de expansión térmica	1/°K	8 x 10 ⁻⁶	8 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica	W/m-k	0.1230	0.1490
Permeabilidad al vapor de agua	ng/Pa.s.m	0.171	0.182
Adsorción de humedad	% en masa	2.30	2.41
	% volumen	1.16	1.38
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	20,800	26,500
Módulo de ruptura	kg/cm ²	8.1	10.0
Esfuerzo de aplastamiento permisible	kg/cm ²	24.5	36.8

Tabla 1: Propiedades físicas y de diseño.

APÉNDICE.

I. Dosificación del concreto utilizado para elaborar los blocks.

Enseguida se mostrará la memoria de cálculo para la dosificación del concreto que se utilizó en la hechura de las piezas ensayadas:

LABORATORIO DE MATERIALES (A.C.I. 211.1-77)							
MEZCLA N° _____	OBRA <u>Block machihembrado</u>	FECHA <u>Julio 2012</u>					
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO							
F'c= <u>300 Kg/cm²</u>	REVENIMIENTO: <u>5 cm</u> <u>±2</u>		RELACIÓN A/C: <u>0.54</u>				
ARENA:	GRAVA:	CEMENTO DEN. <u>π</u>					
DEN. <u>2.36</u>	DEN. <u>2.25</u>						
M.F. <u>2.9</u>	T.M.A. <u>1/2"</u>						
HUM. % <u>0.5</u>	P.V.Compactado. <u>1,392 Kg/m³</u>						
ABS.% <u>5.5</u>	HUM.% <u>4</u>						
	ABS.% <u>2</u>						
1.- AGUA EN KILOGRAMOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS. TABLA 1.							
Revenimiento (cm)	10mm	13mm	20mm	25mm	40mm	50mm	75mm
	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO						
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170
Contenido de aire %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
Por lo tanto: Cantidad de agua=	200 litros						
Contenido de aire=	2.50%						

2.-

RELACIÓN AGUA-CEMENTO A/C

$$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

∴

$$f'cd = 300 + 80 \text{ Kg/cm}^2 = 380 \text{ Kg/cm}^2$$

∴

$$A/C = 0.46$$

(en peso)

∴

$$\text{Cemento} = 434.78 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{443.78}{3.24} = 138.47 \text{ lts}$$

3.-

VOLÚMEN DE AGREGADO GRUESO SECO Y COMPACTADO CON VARILLA
 POR VOLÚMEN UNITARIO DE CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS
 DE FINURA DE LA ARENA. TABLA 2

TAMAÑO MÁXIMO DE AGREDO GRUESO mm	M.F.				
	2.40	2.60	2.80	3.00	
10	0.50	0.48	0.46	0.44	
13	0.59	0.57	0.55	0.53	--> 0.54
20	0.66	0.64	0.62	0.60	
25	0.71	0.69	0.67	0.65	
40	0.75	0.73	0.71	0.69	
50	0.78	0.76	0.74	0.72	
75	0.81	0.79	0.77	0.75	
150	0.87	0.85	0.83	0.85	

Por lo tanto:

$$\text{Vol.} = 0.54 \times 1,392 \text{ Kg/m}^3 = \frac{751.68 \text{ Kg/m}^3}{2.25} = 334 \text{ lts}$$

$$\text{Vol} = 334 \text{ lts}$$

4.-

CANTIDAD DE ARENA

Por volumen:

Cemento..... 138.47 lts

Agua..... 200 lts

Grava..... 334 lts

Aire..... 25 lts

697.47 lts

∴

1,000 lts - 697.47 lts = 302.53 lts de arena

302.53 lts x 2.36 = 713.98 Kg/m³

Vol de

arena= 302.53 lts

5.-

CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Grava:

Humedad: 751.68 Kg/m³ x 0.04 = 30.07 Kg --> sobra

Absorción: 751.68 Kg/m³ x 0.02 = 15.03 Kg --> falta

15.035 Kg --> **sobra**

Arena:

Humedad: 713.98 Kg/m³ x 0.005 = 3.57 Kg --> sobra

Absorción: 713.98 Kg/m³ x 0.055 = 39.27 Kg --> falta

35.7 --> **falta**

∴

35.70 Kg - 15.03 Kg = 20.67 Kg para agregar

∴

Volumen final de agua= 200 KG + 20.67 Kg = 220.67 Kg

6.-

AJUSTES

Por volumen:

Cemento..... 138.47 lts
Agua..... 220.67 lts
Grava..... 334lts
Arena..... 302.53 lts
Aire..... 25 lts

Por peso:

Cemento..... 434.78 Kg/m3
Agua..... 220.67 Kg/m3
Grava..... 751.68 Kg/m3
Arena..... 713.98 Kg/m3
Aire..... 0 Kg/m3

Peso vol= 2,121.11 Kg/m3

7.-

PROPORCIONAMIENTOS

Por volumen:

Cemento	Agua	Grava	Arena
1	1.59	2.41	2.18

Por peso:

1	0.51	1.73	1.64
----------	-------------	-------------	-------------

II. Estimación del rendimiento por jornada para la colocación de la mampostería machihembrada propuesta.

Consideraciones:

- El cálculo siguiente es un auxiliar para llegar a una aproximación del rendimiento físico de una cuadrilla encargada de la construcción con esta mampostería propuesta.
- La suposición incluye únicamente la colocación de blocks sin ningún confinamiento.
- Cuadrilla: 1 Oficial albañil + 1 Ayudante
- Jornada: 8 horas
- Material: más ligero que el concreto utilizado en la tesis. Realizas más estudios para definirlo.
- Rendimiento esperado: 30 M2/Jorn

Por lo tanto:

→ Metros cuadrados instalados por hora: $\frac{30 \text{ M2/Jor}}{8 \text{ hr/Jor}} = \mathbf{3.75 \text{ M2/hr}}$

→ Blocks colocados por hora: $3.75 \text{ M2/hr} \times 13.33 \text{ blocks/M2} = 49.98 \sim \mathbf{50 \text{ blocks/hr}}$

→ Blocks colocados por minuto: $\frac{50 \text{ blocks/hr}}{60 \text{ min/hr}} = \mathbf{0.833 \text{ blocks/min}}$, es decir, menos de una pieza por minuto. Para una mejor comprensión de este cálculo, se calcula la cantidad de piezas enteras colocadas para un tiempo variable:

➤ $0.833 \text{ blocks/min} \times 6 \text{ min} = 4.99 \sim \underline{\underline{5 \text{ blocks por cada 6 minutos.}}}$

El análisis fue cotejado con el tiempo de ensamblado de los muretes de prueba.

III. Precio del block elaborado.

El precio que se desglosa a continuación corresponde únicamente al costo directo de los materiales necesarios para la elaboración del block:

Dosificación por volumen:

Cemento:	1
Agua:	1.59
Grava:	2.41
Arena:	2.18

Suponiendo que las cantidades de la dosificación anterior representen litros, la suma total de litros es de **7.18** lts

El block machihembrado propuesto tiene un volumen de 11.25 litros más un 3% de desperdicio en el momento de la elaboración del concreto, por lo que se necesitaron **11.58** litros de concreto para realizar el colado en el molde del block.

Con los datos anteriores, se puede establecer una relación de volumen faltante en la suma de 7.18 litros para completar el volumen requerido de concreto:

$$r = \frac{11.58}{7.18} = 1.61$$

Por lo tanto, el precio por insumo es: 1.61 x Dosificación x Costo Directo

- Cemento= 1.61 x 1.00 x \$2.21/Kg = \$3.56°°
 - Agua= 1.61 x 1.59 x \$1.83/lit = \$4.68°°
 - Grava= 1.61 x 2.41 x \$0.293/lit = \$1.13°°
 - Arena= 1.61 x 2.18 x \$0.221/lit = \$0.77°°
- Total = \$10.14°°

Costo por block: \$10.14°°