



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

**COMPARATIVA TÉCNICO – ECONÓMICA EN MUROS DIVISORIOS PARA
EDIFICACIÓN VERTICAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO.**

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

PRESENTA:
RICARDO FIDEL GARCÍA SÁNCHEZ

TUTOR PRINCIPAL
M.I. JOSÉ ÁLVARO PÉREZ GÓMEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: **M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas.**

Secretario: **Ing. Guillermo Casar Marcos.**

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

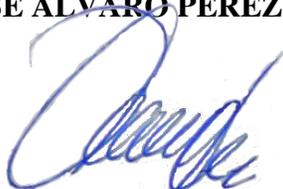
2^{do}. Vocal: **M. I. Carlos Narcia Morales.**

3^{er}. Vocal: **Ing. Víctor Manuel Martínez Hernández.**

Lugar donde se realizó la tesis: **Ciudad Universitaria, CD. MX.**

TUTOR DE TESIS:

M.I. JOSÉ ÁLVARO PÉREZ GÓMEZ

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'José Álvaro Pérez Gómez', written over a horizontal dashed line.

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido terminar una etapa importante en mi vida y brindarme salud, fortaleza y fe para continuar sin rendirme y por haberme otorgado los conocimientos y habilidades necesarias para superar todo tipo de obstáculos en este recorrido.

A mi madre, por el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de toda mi vida; por sus consejos y enseñanzas las cuales han forjado la persona que hoy soy, por estar siempre cuando la necesito y por ser mi motor para seguir adelante.

A mis hermanos, por su apoyo y ánimos para seguir adelante que me brindaron a lo largo de este proceso, por sus consejos y buenos ejemplos que cultivaron en mí.

A mi asesor de tesis el M.I. José Álvaro Pérez Gómez, por su apoyo incondicional durante la realización de esta tesis, sus consejos y enseñanzas que me brindo tanto dentro de las aulas como fuera de ellas. Por su valiosa colaboración, disposición, tiempo, paciencia y dedicación en la presente tesis, sin duda invaluable su colaboración.

A mi tutor de la maestría el M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas, por su incondicional apoyo y asesoría, así como la atención y paciencia que me brindo en cada uno de los tramites realizados durante mi estadía en el posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por otorgarme el financiamiento durante los estudios de posgrado, así como en el transcurso de elaboración de tesis que sin duda alguna fue un punto clave para concentrarme en mis estudios.

A mis maestros, por compartir tantos conocimientos en clase y por los consejos que recibí cariñosamente de ellos. Siempre tendrán mi respeto y admiración.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por haberme albergado en sus aulas a lo largo de mis estudios de posgrado y colaborar en mi crecimiento profesional y personal.

De todo corazón les agradezco por formar parte de este nuestro logro.

Ricardo Fidel García Sánchez

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A INVESTIGAR Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
LÍNEA Y ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN. ENFOQUE PRÁCTICO.....	9
OBJETIVO DE LA TESIS.....	9
CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES	10
1.1.- RESEÑAS HISTÓRICAS.	10
1.1.2.- Tabiques de arcilla recocida y bloques de concreto.	10
1.1.2.- Los Paneles de yeso	12
1.1.3.- El concreto Celular.	13
1.2.- ASPECTOS GENERALES EN MUROS.....	15
1.2.1.- Clasificación de muros.....	15
1.2.2.- Requisitos generales de ejecución.	16
1.3.- MUROS DIVISORIOS.....	18
1.3.1.- Muros divisorios de mampostería.....	18
1.3.2.- Muros divisorios con concreto celular.....	21
1.3.3.- Muros divisorios con placas de yeso.	25
CAPÍTULO 2.- EVIDENCIAS DE DAÑOS EN MUROS NO ESTRUCTURALES ANTE SISMOS.	27
CAPÍTULO 3.- SISTEMAS DE MUROS DIVISORIOS.	32
3.1.- MUROS DIVISORIOS A BASE DE PANELES DE YESO.	32
3.1.1.- Muros divisorios de Tablaroca “USG”.	33
3.1.2.- Muros divisorios de “Panel Rey”.	38
3.1.3.- Mano de obra.....	45
3.1.4.- Procesos constructivos de muros divisorios a base de paneles de yeso.....	45
3.2.- MUROS DIVISORIOS CON EL SISTEMA MEGABRICK DE NOVACERAMICK. ...	59
3.2.1.- Mano de obra.....	62

3.2.2.- Procesos constructivos de muros con sistema Megabrick.	63
3.3.- MUROS DIVISORIOS CON EL SISTEMA DIVISORIO ULTRALIGERO MACHIHEMBRADO DE IBM.	70
3.3.1.- Mano de obra.	73
3.3.2.- Procesos constructivos de muros divisorios con bloques ultraligeros machihembrados de IBM.	73
3.4.- MUROS DIVISORIOS CON EL SISTEMA PRACTIMURO DE HEBEL.	77
3.4.1.- Mano de obra.	79
3.4.1.- Procesos constructivos de muros divisorios con el sistema practimuro de Hebel.....	80
CAPÍTULO 4.- CONEXIONES Y JUNTAS CONSTRUCTIVAS EN MUROS DIVISORIOS.	89
4.1.- CONEXIONES EN MUROS DIVISORIOS.	90
4.1.1.- Conexión de muro de block hueco a techo por medio de varillas.	91
4.1.2.- Conexión de muro confinado a losa por medio de varillas.	92
4.1.3.- Conexión por medio de ángulos.	93
4.1.4.- Otros sistemas empleados.	94
4.1.5.- Sistema para muro divisorio de concreto celular.....	95
4.2.- JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y/O AISLAMIENTO.	97
4.2.1.- Modo de aplicación del sellador en juntas.	98
4.2.2.- Selladores comerciales.	101
CAPÍTULO 5.- COMPARATIVAS ENTRE LOS SISTEMAS DE MUROS DIVISORIOS.	105
5.1.- COMPARATIVA DE COSTOS.	112
CAPÍTULO 6.- EJEMPLO DE MURO DIVISORIO CONSTRUIDO CON SISTEMA DE BLOCK ULTRALIGERO MACHIHEMBRADO.	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	131
REFERENCIAS	134



RESUMEN.

En el presente trabajo de investigación se analizan y comparan cuatro sistemas constructivos para muros divisorios utilizados en la edificación vertical dentro de la Ciudad de México. Se partió desde un punto de vista de seguridad estructural, donde se buscó que cada sistema sea capaz de proveer seguridad a los usuarios con elementos eficientes que sean capaces de soportar su propio peso y sean estables ante movimientos laterales y perpendiculares a su plano causados por sismos o en su caso viento. Esta investigación a su vez tiene como objetivo determinar principalmente cuál de estos sistemas ofrece las mejores ventajas constructivas y económicas determinando cual es la mejor opción costo - beneficio. Dichos sistemas corresponden al sistema “Megabrick” de Novaceramic, el sistema “Block ultraligero machihembrado” de Industrial Bloquera Mexicana, el sistema “Practimuro” de Hebel (concreto celular) y el convencional sistema de muros de paneles de yeso. A lo largo de la investigación se recopiló información técnica fundamental para poder comparar las diversas cualidades que ofrece cada sistema para muro divisorio, tales como las características generales del sistema, así como también las especificaciones de las piezas que conforman a cada uno de estos sistemas, su ejecución en obra y los costos por metro cuadrado de construcción por mencionar algunos puntos analizados. Finalmente, se observó una notoria ventaja del sistema de “Block ultra ligero machihembrado” de IBM sobre los otros sistemas, ofreciendo mayores beneficios tanto en sus piezas como a la hora de construir y en los costos. Dichos resultados se ven reflejados en todas las comparaciones realizadas dentro de este trabajo de investigación.



ABSTRACT.

In this research, four construction systems for dividing walls used in vertical construction within Mexico City are analyzed and compared. It started from a structural safety point of view, it was sought that each system is capable of providing security to users with efficient elements that are capable of supporting their own weight and that are stable against lateral movements and perpendicular to their plane caused by earthquakes or, wind. This research in turn aims to determine mainly which of these systems offers the best constructive and economic advantages, determining which is the best cost-benefit option. These systems correspond to the “Megabrick” system by Novaceramic, the “Block ultraligero machihembrado” system by Industrial Bloquera Mexicana, the “Practimuro” system by Hebel (cellular concrete) and the conventional drywall system. Throughout the investigation, fundamental technical information was collected to be able to compare the various qualities offered by each dividing wall system, such as the general characteristics of the system, as well as the specifications of the pieces that make up each of these systems, its execution on site and the costs per m² of construction, to mention some points analyzed. Finally, a notorious advantage of IBM's “Block ultraligero machihembrado” system was observed over other systems, offering greater benefits both in its pieces and when building and in costs. These results are reflected in all comparisons made within this research.



INTRODUCCIÓN.

Los muros son elementos constructivos verticales de un edificio cuya función es delimitar espacios y/o soportar cargas o empujes. Muros gruesos soportaban mejor las cargas y empujes del suelo y pesadas cubiertas, resolviendo las condiciones de aislamiento térmico, impermeabilidad e incluso el aislamiento acústico. A lo largo de la Historia y a lo ancho de la Geografía, se han ido utilizando y se siguen realizando con los materiales más inmediatos resistentes, más abundantes y económicos. Tal como lo pueden ser el tapial, adobe, piedras naturales, piedras artificiales (producidas por cocción de arcillas, fabricando ladrillos y bloques cerámicos, o bien realizando estos mismos formatos o piezas con cementos naturales o Portland y áridos), madera, o bien otros materiales como lo pueden ser también la Tablaroca o el concreto celular.

En este trabajo nos enfocaremos principalmente en los muros divisorios los cuales son elementos no estructurales. Dichos elementos han sido concebidos para no participar en el comportamiento estructural del inmueble tanto ante acciones sísmicas como gravitacionales, sin embargo, en estos se deberá buscar un autoaporte, es decir, que tengan la capacidad de soportar su propio peso y por ende se deberán construir de tal forma que satisfagan este propósito.

Ahora bien, es necesario especificar que los materiales de los sistemas a analizar son actualmente comerciales y algunos de ellos han estado presentes en la construcción desde muchos años atrás como bien lo puede ser los tabiques, los cuales se ha calculado, que, como elemento para la construcción, tienen una antigüedad de unos 11000 años. La primera vez que se utilizaron fue en el neolítico precerámico del Levante mediterráneo hacia 9500 a. C. Se cree que esto se debe a que en aquella zona había escasez de madera y de piedra, elementos constructivos de otras zonas. A lo largo de unos 10.000 años, desde su invención hasta nuestros días, el ladrillo ha ido evolucionando según las necesidades del hombre. Comenzando por la invención del molde, más tarde con la cocción y la evolución de los hornos, la introducción del esmaltado, dar forma a los ladrillos para crear esculturas y la invención de difíciles diseños para unir juntas. A diferencia de los tabiques cocidos, otro material muy común de usar que analizaremos dentro de este trabajo es el construido a base de bloques de concreto, este material no es tan viejo como los tabiques recocidos ya que su primera aparición data en el año 1833 para bloques sólidos y que dos décadas más tarde, se creó bloque hueco. Ambas invenciones se deben al ingenio y creatividad de diseñadores ingleses.



En este trabajo, también se analiza un material un tanto joven a comparación de los anteriores, es decir, su aparición en el medio de la construcción es más reciente y se trata de los paneles de yeso para la elaboración de muros divisorios, este sistema es exclusivo para muros divisorios a diferencia de los otros que pueden usarse de manera estructural en algunos casos (dependerá de sus características mecánicas del material). Este material tuvo una importante evolución entre los años 1910 y 1930, comenzando con los bordes de la tabla envuelta y la eliminación de las dos capas internas de papel de fieltro a favor de los revestimientos a base de papel. Otro material del cual estaremos hablando dentro de este trabajo es el concreto celular, el cual es más reciente aun, este material nació en 1924 en Suecia cuando mezclaron cemento, cal, agua, arena fina y aluminio. Este material fue patentado por J.A. Eriksson, un arquitecto sueco quien buscaba un material para la construcción que presentara las características positivas de la madera (aislamiento, solidez y trabajabilidad) y dejara de lado sus desventajas (combustible, fragilidad y necesidad de mantenimiento), tres años más tarde, combino este procedimiento con el curado en autoclave.

Estos cuatro materiales mencionados sirven de base para este trabajo ya que se analizan sistemas para muros divisorios a base de ellos, es decir, se analizan cuatros sistemas diferentes en este trabajo en los cuales cada uno está fabricado de un material diferente como lo pueden ser tabiques recocidos, bloques de concreto simple o concreto celular y muros de paneles de yeso. Los materiales analizados en este trabajo se encuentran disponible en el mercado y se buscó para su análisis y comparación sistemas específicamente para muros divisorios además de los ya conocidos muros divisorios paneles de yeso se analizó para el caso de las piezas de arcilla recocida el sistema “Megabrick” de Novaseramic, en el caso de los bloques de concreto se analizó el sistema block divisorio machihembrado ultraligero de Industrial Bloquera Mexicana. Por otra parte, para los bloques de concreto celular se analizó el sistema de Practimuro de Hebel.

Primeramente se comparó sus características propias de cada uno, dando a resaltar sus mayores ventajas o bien desventajas que pueden presentar una contra otra, a su vez, se debe tener en cuenta y como recomendación para la construcción de cualquiera de estos sistemas de muro divisorio que se debe tener cierta consideración partiendo desde una perspectiva estructural ya que a los muros divisorios, generalmente como se les considera “no estructurales”, no se les llega a tomar en cuenta en el proceso del análisis de la respuesta del edificio a demandas sísmicas y hay



que recordar que en lo que al país concierne la Ciudad de México, que es donde principalmente se refiere esta investigación se ha convertido en el receptor sísmico debido a que se encuentra lo suficientemente cercana a las zonas de alta actividad sísmica en el país esto desemboca que sus efectos sean más dañinos en esta zona que en otros lugares, principalmente a causa de la naturaleza de su terreno ya que fue fincada en lo que fuera un lago.

Por eso mismo, es importante recordar que la Ciudad de México ha sido afectada por grandes sismos a lo largo de la historia, siendo la más reciente la del 19 de septiembre 2017 cuando ocurrió un terremoto de magnitud 7.1, con epicentro en el Estado de Morelos, a alrededor de 120 km de la Ciudad de México. Este terremoto causó el colapso de aproximadamente 50 edificaciones dejando daños graves. Y es que, ante la presencia de un terremoto, los daños que se producen pueden ser muy graves para toda la estructura principal (elementos estructurales) de una edificación y a su vez podrían conducir a daños muy graves en muros divisorios cuya reparación podría ser excesivamente costosa o bien, al colapso de estos muros, con las posibles afectaciones a la seguridad de los residentes del edificio, o incluso con pérdidas de vidas humanas. Es muy común no prestarle mucha importancia a este tipo de elementos no estructurales, ya que se le da más atención a los elementos estructurales por la importancia que estos puedan representar para el proyecto. Es por eso que en cuanto a muros divisorios se refiere no son desligados de las estructuras principales, esto en ocasiones resulta contraproducente ya que estos muros generan empujes sobre los marcos que inclusive los pueden llevar a la falla de los elementos. En la práctica constructiva, comúnmente no existen las juntas ni las conexiones debido al elevado costo económico que estos pueden llegar a causar. En este trabajo, se presentan soluciones prácticas para algunos casos en lo referente a conexiones entre el muro divisorio y los elementos estructurales, del mismo modo se mencionan algunas recomendaciones tanto para este aspecto como para el sellado de las juntas que se llegan a crear entre ambos elementos.

De igual manera, un aspecto importante que se toca en este trabajo son los relacionados a costos. Este es un factor importante de analizar ya que al compararse cuatro sistemas que tienen el mismo fin en particular de servir como muro divisorio pero cada uno a base de diferente material, es imperativo determinar cuál de ellos es más económico y a su vez con todo lo ya analizado dentro de este trabajo se determina cuál de estos sistemas para muro divisorio ofrece la mejor opción costo calidad del mercado.



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A INVESTIGAR Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La edificación vertical es una solución constructiva que desde tiempos remotos se ha implementado para resolver principalmente problemas relacionados al espacio, por lo mismo es cada vez más común ver este tipo de construcciones en las grandes ciudades. Es importante mencionar que este tipo de construcciones verticales se hacen presentes cada vez más en la Ciudad de México ya sea destinadas a viviendas, oficinas o con algún otro fin.

La edificación vertical comúnmente se construye a base de marcos rígidos ya sean de concreto armado, estructura metálica o una combinación de ambos; lo cual dependerá de las exigencias del proyecto, así mismo, si es el caso se deberán incluir otros elementos estructurales (muros de cortante, contravientos, etc.) que garanticen que la estructura trabajara de una manera eficiente y tendrá un comportamiento sismo-resistente. Este sistema constructivo representa a el esqueleto del proyecto terminado, sobre esta comienzan los trabajos de albañilería en los cuales entra el levantamiento de los muros divisorios. Los muros divisorios son elementos que únicamente tienen la función de dividir una área o espacio en referencia a otro, esto quiere decir que servirá para generar los espacios a distribuir, así mismo se deben garantizar otras cuestiones como la acústica, termicidad entre otras propiedades que brinden una estancia agradable en los edificios.

Si bien los muros divisorios son muros no estructurales deberían diseñarse como parte del conjunto de la estructura de manera que se garantice el adecuado comportamiento ante un sismo. Los elementos no estructurales deben mantener su integridad durante el sismo para evitar daños a las personas dentro y fuera de las edificaciones. Esto es importante ya que como sabemos, la ciudad de México está sobre una zona sísmica, la cual se ha visto afectada por grandes sismos, un ejemplo de ello fue el sismo de magnitud 7.1 ocurrido el 19 de septiembre de 2017. La devastación se extendió por la ciudad y al menos 60 edificios colapsaron o resultaron con daños graves (Cenapred; Atlas Nacional de Riesgos). Las imágenes de los daños causados por un sismo pueden ser dramáticas cuando muestran que los escombros de las fachadas y muros quedan sobre los andenes y calles en tanto que la estructura del edificio en ocasiones sigue en pie, mientras los pobladores corren al exterior en busca de seguridad. El término “elementos no estructurales” parecería una expresión que desfigura la participación o la respuesta de estos elementos frente a los efectos



sísmicos, restándoles importancia frente a la estructura. Buena parte de las pérdidas de vidas durante un sismo son atribuibles a la inestabilidad y las fallas de los muros.

Es por eso que de ahí surge la necesidad en mostrar la importancia de estos elementos no estructurales sobre la edificación en general, además que los muros divisorios en nuestro medio son uno de los elementos de mayor participación inconsciente durante los sismos. Debe prestarse especial atención a los muros interiores y de fachada ante la eventualidad de que pierdan la estabilidad o se fisuren durante un sismo por lo que se debe tener el cuidado de dejar el espacio entre el muro y la estructura, para que cuando se mueva el edificio debido a un sismo la estructura no aplaste ni fracture al muro. Inclusive después de ser observados la magnitud de los daños en muros divisorios y de fachada que no cumplen una función estructural, tras el sismo de 2017 se incluyó un capítulo en las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. Sin embargo, con excepción de dicho capítulo en las NTC en el país se carece de una normativa especial para dichos elementos. Por lo que nace la búsqueda de recomendaciones para la debida separación de estos elementos de los de la estructura y garantizar su estabilidad fuera del plano. Esto implica que la estructura se pueda deformar sin la restricción de los muros no estructurales, es decir, que tengan las holguras suficientes y que sean estables además de que el material para rellenar las juntas sea, por una parte, flexible y dicha flexibilidad perdure en el tiempo y, por otra, dar el aislamiento requerido. Por qué no hay que olvidar el cumplimiento de proveer privacidad y aislamiento. De este modo buscando la alternativa que incluya un material óptimo y a su vez que integre un sistema constructivo rápido, económico y seguro.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como bien se sabe la función de los muros divisorios es separar y aislar; sus peculiaridades pueden ser: acústicas, aislantes, térmicas, impermeables o resistentes al fuego. Conforme pasan los años surgen nuevas tecnologías en la industria de la construcción, así mismo se van empleando nuevos y novedosos sistemas constructivos para lo referente a muros divisorios y a su vez se han ido probando diversos materiales que garanticen las mejores características a estos muros.

En México se cuenta con empresas encargadas de proveer sus servicios en lo concerniente a la instalación de muros divisorios (por ejemplo, Panel Rey) las cuales cuentan con su propio sistema constructivo ya establecido y sus materiales ya predeterminados. Sin embargo, también se construyen dichos muros divisorios a base de piezas de mampostería, los cuales tienen ya un sistema constructivo tradicional pero los materiales varían desde un tabique de arcilla común hasta bloques fabricados con concreto celular; por esto mismo, hay empresas que se encargan de sacar al mercado sistemas especiales (no estructurales) los cuales puedan ser usados para la construcción de muros divisorio. Dichas empresas igualmente tratan de proveer su propio sistema constructivo y materiales predeterminados para muros divisorios como lo puede ser Novaceramic, Industrial Bloquera Mexicana y Hebel por mencionar algunas.

Teniendo ya un mercado de diversos productos, diferentes sistemas constructivos a seguir, ¿Cuál es el más eficiente?, ¿Cuál es el más rápido y limpio?, ¿Cuál es el que me cuesta menos sin tener que sacrificar calidad?, ¿Cómo sujetamos estos muros a la estructura principal del edificio?, estas y más preguntas resultan relevantes a analizar antes de construir, ya que de tener una buena planeación llegaremos a los resultados esperados, por lo que es importante hasta cierto punto el hacer visible la mejor alternativa para de este modo ahorrarnos problemas venideros.



LÍNEA Y ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN. ENFOQUE PRÁCTICO.

Área: Tecnología de la Construcción.

Línea: Edificación.

Investigación documental y de campo en lo posible, acerca de los sistemas de muros divisorios, su estudio para conocer sus propiedades, ventajas y desventajas, sistemas de sujeción, rendimientos en su colocación y costo.

Alcance de la investigación: Exploratorio.

OBJETIVO DE LA TESIS.

- General:

Desarrollar una comparativa entre sistemas constructivos y/o materiales existentes en el mercado específicamente para muros divisorios que ayude a determinar cuál es el más eficaz y cumpla con las exigencias para un proyecto de este tipo al mejor costo.

- Particulares:

- Identificar métodos de sujeción muro-estructura para un mejor comportamiento de muros divisorios ante sismos y así evitar rupturas y/o colapsos.
- Determinar qué sistema constructivo tiene mejores rendimientos y limpieza a la hora de construir.
- Realizar una comparativa de ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de muros divisorios analizados para identificar el más rentable.
- Determinar cuál de los sistemas para muro divisorio analizados en este trabajo es la mejor opción costo calidad en el mercado.



CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES

1.1.- RESEÑAS HISTÓRICAS.

En esta sección se indaga un poco en la historia referente a los diferentes materiales usados para la construcción de los sistemas analizados dentro de este trabajo de investigación, dichos materiales corresponden a los tabiques de barro recocido, bloques de cemento, el concreto celular y los paneles de yeso. Se trato de abordar aspectos relevantes en la historia como la concepción de dichos materiales y su evolución. Algunos de estos materiales son más antiguos que otros, sin embargo, todos nacieron de la necesidad del hombre por obtener materiales de mayor calidad que los que se tuvieran en su momento y a la vez que estos le generara mayores facilidades a la hora de construir.

1.1.2.- Tabiques de arcilla recocida y bloques de concreto.

La mampostería es uno de los materiales de construcción con mayor diversidad de usos tanto en el pasado como en el presente. Es quizá el más antiguo que se mantiene en uso generalizado alrededor del mundo en la actualidad. Fue sin duda el más importante material de construcción hasta el advenimiento del concreto reforzado y el acero estructural, hace aproximadamente una centuria. Los componentes utilizados a través del tiempo como sus elementos constitutivos han sido muchos y muy variados: desde la piedra simple en la prehistoria, los bloques de mármol usados en las majestuosas obras arquitectónicas del Renacimiento, hasta las unidades industrializadas de arcilla y de concreto y las piezas refractarias en la época contemporánea (Treviño Treviño, 2019).

Es probable que la mampostería haya sido inventada por un nómada, hace unos 15,000 años, cuando, al no encontrar un refugio natural para protegerse de las adversidades de la naturaleza, decidió apilar piedras para formar un lugar donde guarecerse. Sin embargo, como la transmisión de técnicas o ideas era muy lenta o no ocurría, la “invención” seguramente tuvo que repetirse innumerables veces. El proceso inmediato en el desarrollo de la mampostería debió ser la utilización del mortero de barro, el cual permitió no sólo apilar, sino acomodar o asentar con más facilidad, y a mayor altura, las piedras irregulares naturales. Este paso se dio, seguramente, cuando se comenzaron a integrar las primeras aldeas. Existen varios vestigios de poblados prehistóricos construidos con piedras asentadas con barro desde las Islas Aran, en Irlanda, hasta Catal Hüyük,



en Anatolia; también, el mismo sistema constructivo, fue empleado en otro lugar distante y unos 10,000 años después, por los incas en Ollantaytambo, cerca del Cusco, donde quedan construcciones importantes, con muros de piedra natural asentada con mortero de barro y techos de rollizos de madera cubiertos con una gruesa capa de paja.

La unidad de mampostería fabricada por el hombre a partir de una masa de barro secada al sol, para sustituir a la piedra natural, debió ocurrir en lugares donde esta última no podía encontrarse. El vestigio más antiguo se encontró realizando excavaciones arqueológicas en Jericó, en el Medio Oriente. La unidad de barro tiene la forma de un gran pan, fabricada a mano y secada al sol; su peso es de unos 15 kg, y en ella aún se notan las huellas del hombre que la elaboró. Las unidades de barro formadas a mano se han encontrado en formas diversas y no siempre muy lógicas. La forma cónica es de interés, pues se repite y está presente en lugares distantes, sin conexión directa y en momentos de desarrollo semejantes; estas unidades se encuentran en muros construidos en Mesopotamia, con una antigüedad de 7,000 años, y en la zona de la costa norte del Perú, en Huaca Prieta, con una antigüedad de 5,000 años.

Con la revolución industrial (siglo XVIII), se extendió la aplicación de la mampostería de ladrillos de arcilla en Inglaterra. Desde un inicio las grandes plantas para fabricar ladrillos se ubicaron en la vecindad de las minas de carbón, combustible abundante y barato.

Un paso importante en el mejoramiento de la producción de las piezas lo constituyó el cambio de combustible, usualmente a gas y el salto más importante fue el rediseño de los hornos, emprendido en países como Dinamarca, donde era muy grande la necesidad de economizar combustible. La mampostería de ladrillo llega al nuevo mundo traída por los europeos, aunque como se mencionó ya había sido utilizada esta tecnología por los mayas de Comalcalco.

En Perú, el ladrillo no se fabricó localmente: se trajo como lastre en los barcos que en su viaje de vuelta trasladarían el botín a España. Por ello, la construcción es principalmente de adobe y caña hasta bien entrado el siglo XX. La gran Penitenciaría de Lima fue la excepción, ya que para su construcción en 1856 se instaló una fábrica donde se moldearon casi siete millones de ladrillos de cerámica. La mampostería se elaboró con mortero de cal.

Entre finales del siglo XVIII y el siglo XIX ocurrieron en Europa los siguientes avances: en 1796, se patenta el "cemento romano" que era, estrictamente hablando, una cal hidráulica. En



1824 se inventa y patenta el cemento portland. Entre 1820 y 1840, se inventa la máquina para extruir ladrillos de arcilla, se usa por primera vez mampostería reforzada, y se inventa el horno de producción continua. Entre 1850 y 1870 se inventa y patenta el bloque de concreto, el ladrillo sílico-calcáreo y el concreto armado (Gallegos & Ramirez de Alba, 2003).

De acuerdo a la historia, en relación con las piezas de concreto para la elaboración de estructuras de mampostería, se tiene el registro de que el primer bloque de concreto hueco fue diseñado por Harmon Sylvanus Palmer en 1890 en los Estados Unidos. Después de 10 años de experimentación, Harmon logró patentar su diseño en el año de 1900. Los bloques que Harmon diseñó, tenían de medidas 8 pulgadas (20,3 cm) por 10 pulgadas (25,4 cm) por 30 pulgadas (76,2 cm), y eran tan pesados que se tenían que alzar en su sitio con una grúa pequeña. Para el año de 1905, se contabilizaba que más de 1.500 empresas ya estaban fabricando blocks de hormigón tan solo en los Estados Unidos. Para aquella época, los primeros blocks que se hacían se solían realizar a mano, y la capacidad de producción promedio era de 10 piezas/bloques por hora. Actualmente, la elaboración de blocks de concreto es un proceso sumamente automatizado que es capaz de producir hasta 2.000 piezas por hora (Bloqueras.org, 2021).

1.1.2.- Los Paneles de yeso

La primera planta de cartón yeso en el Reino Unido se abrió en 1888 en Rochester, Kent. Sackett Board fue inventado en 1894 por Augustine Sackett y Fred Kane, graduados del Instituto Politécnico Rensselaer. Fue hecho al estratificar capas dentro de cuatro capas de papel de fieltro de lana. Las hojas tenían un grosor de 36 "× 36" × 1/4 "(914 × 914 × 6.4 mm) con bordes abiertos. Sackett Board, como se llamó por primera vez al producto de paneles de yeso, redujo el tiempo necesario para construir una sola casa hasta en dos semanas, ya que la placa se podía instalar en un solo día (Brachmann, 2017).

El panel de yeso evolucionó entre 1910 y 1930, comenzando con los bordes de la tabla envuelta y la eliminación de las dos capas internas de papel de fieltro a favor de los revestimientos a base de papel. En 1910, Estados Unidos Gypsum Corporation compró Sackett Plaster Board Company y en 1917 salió con un producto al que llamaron Sheetrock. Al proporcionar la eficiencia de la instalación, se desarrolló adicionalmente como una medida de resistencia al fuego.

Posteriormente, la tecnología de arrastre de aire hizo que los tableros fueran más livianos y menos quebradizos, luego también evolucionaron los materiales y sistemas de tratamiento de



juntas. La malla de roca (malla de yeso) fue un sustrato temprano para el yeso. Una alternativa al listón tradicional de madera o metal era un panel compuesto por un tablero de yeso comprimido que a veces estaba ranurado o perforado con orificios para permitir que el yeso húmedo ingresara en su superficie. A medida que evolucionó, se encontró con papel impregnado con cristales de yeso que se unieron con la capa de yeso enfrentada (Serna Ramirez, 2018).

1.1.3.- El concreto Celular.

El Concreto Celular nace en 1924 en Suecia cuando mezclaron cemento, cal, agua, arena fina y aluminio. Este material fue patentado por J.A. Eriksson, un arquitecto sueco quien buscaba un material para la construcción que presentara las características positivas de la madera (aislamiento, solidez y trabajabilidad) y dejara de lado sus desventajas (combustible, fragilidad y necesidad de mantenimiento). Tres años más tarde, combinó este procedimiento con el curado en autoclave a temperatura sobre los 170 °C, humedad controlada y a una presión de 10 a 11 atmósferas, por un periodo de 8 y 12 horas, tal como se describe en la patente de Michaelis (Hebel, 2019).

En Europa se comenzó a utilizar en forma masiva después de la Segunda Guerra Mundial, expandiéndose luego a otras partes del mundo tales como Japón, Rusia, Sudeste Asiático y Estados Unidos. El concreto celular es un material de construcción utilizado con frecuencia, a escala europea, se estima que se construyen 500.000 casas individuales cada año con este material. Si bien el material se utiliza mucho en los países de Europa del Norte, desde hace varias décadas, su introducción en España ha sido más lenta debido a motivos culturales (Paiva, 2009).

En Latinoamérica, el desarrollo del concreto celular ha alcanzado un buen nivel de aceptación y de producción. En Brasil el concreto celular ha alcanzado un auge importante, habiéndolo utilizado en monumentos y estatuas ostentosas de gran tamaño y poco peso, ahora es utilizado en viviendas de nivel social alto para la fabricación de muros aislantes térmicos y acústicos. En Argentina el concreto celular ha sido implementado a través de bombas generadoras de espuma para la construcción de bloques de gran tamaño y poco peso. En Venezuela se emplea el concreto celular para la fabricación de vivienda industrializada, losas de pavimentación y rellenos, a pesar de ser más económico que el concreto convencional, en ese país se vende a un mayor costo debido a la explotación de sus ventajas térmicas y acústicas.



De a poco este material ha ido ganando terreno dentro de la construcción. A Chile llegó hace aproximadamente 22 años. La llegada del concreto celular a Chile a partir del año 1998 revolucionó el sector de la construcción chileno, su inserción en el mercado trajo consigo nuevas controversias en la calidad y eficiencia de los materiales de construcción tradicionales, como es un material con capacidad estructural acorde a las exigencias sísmicas, en Chile tiene un gran potencial de masificación. Su eficiencia se asocia a su ductilidad, durabilidad, gran resistencia al fuego, a la humedad y excelente capacidad de aislamiento térmico, el concreto celular rápidamente se ha convertido en un excelente material para la confección de sistemas constructivos de alta proyección (Moreno Nuñez, 2011).

En México, industrias como CEMEX (Cementos Mexicanos), Hebel, Aircrete, Duro cretos, entre otros, producen y comercializan el concreto celular. CEMEX ofrece el servicio de concreto móvil el cual puede ser colado in – situ. Así mismo, algunas de estas industrias utilizan la tecnología alemana AAC (Concreto Celular Autoclaveado) para ofrecer su sistema constructivo a base de blocks y paneles de concreto ligero, aligerando las estructuras, poseen una mayor resistencia al fuego y alta durabilidad. Sin embargo, estos productos tienen la desventaja de no poderse producir en el sitio por lo que tienen que dosificarse en planta y pasar por un sistema de alta calidad provocando que el costo del producto sea alto (Elizondo Fócil, 2006).



1.2.- ASPECTOS GENERALES EN MUROS.

Los muros son elementos constructivos verticales de un edificio cuya función es delimitar espacios y/o soportar cargas o empujes. Muros gruesos soportaban mejor las cargas y empujes del suelo y pesadas cubiertas, resolviendo las condiciones de aislamiento térmico, impermeabilidad e incluso el aislamiento acústico. La aparición, de materiales constructivos cada vez más resistentes van generando estructuras portantes mucho más ligeras y así mismo se ha ido buscando materiales con mayor eficacia en su cometido aislante (E.T.S.A., 2000).

Genéricamente se denominan muros o paredes, a aquellos elementos constructivos de forma paralelepípeda, en los que dominan las dimensiones de longitud y altura sobre la de grosor, que primordialmente cumplen misiones estructurales resistentes (transmitiendo las cargas de los pisos y las cubiertas) y aquellas exigibles funciones de aislamiento (fónico e higrotérmico) y así como la adecuada resistencia al fuego. Acorde con las misiones primordiales, existirán los siguientes tipos básicos, muros de carga y muros divisorios (los cuales se estudiarán más adelante).

Se denominan muros homogéneos, cuando están contruidos con un solo material, y cuando intervienen materiales de distinta naturaleza se llaman mixtos. En la actualidad la elección del material para su construcción depende de la función del muro, de su coste de ejecución, posibilidades de transporte y medios o procedimientos de realización y montaje (E.T.S.A., 2000).

1.2.1.- Clasificación de muros.

Según posean o no función resistente o estructural los muros, podrán ser:

Divisorios, cuando posean misiones de compartimentación y estén sola y fundamentalmente sometidos a la acción de su propio peso y sin otras acciones mecánicas que las autoportantes.

De carga, si poseen no sólo misión autoportante, sino que además están sometidos a acciones exteriores de cargas y empujes. Además de la misión anterior posee el muro una función aislante, es decir, el muro no solo divide o separa espacios y soporta acciones, sino que además el muro aísla: térmicamente y de la humedad (aislamiento higrotérmico), de los sonidos (aislamiento acústico) y deberá poseer resistencia al fuego. Así pues, el muro como actualmente se concibe con su doble misión estructural y aislante proporciona una amplia tipología.



Según que sus paramentos estén o no libres (expuestos):

Muros con ambos paramentos libres:

- Interiores, con sus dos caras protegidas, dentro del edificio.
 - Perimetrales, con un paramento libre y otro protegido.
 - De cerramiento, con ambos paramentos al aire libre, tales como los de bardas y tapias.
- También se denomina así al que constituye fachada con misión de aislar o cerrar.

Muros con un paramento libre y otro adosado al terreno:

- De paramento libre protegido, tales como los de sótano; con una cara libre interior, y otro en contacto con el terreno.
- De paramento libre no protegido, tales como los de contención de tierras, con el paramento libre exterior e interior en contacto con el terreno.

Por la forma de sus paramentos:

- Muros Planos, cuando los dos paramentos son planos.
- Muros Curvos, con una o dos de las superficies de sus caras curvas.
- Muros Mixtos (que no consideraremos por estar contenidos en tipo anterior).

1.2.2.- Requisitos generales de ejecución.

Los muros en general, deben satisfacer los siguientes requisitos (INIFED, 2013):

1. El trazo y desplante de los muros se hará de acuerdo con los ejes y cotas fijadas por los planos arquitectónicos.
2. Se desplantarán sobre superficies uniformes, pudiendo ser éstas la corona de una mampostería, el lecho alto de una cadena, trabe o losa de concreto, un firme o bien una plantilla.
3. Deberán llevar el coronamiento o ras que se indique en el proyecto.
4. En los muros que vayan a ser recubiertos, se dejarán los anclajes indicados en el proyecto.
5. La dimensión de la sección transversal de un muro que cumpla alguna función estructural o que sea de fachada no será menor de diez (10) cm.



6. En las esquinas o cruceros se cuidará el cuatrapeo de los materiales utilizados, así como las coincidencias de las hiladas cuando proceda. Si los muros o sus uniones se refuerzan con castillos se dejarán dientes de amarre a menos que el proyecto indique otra cosa.

7. La terminación de sus cabezas en juntas constructivas será a plomo.

8. Todos los muros que se toquen o crucen deberán anclarse o ligarse entre sí conforme a lo indicado en el proyecto ejecutivo, salvo que se tomen las medidas que garanticen su estabilidad y buen funcionamiento.

9. En muros de piezas macizas o huecas con relleno total, se admite ranurar el muro para alojar las tuberías y ductos siempre que la profundidad de la ranura no exceda de la cuarta parte del espesor de la mampostería del muro, el recorrido sea vertical y no sea mayor que la mitad de la altura libre del muro ($h/2$).

10. A menos que el proyecto indique otra cosa, en los muros de carga no se permitirán ranuras.

11. Las tuberías alojadas en ellos se protegerán con morteros de cemento y las ranuras o huecos se resanarán como lo indique el proyecto o lo autorice el Instituto.

12. Las piezas empleadas en la construcción de los muros, estarán limpias y sin rajaduras.

13. Las piezas de barro deberán saturarse con agua previamente a su colocación; las piezas a base de cemento deberán estar secas al colocarse.

14. Durante la construcción de todo muro, se tomarán las precauciones necesarias para garantizar su estabilidad en el proceso de obra, tomando en cuenta posibles empujes horizontales, incluso viento y sismo.

15. Los muros no estructurales se separarán de las columnas; deberá también dejarse una holgura vertical entre la losa o trabe y el muro; esta holgura y la separación con la columna no se cubrirán con ningún elemento rígido (aplanado, concreto, etc.) para permitir que la estructura se deforme libremente.



1.3.- MUROS DIVISORIOS.

Los muros divisorios son elementos no estructurales que únicamente tienen la función de dividir una área o espacio en referencia a otro, normalmente en la construcción este tipo de muros son muy comunes en las Alcobas, Áreas de Servicios, o inclusive más usados en estructuras de edificios para generar los espacios a distribuir.

La función básica de este tipo de muros es la de aislar o separar, debiendo tener, además, características tales como, acústicas y térmicas, impermeables, resistencia a la fricción o impactos y servir de aislante. Son aquellos que al separar los espacios no soportan cargas estructurales y son generalmente ligeros. Por lo tanto, puede ser modificado con aberturas o removidos de la obra sin comprometer la seguridad de la estructura. Pueden ser de cualquier material: block, ladrillo, madera, block de vidrio, Tablaroca, etc. (Martinez Gutierrez, 2008).

1.3.1.- Muros divisorios de mampostería.

En cuanto muros no estructurales de mampostería, estos comúnmente se construyen entre las vigas y columnas de un marco estructural y no proporcionan rigidez ni resistencia ante cargas laterales ya que se construyen, intencionalmente, separados del marco, así como muros divisorios, pretilas, bardas etc., de los cuales no depende la seguridad de la estructura. Pueden ser de mampostería confinada, reforzada interiormente, o de otros materiales ligeros y cuya contribución a la resistencia y rigidez laterales sea poco significativa. Los muros no estructurales deben cumplir con lo siguiente (Normas Técnicas Complementarias, 2017):

- Deben diseñarse y construirse de modo que garanticen que no entraran en contacto con el marco para las máximas distorsiones de entrepiso calculadas.
- Se debe revisar que resista las fuerzas laterales en el sentido perpendicular a su plano.

Conforme a la las Normas Técnicas Complementarias en materia de mampostería, nos indica que los muros no estructurales se deberán diseñar de modo que la holgura lateral, δ_h , entre un muro no estructural y un elemento estructural, columna o muro, no sea menor que el desplazamiento lateral inelástico del entrepiso más 10 mm ($\delta_h = \gamma_{li} \times H$). La holgura vertical no será menor que la flecha a largo plazo calculada al centro del claro de la viga más 5 mm. Cuando sea posible, de acuerdo con el proyecto arquitectónico, los muros deberán localizarse fuera del plano del marco (figura 1).

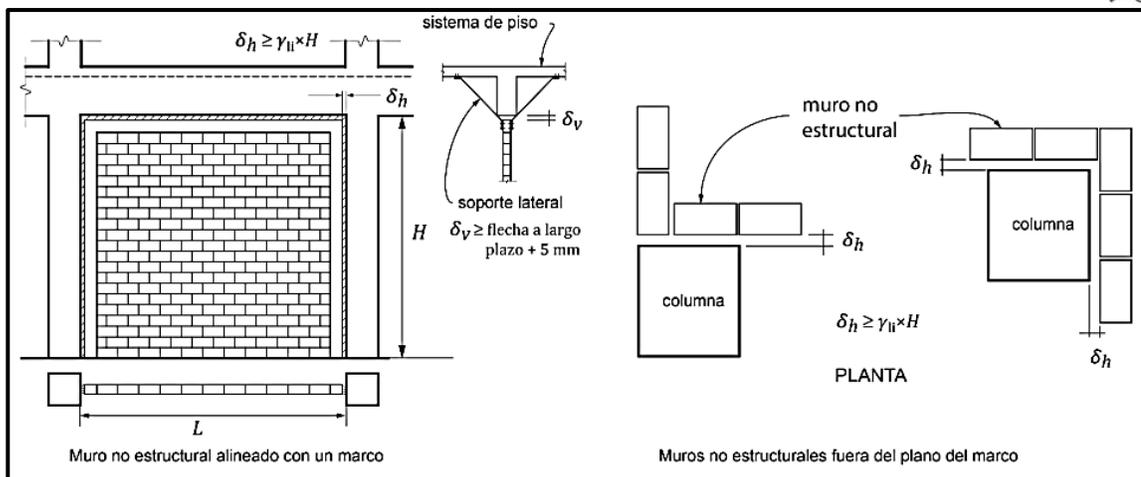


Figura 1. Holguras entre muros no estructurales y vigas. Fuente NTC 2017 Mampostería.

Las consecuencias de no tomar en cuenta el comportamiento de los elementos no estructurales puede resultar causando peligro a vidas humanas, y un caso particularmente peligroso es el desprendimiento de elementos de fachada durante un sismo, lo cual pone en grave peligro a los transeúntes al nivel de la calzada. Aunque el control del comportamiento sísmico de los elementos no estructurales debe empezar desde el mismo proceso de diseño de la estructura, es necesario en obra utilizar materiales adecuados para sellar las juntas, y planear alternativas de amarre o anclaje para darle la rigidez necesaria a estos elementos respecto al sistema estructural global (Silva, 2020).

1.3.1.1.- Piezas para uso no estructural.

Tipo de piezas.

Pieza hueca: Los tabiques y bloques deben tener un área neta mayor o igual al 40 % del área bruta y las paredes exteriores deben tener un espesor no menor que 8mm.

Celosía: Deben tener un área neta mayor o igual al 50 % del área bruta, y las paredes exteriores e interiores deben tener un espesor no menor que 8mm.

Dimensiones.

Bloques. Las dimensiones modulares de los bloques (incluyendo la junta de albañilería de 10 mm) corresponden a 200 mm de alto y 400 mm de largo que puede incrementarse en módulos de 100 mm. La dimensión de fabricación para el ancho debe ser mínimo 70 mm, el espesor mínimo



de las paredes interiores y exteriores de piezas de concreto es de 17 mm y para piezas de arcilla deben ser de 10 mm en paredes exteriores y de 7 mm en interiores.

Tolerancias de dimensiones en bloques.

Las dimensiones reales no deben diferir en más de ± 3 mm en la altura, ± 2 mm en el largo y ± 2 mm en el ancho respecto a las dimensiones de fabricación de las piezas.

Tabiques.

Arcilla: Las dimensiones de fabricación de las piezas deben cumplir con las siguientes dimensiones mínimas: 50 mm de alto, 70 mm de ancho y 190 mm de largo. Las dimensiones reales no deben diferir en más de ± 3 mm en cualquier dimensión con respecto a las de fabricación.

Concreto: Las dimensiones de fabricación de las piezas deben cumplir con las siguientes dimensiones mínimas: 60 mm de alto, 100 mm de ancho y 240 mm de largo. Las dimensiones reales no deben diferir en más de ± 3 mm en la altura, ± 2 mm en el largo y en el ancho con respecto a las de fabricación.

TOLERANCIA DE FORMA.

La desviación máxima de la arista de las piezas respecto a una línea recta perpendicular al lado contiguo no debe ser mayor que 5 %. La determinación de dicha desviación se ilustra en la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Los productos objeto del presente anteproyecto de norma deben cumplir los valores de resistencia indicados en la figura 2.

Tipo de pieza	Configuración	Resistencia media \bar{f}_p MPa (kg/cm ²)	Resistencia mínima individual f_{pMin} MPa (kg/cm ²)
Bloque	Macizo o hueco	3,5 (35)	2,8 (28)
Tabique extruido	Macizo o hueco	4,0 (40)	3,2 (32)
Tabique artesanal	Macizo	3,0 (30)	2,4 (24)
Celosía	Cara rectangular	2,5 (25)	2,0 (20)
	Cara no rectangular	2,5 (25)	2,0 (20)

Figura 2. Resistencia a compresión. Fuente: (NMX-C-441-ONNCE, 2013).



ABSORCIÓN INICIAL Y ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA EN 24 H

Los productos objeto del presente anteproyecto de norma deben cumplir los valores de absorción indicados en la tabla 1.

Tabla 1.- Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h

Tipo de material	Absorción inicial para muros expuestos al exterior (g min ^{-1/2} / cm ²)	Absorción inicial para muros interiores o con recubrimiento (g min ^{-1/2} / cm ²)	Absorción total en 24 h en porcentaje
Concreto	5	7.5	25
Arcilla artesanal	-	-	25
Arcilla extruida o prensada	5	7.5	20

1.3.2.- Muros divisorios con concreto celular.

El concreto celular se puede definir como una mezcla con estructura más o menos homogénea de silicatos de calcio en granos finos que contiene pequeñas burbujas de aire no comunicadas entre sí, Es un material de peso ligero que puede ser elaborado con o sin agregados, adicionando solo un gas o una espuma que reacciona químicamente.

Está formado por poros de aire micro y macroscópicos, uniformemente distribuidos en la pasta de cemento. Esta estructura es muy importante para determinar las propiedades físicas del material: bajo peso, conductividad térmica, resistencia al fuego, a la compresión y a la congelación.

El ACI define el concreto ligero celular como “aquel en el cual todo o parte del agregado grueso es sustituido por burbujas de gas o aire” (Cervantes Abarca, 2008).

1.3.2.1.- Propiedades generales del concreto celular.

1. Absorción. Las pruebas realizadas han demostrado que el espumante produce un concreto celular con una absorción de agua muy baja. Cuanto mayor sea el contenido de aire, menor será la absorción de agua.

2. Resistencia al fuego. Es extremadamente resistente al fuego y es apto para los trabajos con riesgo de incendio. Las pruebas han demostrado que, además de la protección prolongada contra el fuego, la aplicación de un calor intenso, como una llama a alta energía mantenida cercana



a la superficie, no provoca ni la rotura ni la explosión, contrariamente al comportamiento del concreto con densidad normal.

3. Durabilidad. Es un material de larga duración que no está sometido al efecto del tiempo. No se descompone y es duradero como una roca. Su alta resistencia a la compresión permite que se pueda utilizar un menor peso/volumen en la construcción.

4. Calor. Gracias a la alta variación térmica, las construcciones con concreto celular logran acumular calor, lo que permite reducir los gastos de calefacción del 20 al 30%.

5. Microclima. Evita la pérdida de calor en invierno; es resistente a la humedad, permite evitar las temperaturas muy altas en verano y controlar la humedad en el aire absorbiéndola y favorece la creación de un microclima (como una casa de madera).

6. Montaje rápido. La baja densidad y, por tanto, la ligereza del concreto celular, junto al mayor tamaño de los bloques respecto a los ladrillos, permite aumentar sensiblemente la velocidad de colocación. El concreto celular se puede trabajar y cortar fácilmente para ranurar canales y pasos para cables eléctricos y tubos. La facilidad de montaje es debido a la alta precisión de sus dimensiones, con una tolerancia de +, - 1 mm.

7. Aislamiento acústico. Tiene una absorción acústica alta. Los edificios construidos con concreto celular cumplen las normas en materia de aislamiento acústico.

8. Compatibilidad ambiental. Su respeto medioambiental es sólo superado por la madera. El coeficiente de compatibilidad ambiental del concreto poroso es 2; el de la madera 1, el de los ladrillos 10 y el de los bloques de arcilla expandida 20.

9. Versatilidad. Gracias a su facilidad de elaboración, se pueden producir varias formas de ángulos, arcos y pirámides que aumentan el valor estético de los edificios.

10. Economía. La exactitud geométrica de las dimensiones de los bloques de concreto celular permite hacer más sutil el aplanado interno y externo. El concreto celular pesa del 10% al 87% menos respecto al concreto de peso normal.

11. Protección. El concreto celular protege de la propagación del fuego, y corresponde al primer grado de resistencia, como se ha demostrado en las pruebas. Se puede usar, por lo tanto, para construcciones antincendios.



Si la superficie de concreto celular está expuesta a un calor intenso, como a una lámpara de soldadura, no se rompe ni estalla como sucede, con el concreto pesado. Como consecuencia, el acero encofrado está protegido del calor durante un periodo más largo. Las pruebas demuestran que la superficie de concreto celular de 10 mm. de espesor puede resistir al fuego durante 4 horas. En las pruebas realizadas en Australia, la parte exterior de un panel de concreto celular de 150 mm. de espesor ha sido expuesta a temperaturas de hasta 1 200° C.

12. Transporte. La combinación favorable de peso, volumen facilita el transporte de este material para las construcciones, tanto de material premezclado como elementos prefabricados.

1.3.2.2.-Propiedades físicas del concreto celular.

La característica más sobresaliente del concreto aireado es su densidad, Sin embargo, sus propiedades térmicas, acústicas, su trabajabilidad, etcétera, generan grandes ventajas en la industria de la construcción. Su factibilidad de diseño permite gran confort a quienes lo utilizan y disfrutan de él.

Resistencia a la compresión. Esta varía en el concreto celular en un amplio rango que es determinado por su densidad, siendo esta de 320 a 1,920 Kg/m³. Cuando el concreto aireado es elaborado sin aditivos y con arena, su rango varía de 800 a 1,920 Kg/m³; las mezclas que están adicionadas con agentes dispersantes y arena tienen una densidad aproximada de 1,360 Kg/m³. Las combinaciones que tienen una densidad en estado plástico por arriba de 800 Kg/m³ tienen una cantidad aproximada de 390 Kg/m³ de cemento. De acuerdo con las consideraciones anteriores y pruebas del ACI 523.1R-92 y ACI 523.3R-93, la resistencia a la compresión del concreto aireado sin aditivos ni agregados y secado en horno es:

Tabla 2.- Resistencia a compresión, concreto Celular sin aditivos ni agregados, secado en horno (Cervantes Abarca, 2008).

Densidad kg/m ³	Resistencia a la compresión kg/cm ²
320	4.93
400	8.80
480	15.83
560	24.63
600	29.95
700	40.13
800	52.78



Con relación a mezclas de concreto aireado arenado con densidades mayores y sin aditivos, también de acuerdo con al ACI, tenemos:

Tabla 3.- Concreto Celular factor de resistencia en estado plástico a la compresión (Cervantes Abarca, 2008).

Densidad kg/m ³	% Arena	% Agua	Cemento kg/m ³	F ² c= (kg/m ²)
960	0.65	0.50	446	35.19
1120	1.06	0.45	446	42.22
1280	1.42	0.45	446	52.78
1440	1.78	0.45	446	91.48
1600	2.14	0.45	446	126.67
1760	2.44	0.50	446	175.93
1920	2.80	0.50	446	247.70

Resistencia a la tensión y cortante. Por lo regular, la resistencia a la tensión no se toma mucho en cuenta; sin embargo, cuando se requiera mejorarla, es conveniente utilizar fibras, sobre todo en los paneles para utilizar en muros. Las fibras pueden ser de vidrio resistente al álcali, metálico, de resinas o plásticas. En pruebas de resistencia al cortante efectuadas en laboratorio, se determinó que, a pesar de que el concreto aireado cuenta con una estructura celular, no existe disminución de tal resistencia, la cual se apega a las normas establecidas por el ACI 318 para el concreto ligero.

1.3.2.3.- Conductividad térmica, resistencia al fuego y permeabilidad.

Las características de aislamiento térmico del concreto celular dependen primeramente de la densidad (a menor densidad, mayor aislamiento); otros factores que la determinan son los agregados utilizados, los poros, etcétera.

La conductividad térmica. Significa permitir el paso de la energía o temperatura de un lado a otro. Por sus características de poros de aire, el concreto celular reduce el paso de la temperatura exterior al interior de la construcción y la perdida de calor hacia el exterior. Los valores de conductividad térmica del concreto aireado son similares a los de la madera y menores que los del adobe. Comparando muros de igual espesor resulta que este concreto de 400 kg/m³ aísla nueve veces más que el tabique rojo recocido y once veces más que el concreto común.

Resistencia al fuego. Se ha demostrado en pruebas de laboratorio hechas a paneles de concreto celular, que pueden mantenerse a fuego directo las losas durante una hora, y los muros



durante cuatro horas, sin perder su condición estructural. En las mismas pruebas, este concreto soportó ser expuesto a temperaturas arriba de 700°C y su punto de difusión es a $1000\text{-}2000^{\circ}\text{C}$, dependiendo de los materiales básicos.

Permeabilidad. La práctica en Suecia demuestra que el concreto celular soporta adecuadamente la lluvia aplicando solamente pintura, exceptuado condiciones extremas en las que otros materiales también fallarían.

Resistencia al frío. El uso elevado de este material en Noruega y Rusia, países con climas extremos, nos demuestra que el concreto celular tiene gran resistencia a la congelación y al deshielo por su estructura celular.

Contracción por fraguado. Esta es la característica más desfavorable que tiene el concreto celular colado en sitio, asumiendo una gran pérdida de volumen. Como primero sufre una expansión provocada por los agentes generadores de espuma, con la contracción lo que se ocasiona es un alto índice de fisuramiento. Para combatir la contracción es conveniente agregar un aditivo expansor que no reaccione desfavorablemente con el generador de espuma y el resto de los aditivos. La relación de la contracción del concreto curado en autoclave es mínima con relación a la del concreto curado al aire, que puede llegar a ser hasta del 25 por ciento si éste tiene una densidad de 400 kg/m^3 (Cervantes Abarca, 2008).

1.3.3.- Muros divisorios con placas de yeso.

Un panel de tablero de yeso consiste en una capa de yeso intercalado entre dos capas de papel. El yeso en bruto, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, se calienta para eliminar el agua y luego se rehidrata ligeramente para producir el hemihidrato de sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). El yeso se mezcla con fibra (generalmente papel y / o fibra de vidrio), plastificante, agente espumante, cristal de yeso finamente molido como acelerador, EDTA, almidón u otro quelato como retardador, diversos aditivos que pueden disminuir el moho y aumentar la resistencia al fuego, y emulsión de cera o silanos para una menor absorción de agua. El tablero se forma entonces intercalando un núcleo de la mezcla húmeda entre dos hojas de papel grueso o esteras de fibra de vidrio. Cuando el núcleo se fragua, se seca en una gran cámara de secado y el sándwich se vuelve rígido y lo suficientemente fuerte como para usarlo como material de construcción.



Las cámaras de secado generalmente usan gas natural hoy en día. Para secar 1 MSF (1,000 pies cuadrados (93 m²)) de panel de yeso, se requieren entre 1,750,000 y 2,490,000 BTU (1,850,000 y 2,630,000 kJ). Se utilizan dispersantes / plastificantes orgánicos para que la lechada fluya durante la fabricación, y para reducir el agua y, por lo tanto, el tiempo de secado. Las centrales eléctricas de carbón incluyen dispositivos llamados depuradores para eliminar el azufre de sus emisiones de escape. El azufre es absorbido por la piedra caliza en polvo en un proceso llamado desulfuración de gases de combustión (FGD), que produce varias sustancias nuevas. Uno se llama "yeso FGD". Esto se usa comúnmente en la construcción de paneles de yeso en los Estados Unidos y en otros lugares.

Existen normas mexicanas que se debe tener en cuenta para el control de la calidad en los procesos del yeso.

La NMX-BB-028-1972 establece las características y especificaciones para determinar la calidad del yeso grado ortopédico, en el momento de su expedición o venta.

La NMX-C-13-1978 establece las características que deben cumplir los paneles de yeso para muros divisorios, plafones y protección contra incendio para la construcción.

La NMX-C168-1977 establece las especificaciones que deben de cumplir las placas o bloques de yeso que se utilizan, principalmente, en la construcción de muros divisorios interiores, sin carga; y además como recubrimiento de protección contra incendio de cubos de elevador, de columnas y otros.

La NMX-174-1977 establece las características que deben cumplir las placas de yeso para plafones utilizadas en la construcción.



CAPÍTULO 2.- EVIDENCIAS DE DAÑOS EN MUROS NO ESTRUCTURALES ANTE SISMOS.

Generalmente a los muros divisorios se les considera como elementos “no estructurales”, por lo que comúnmente no se toman en cuenta en el proceso del análisis de la respuesta del edificio ante demandas sísmicas. Además, en muchos casos, en los planos para construcción no se indican detalles de separación entre el muro divisorio y el marco que lo rodea, en otros casos, cuando se indica en los planos separaciones entre muros y marcos, éstas se ignoran o no se toman en cuenta de manera adecuada durante la construcción de estos muros. Por otro lado, cuando se separa la mampostería del marco se corre el riesgo de que el muro sufra volcamiento porque se pierde el efecto de arco que permite al muro resistir demandas laterales. A la vez, si se separa la mampostería del marco se pierde el efecto rigidizante, por lo que aumentaría el periodo fundamental y las distorsiones de entrepiso. En ese caso el marco típico resulta demasiado flexible y debería ser provisto con muros de concreto estructural para controlar estas distorsiones.

El daño por sismo en muros divisorios se debe a que los desplazamientos laterales en la estructura causan distorsiones en estos muros. Como bien se sabe el 19 de septiembre 2017 ocurrió un terremoto M_w 7.1 en México del tipo intraplaca, con epicentro en el Estado de Morelos, a alrededor de 120 km de la Ciudad de México. El terremoto causó el colapso de aproximadamente 50 edificaciones. A continuación, se muestran algunos ejemplos de daños en muros divisorios de edificios, los cuales su estructura es muy común en México, y también en varios países en Latinoamérica, y se caracteriza por el empleo de estructuras de marcos de concreto reforzado o acero, con muros divisorios de ladrillo o bloque de concreto, instalados después de la construcción de los marcos.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un edificio de estructura de acero en donde tanto el muro como las columnas de acero se dañaron debido a que la pared no estaba separada adecuadamente del marco.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 3. Daño en estructuras debido a poco espacio entre elementos.

Por otra parte, en la zona epicentral se identificaron casos donde se emplearon perfiles de acero como elementos de confinamiento y/o refuerzo de muros de mampostería de tabicón. De hecho, a pesar de que se colocó un cordón de soldadura en las caras de los perfiles tubulares para supuestamente aumentar la adherencia e interacción con el mortero y piezas de mampostería, la evidencia demostró un confinamiento nulo que se caracterizó por el colapso total o parcial de los muros como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Uso de perfiles de acero como elementos confinantes de muros.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Durante los sismos de septiembre, se identificaron varios casos donde la incompatibilidad de deformaciones entre los marcos rígidos de acero y los muros de mampostería divisorios ocasionó daño significativo en muros divisorios y elementos de fachada y, por consiguiente, una afectación grave en la ocupación de la estructura (figura 5).

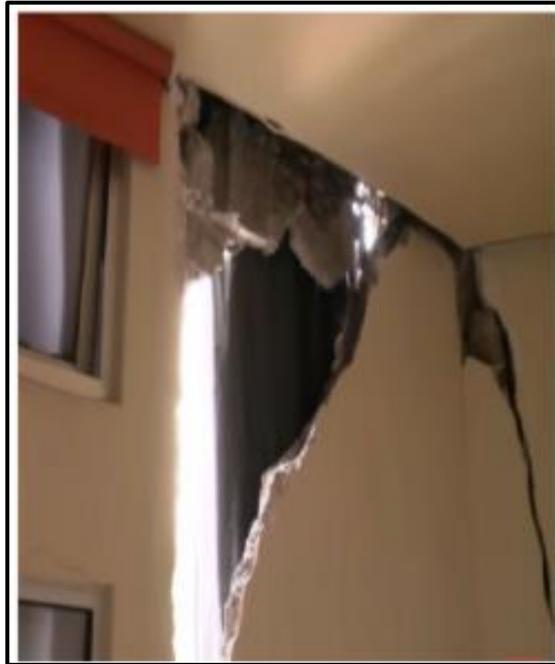


Figura 5. Daño en muro divisorio.

En la figura 6 se muestra el daño en muros divisorios de un edificio regular de oficinas de cuatro pisos estructurado con marcos rígidos de acero localizado en Cuernavaca, Morelos. Los muros divisorios y fachada conformado por tabique hueco esmaltado de fabricación industrial reportaron grietas de varios centímetros, lo que está asociado con el descuido entre la compatibilidad de deformaciones laterales que desarrollaron los marcos de acero y los muros de mampostería.

FACULTAD DE INGENIERÍA

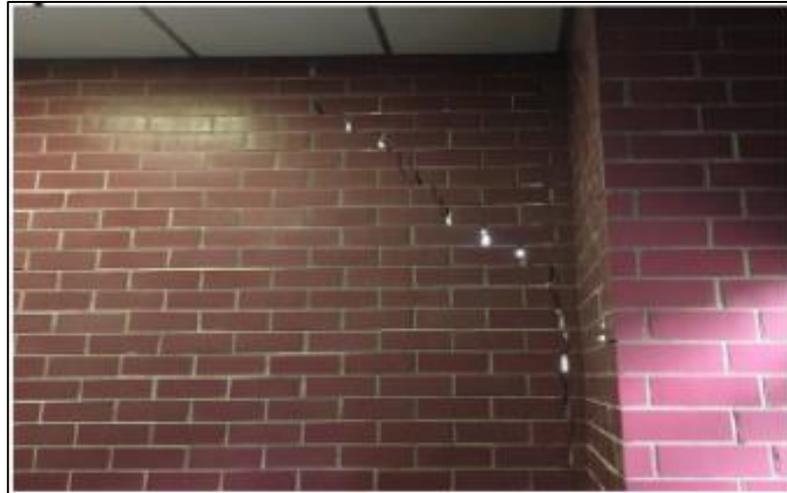


Figura 6. Daño en muros divisorios de mampostería hueca.

Otro caso similar a raíz del sismo del 7 de septiembre de 2017 en Villahermosa, Tabasco cerca de la zona epicentral (figura 7). Uno de los edificios característicos de la ciudad reportó daño severo en los muros divisorios, daño en contenidos y acabados.

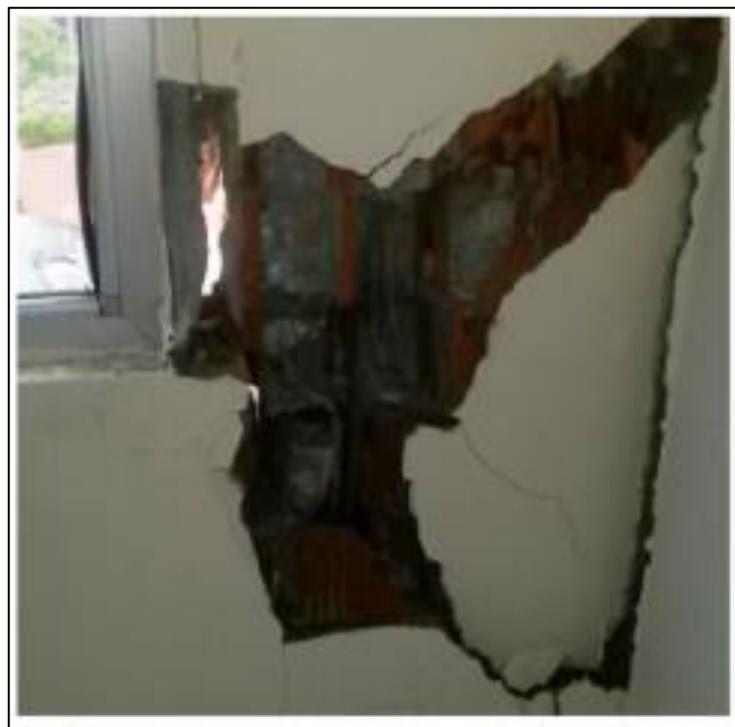


Figura 7. Daños en muros divisorios.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Las figuras 8 y 9 muestran daños típicos observados en el edificio Oaxaca 80 de 7 niveles, ubicada cerca de la estación Roma en la Ciudad de México. El sistema estructural sismorresistente de este edificio era típicamente a base de marcos de concreto reforzado, con muros divisorios, y en general con menor densidad de muros divisorios en la dirección paralela a la calle, principalmente en la planta baja.



Figura 8. Daños en muros divisorios.



Figura 9. Daños en muros divisorios.



CAPÍTULO 3.- SISTEMAS DE MUROS DIVISORIOS.

A continuación, se mencionan cuatro sistemas de muros divisorios usados dentro de la Ciudad de México y probablemente en gran parte del país. Dichos sistemas consisten principalmente en dos tipos, los que son a base de paneles de yeso y los que son a base de mampuestos, para estos últimos se analizarán los sistemas de muros convencionales a base de bloques de concreto, así como los de tabiques de arcilla recocida y por último se analizarán los muros con bloques de concreto celular. Sin embargo, estos sistemas que se pretenden estudiar en este trabajo son a base de materiales especiales, es decir, materiales específicamente para la construcción de estos elementos no estructurales, los cuales buscan sustituir los materiales convencionales ya que presentan características que hacen que sean más eficaces y faciliten los trabajos sin perder el objetivo principal de un muro divisorio, tratando de mejorar la calidad de los resultados, la rapidez de los trabajos, entre otras cuestiones más que en este capítulo se pretende abordar, es por eso que se tratará de detallar sus cualidades y ventajas que cada sistema ofrece y a su vez se detallarán sus procesos constructivos de manera ilustrativa para mostrar e identificar sus mayores ventajas a la hora hacer los trabajos de construcción.

3.1.- MUROS DIVISORIOS A BASE DE PANELES DE YESO.

En el país es muy común utilizar este tipo de sistema para la construcción de muros divisorios, es un sistema que ha tomado mucho impulso a lo largo de los años, ya que puede llegar a ser un sistema más rápido que algunos otros sistemas convencionales, es decir, su instalación puede ser más rápida comparada con sistemas de muros a base de tabiques de arcilla recocidos, o bien, bloques de concreto. Ya que este material, además de llegar a ser más rápido en su instalación puede llegar a ser inclusive más liviano y esto beneficia a la estructura principal de la edificación. Otro factor a destacar de este sistema es que puede llegar a ser más económico, pero claro, esto dependerá del tipo de panel de yeso que se utilicen. Usando un sistema a base de paneles estándar su costo puede ser económico en comparación a otros sistemas, sin embargo, si se llega a requerir, mayores exigencias al sistema como lo puede ser mayor aislamiento acústico se tendrá que invertir más para añadir elementos especiales que hagan dicha función (colchonetas especiales que se colocan entre los paneles), si se desea tener mayor resistencia a la humedad o bien mayor tiempo de resistencia contra el fuego, se tendrá que usar paneles especiales y esto encarecerá la obra, siendo



una posible desventaja en comparación de otros materiales, pero esto dependerá en su totalidad de las exigencias del proyecto.

A continuación, se mencionan dos marcas muy utilizadas en la zona, las cuales son “USG” y “Panel Rey”, donde dentro de esta sección se tratará de mencionar sus mejores cualidades que ofrecen para este sistema de muro divisorio y finalmente se ilustrará los trabajos de instalación de dicho sistema.

3.1.1.- Muros divisorios de Tablaroca “USG”.

USG (United States Gypsum) con oficinas centrales en Chicago, E.U. es una empresa norteamericana con más de 100 años fabricando productos y sistemas innovadores para muros interiores, muros exteriores y plafones reticulares con suspensión, que son utilizados tanto en el sector comercial como en el de la vivienda.

En la actualidad USG está en más de 140 países produciendo y distribuyendo sus productos y tiene presencia en América, Europa, Asia, África y Oceanía. USG México tiene más de 40 años de experiencia en el mercado nacional y ha sido pionero en el mercado mexicano de la construcción al introducir su innovador sistema de construcción con los tableros de yeso marca Tablaroca.

Constantes a la filosofía de introducir productos y sistemas innovadores y de alta calidad, USG ha posicionado su sistema de tableros de cemento marca Durock para fachadas exteriores y áreas con alta exposición a la humedad. Adicionalmente participa con una extensa línea de plafones reticulares y suspensiones, además de su división de yesos para la construcción y yesos industriales.

USG México cuenta con plantas de producción en Puebla, Monterrey, Tecomán, Saltillo y San Luis Potosí, por lo tanto, su capacidad de producción es suficiente para tener cobertura para el mercado mexicano y de exportación a Latinoamérica.

Gracias a la extensa red de distribuidores especializados en toda la República Mexicana, al servicio de calidad, al portafolio de productos más amplio, a los sistemas certificados por ASTM, NOM y UL, así como a la asesoría técnica en obra y en línea, USG está posicionado como líder en el mercado mexicano. Los tableros de yeso Tablaroca (marca de USG) son tableros fabricados, con núcleo compuesto de yeso y aditivos que agregan propiedades específicas, y laminado con cartoncillo especialmente reforzado por ambas caras.

Todos los tableros cumplen con la norma ASTM C1396, que regula y define las características y propiedades físicas que debe cumplir un tablero de yeso de calidad, así como la norma ASTM E-84, que los define como productos clase A.

Características:

Son resistentes al fuego, lo que significa que el núcleo de yeso, al ser un mineral no flamable y resistente a temperaturas mayores a 80° C, impide que se genere combustión y retarda la propagación del fuego. También cuenta con un excelente aislamiento acústico y térmico, ya sea para muros divisorios, plafones corridos y elementos decorativos.

Los tableros se presentan en atados de dos piezas con las caras manila encontradas, de manera que no sufran maltratos o se exponga a suciedad. Se sujetan con una cinta de papel que se retira fácilmente al momento en que se van a instalar, de manera que los cantos cuadrados quedan protegidos también contra posibles maltratos en su manipulación. Disponible en medidas estándar de 1.22 m. x 2.44 m (4' x 8') y 1.22 m x 3.05 m (4' x 10') presenta bordes rebajados en los lados largos, y cuadrados a escuadra en los lados cortos. Los bordes rebajados están especialmente diseñados para alojar el sistema de tratamiento de juntas Tablaroca.

3.1.1.1- Paneles para muro divisorio con el sistema USG Tablaroca.

MURO SENCILLO

El tablero Tablaroca normal es resistente al fuego, lo que significa que el núcleo de yeso, al ser un mineral no flamable y resistente a temperaturas mayores a 80° C, impide que se genere combustión y retarda la propagación del fuego.

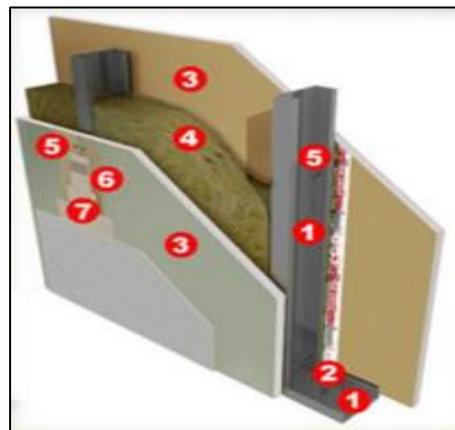


Figura 10. Muro sencillo.

Materiales:

- 1) Bastidor metálico USG 6.35 calibre 26 con postes USG a cada 61 cm.
- 2) Anclas a 61 cm.
- 3) Capa sencilla de tablero de yeso marca Tablaroca Normal de 12.7 mm. en ambas caras.
- 4) Colchoneta de lana mineral o fibra de vidrio.
- 5) Tornillos USG tipo S de 1" a cada 30.5 cm.
- 6) Cinta de refuerzo Perfacinta marca Tablaroca.
- 7) Juntas alternadas y tratadas.

SISTEMA CONTRA FUEGO

Los tableros marca Tablaroca son resistentes al fuego, lo que significa que el núcleo de yeso impide que se genere combustión, por ser un mineral no flamable y resistente a temperaturas mayores a 80° C antes de calcinarse, lo cual retarda la propagación de fuego.

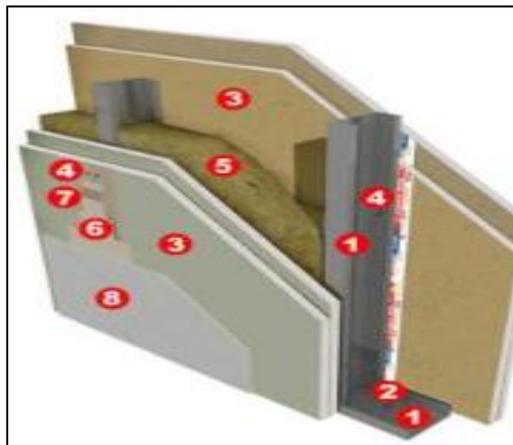


Figura 11. Muro con sistema contra fuego.

Materiales:

- 1) Bastidor metálico USG 9.2 calibre 26 con postes USG a cada 61 cm.
- 2) Anclas a 61 cm.
- 3) Doble capa de tablero de yeso marca Tablaroca FIRECODE "X" de 15.9 mm. En ambas caras.
- 4) Fijación de primeras capas con tornillos USG tipo S de 1" a 30.5 cm. y de segundas capas con tornillos USG tipo S de 1-5/8" a 30.5 cm.
- 5) Colchoneta de lana mineral o fibra de vidrio.

FACULTAD DE INGENIERÍA

- 6) Juntas alternadas y tratadas en la segunda capa únicamente.
- 7) Cinta de refuerzo Perfacinta marca Tablaroca.
- 8) Calafateo del perímetro del muro con sellador acústico no endurecible para evitar el paso del sonido.

SISTEMA CONTRA HUMEDAD

Tablaroca WR está diseñada especialmente para ser instalada en zonas geográficas o áreas habitacionales semihúmedas.

Usos del sistema contra humedad: WR

- Muros y plafones residenciales en: sanitarios, cocinas, cuartos de lavandería, sótanos y garajes.
- Muros y plafones comerciales en: sanitarios, espacios con calentadores, ventiladores y/o aire acondicionado.

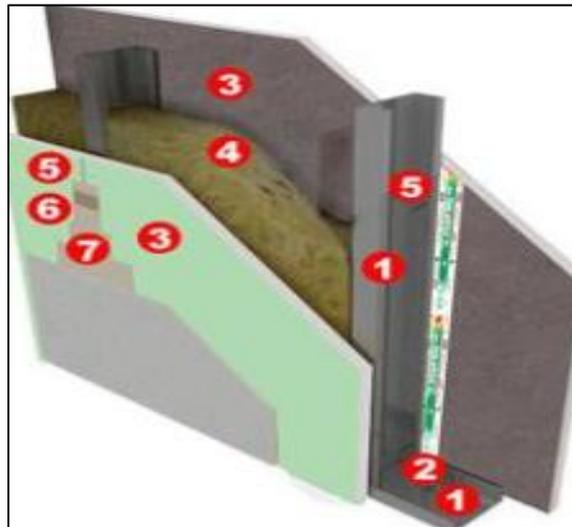


Figura 12. Muro con sistema contra humedad.

Materiales:

- 1) Bastidor metálico USG 6.35 calibre 26 con postes USG a cada 61 cm.
- 2) Anclas a 61 cm.
- 3) Una capa de tablero de yeso marca Tablaroca WR FIRECODE "X" de 15.9 mm en ambas caras.
- 4) Colchoneta de lana mineral o fibra de vidrio.

FACULTAD DE INGENIERÍA

- 5) Tornillos USG tipo S de 1" a 30.5 cm.
- 6) Cinta de refuerzo Perfacinta marca Tablaroca.
- 7) Juntas alternadas y tratadas.

MURO DE DOBLE CAPA. SISTEMA ACÚSTICO

Resistencia a la transmisión del sonido: Propiedad de los elementos para evitar que el sonido se transmita de un local a otro. Entre menos sea el número de decibeles transmitidos al local adyacente, mayor será la calidad del muro o entrepiso. El sistema para evaluar esta propiedad en los muros divisorios o plafones es llamado STC (Sound Transmission Class).

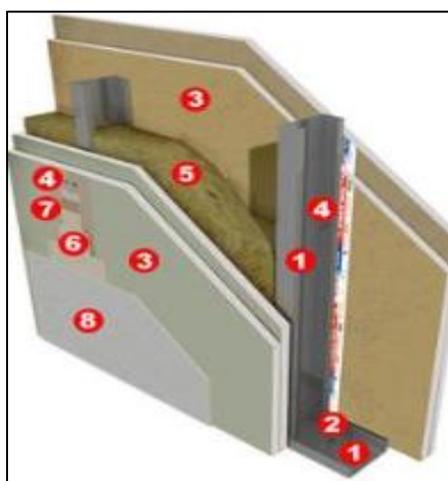


Figura 13. Muro con sistema acústico.

Materiales:

- 1) Bastidor metálico USG 9.20 calibre 26 con postes USG a cada 61 cm.
- 2) Anclas a 61 cm.
- 3) Doble capa de tablero de yeso marca Tablaroca FIRECODE "X" de 15.9 mm en ambas caras.
- 4) Fijación de primeras capas de tornillos USG tipo S de 1" a 30.5 cm. y de segundas capas con tornillos USG tipo S de 1-5/8" a 30.5 cm.
- 5) Colchoneta de lana mineral o fibra de vidrio.
- 6) Juntas alternadas y tratadas en la segunda capa únicamente.
- 7) Cinta de refuerzo Perfacinta marca Tablaroca.
- 8) Calafateo del perímetro del muro con sellador acústico no endurecible para evitar el paso del sonido.



3.1.2.- Muros divisorios de “Panel Rey”.

Empresa fundada en 1986, es el mayor productor de paneles de yeso en Latinoamérica, líder de participación en diversos mercados. Ofrece un sistema integral de construcción ligera, basado en una estructura de acero galvanizado cubierta de paneles de yeso. Sus principales mercados son en México, Estados Unidos, Canadá, Centro y Sudamérica. Cuenta con cuatro plantas de producción en México, localizadas en El Carmen N.L., San Luis Potosí, Tlalnepantla México, Mexicali BC. y en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Panel Rey es un sistema de construcción que se conforma de placas de yeso laminadas, también se le conoce como Tablaroca. Se usa para fabricar estructuras de carga interiores y exteriores, entrepisos, techumbres, muros fachada, muros para dividir, alfardas y en general, cualquier elemento arquitectónico.

Ventajas:

- Ligereza: Es 5 veces más ligero que los sistemas de construcción tradicionales.
- Simplicidad: Su manejo es muy sencillo.
- Limpieza: Al no requerir mezclas húmedas, el área de trabajo permanece limpia.
- Rapidez: Por su fácil instalación, el tiempo de trabajo es menor en comparación con los sistemas tradicionales de construcción.
- Resistencia: A pesar de lo que se cree, el Panel Rey resiste fuego, humedad y sonido.
- Aislamiento: El aislamiento térmico que proporciona Panel Rey, permite ahorrar energía.
- Calidad: Las obras con Panel Rey, aunque más ligeras son estables y permiten ahorros en cuanto a cimentación.

Este sistema debe su versatilidad a la amplia gama de materiales y soluciones de construcción que ofrece. Por lo que es adecuado para construir desde uno y hasta 4 niveles, brindando así, seguridad y calidad en cada una de sus partes.

3.1.2.1.- Paneles para muros divisorios de Panel Rey.

El Muro Divisorio se conforma de una estructura de perfiles de acero galvanizado a base de postes separados a cada 61 o 40.6 cm. introducidos en canales de amarre, los cuales se anclan al piso y al techo con fijadores. Esta estructura es revestida con panel de yeso Estándar, Resistente al Fuego y Resistente a la Humedad.



El aislamiento de fibra de vidrio se coloca entre los paneles de yeso con el fin de darle las propiedades térmicas y acústicas al muro. Para el tratamiento de las juntas se utiliza la cinta de papel y el compuesto estándar o súper ligero para paneles estándar y resistente al fuego. Para el tratamiento de juntas del panel resistente a la humedad se utiliza la cinta de fibra de vidrio y recubrimiento base Panel Rey.

Los paneles de yeso Panel Rey presentan en su frente una superficie lisa, apta para recibir todo tipo de acabado (pintura, papel tapiz, texturizado, entre otros). El principal elemento que forma su cuerpo es el sulfato de calcio bihidratado.

Los paneles de yeso Panel Rey cuentan con bordes longitudinales rebajados formando así un bisel, el cual permite tratar la junta entre dos paneles utilizando cinta de refuerzo Panel Rey y compuesto o recubrimiento base. El tratamiento de la junta se hace para obtener una superficie lisa y continua, ocultando así la unión entre los paneles, permitiendo aplicar el acabado de su elección.

PANEL DE YESO LIGHT REY.

El panel de yeso ligero de Panel Rey Light Rey es un producto consistente de un núcleo incombustible hecho esencialmente de yeso cubierto por ambos lados con papel 100% reciclado. Cumple el desempeño de un panel para muros y cielos siendo más ligero que un panel de 1/2" Regular, fácil y rápido de instalar por su bajo peso, permite un corte y lijado limpio. Puede ser instalado como cielo siempre y cuando los accesorios sean instalados a una distancia entre sujetadores no mayor a 24'' (61 cm) O.C.

Resistencia al Fuego	Sonido STC	Espesor de Muro	Peso Total	Altura Máxima
NA Hr	44	8.9 cm	17 Kg/m2	3.20 m

Figura 14. Propiedades del panel de yeso Light Rey.

FACULTAD DE INGENIERÍA

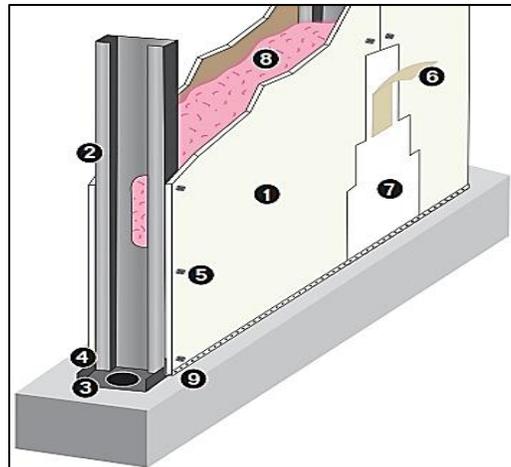


Figura 15. Muro con Paneles de yeso Light Rey.

Materiales:

- 1) Panel de Yeso Light Rey 12.7 mm
- 2) Poste 635PM26 G-40
- 3) Canal 635CA26 G-40
- 4) Tornillo Std Framer 7x7/16"
- 5) Tornillo Std Cuerda Sencilla 6x1"
- 6) Cinta de papel 2"
- 7) Compuesto Estándar Plus
- 8) Colchoneta de Fibra de Vidrio 6.35 cm R.8
- 9) Reborde J de 1.27 cm de PVC Vinyl Pro

PANEL DE YESO REGULAR

El panel de yeso Regular de Panel Rey es un producto consistente de un núcleo incombustible hecho esencialmente de yeso cubierto por ambos lados con papel 100% reciclado. El papel de la cara cubre las orillas biseladas del panel a todo lo largo para mayor fortalecimiento y protección del núcleo. Ideal para cubrir techos y paredes, apto para proyectos de reparación y remodelación, reduce la transmisión del ruido y de las duras condiciones meteorológicas.

- Espesor 1/4" - Producto diseñado para obtener un máximo radio de flexión para satisfacer los diseños más creativos. Es utilizado para la fabricación de plafones ligeros.

FACULTAD DE INGENIERÍA

- Espesor 3/8” - Usado en sistemas de muros de doble capa, así como en proyectos de reparación y remodelación.
- Espesor 1/2” - Para aplicaciones de una capa en la construcción residencial.
- Espesor 5/8”- Para aplicaciones que buscan reducir la transmisión acústica y térmica.

Resistencia al Fuego	Sonido STC	Espesor de Muro	Peso Total	Altura Máxima
NA Hr	44	8.9 cm	17.9 Kg/m ²	3.20 m

Figura 16. Propiedades del panel de yeso regular.

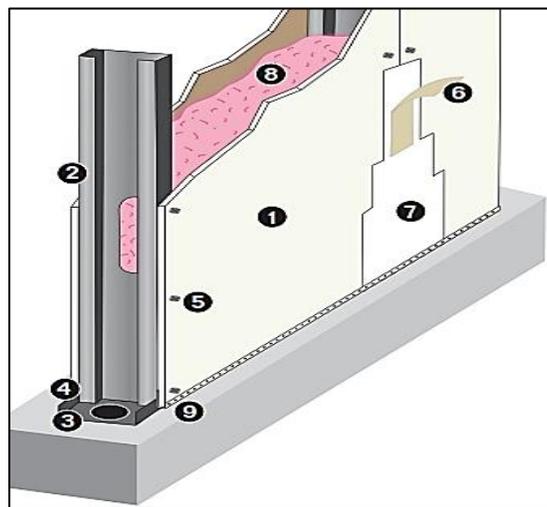


Figura 17. Muro con paneles de yeso regular.

Materiales:

- 1) Panel de Yeso Regular 12.7 mm
- 2) Poste 635PM26 G-40
- 3) Canal 635CA26 G-40
- 4) Tornillo Std Framer 7x7/16”
- 5) Tornillo Std Cuerda Sencilla 6x1”
- 6) Cinta de papel 2”
- 7) Compuesto Estándar Plus
- 8) Colchoneta de Fibra de Vidrio 6.35 cm R.8
- 9) Reborde J de 1.27 cm de PVC Vinyl Pro

FACULTAD DE INGENIERÍA

PANEL RESISTENTE AL FUEGO

Su núcleo de yeso se encuentra reforzado con la integración de fibra de vidrio resistente a medios alcalinos, la cual le proporciona características de resistencia al fuego. El panel de yeso RF está reconocido internacionalmente como uno de los materiales de construcción con más alto poder para resistir los efectos destructores del fuego, debido a las dos moléculas de agua con que cuenta. El cuerpo del panel trabaja como una barrera retardadora de propagación de fuego.

El yeso contiene aproximadamente 21% de agua por lo que, al calentarse el panel, el agua contenida genera un proceso de evaporación, retardando con esto la transmisión de calor. A medida que avanza la liberación del agua en forma de vapor, el yeso tiende a contraerse lo que se evita mediante los agregados minerales que se expanden con el calor substituyendo el volumen que se perdería en el proceso de deshidratación, brindando con esto, mayor tiempo de protección. Con el panel de yeso RF se pueden lograr especificaciones de resistencia al fuego desde 45 minutos hasta 4 horas. El panel de yeso RF cuenta con la certificación de UL, Omega Point Laboratories y ASTM.

Resistencia al Fuego	Sonido STC	Espesor de Muro	Peso Total	Altura Máxima
1 Hr	54	11.4 cm	33.9 Kg/m ²	3.78 m

Figura 18. Propiedades de paneles resistentes al fuego.

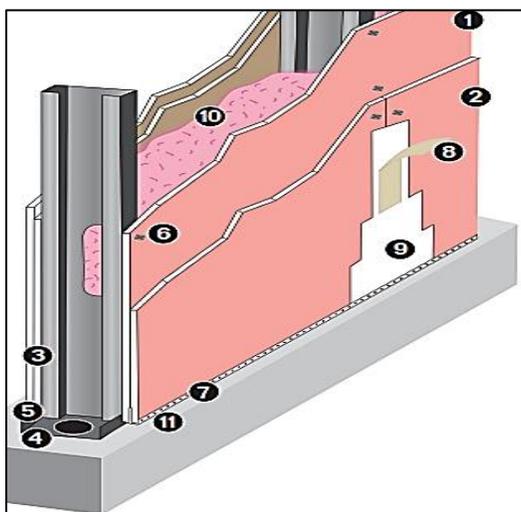


Figura 19. Muros con paneles resistentes al fuego.



Materiales:

- 1) Panel de Yeso RF de 15.9 mm
- 2) Panel de Yeso RF de 15.9 mm
- 3) Poste 635PM26 G-40
- 4) Canal 635CA26 G-40
- 5) Tornillo Std Framer 7x7/16"
- 6) Tornillo Std Cuerda Sencilla 6x1"
- 7) Tornillo Std Cuerda Sencilla 6x1 5/8"
- 8) Cinta de papel 2"
- 9) Compuesto Estándar Plus
- 10) Colchoneta de Fibra de Vidrio 6.35 cm R.8
- 11) Reborde J de 5/8" de PVC Vinyl Pro

PANEL RESISTENTE A LA HUMEDAD

Su cuerpo está compuesto por yeso y materiales hidrofugantes, que lo hacen resistente a la humedad. En su cara principal lleva un cartoncillo encolado color verde, que le brinda una mayor protección contra la humedad; en su cara posterior lleva un cartoncillo color café. Además, por su especial cartoncillo verde, permite la adherencia de azulejos o mármol laminado. Cumple con la norma ASTM-C630. Se emplea principalmente en zonas húmedas como baños, regaderas, cocinas, lavanderías y otras áreas expuestas a la humedad. El panel de yeso RH cuenta con la certificación oficial de ASTM y Omega Point Laboratories.

Resistencia al Fuego	Sonido STC	Espesor de Muro	Peso Total	Altura Máxima
NA Hr	50	8.9 cm	18.7 Kg/m ²	2.79 m

Figura 20. Propiedades de los paneles resistentes a la humedad.

FACULTAD DE INGENIERÍA

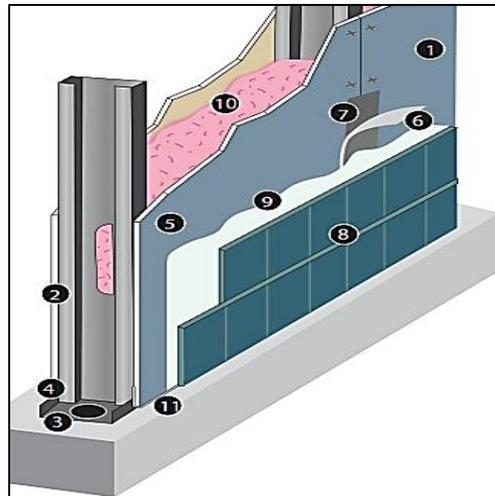


Figura 21. Muro con paneles resistentes a la humedad.

Materiales

- 1) Panel de Yeso Guard Rey 12.7 mm
- 2) Poste 635PM26 G-40
- 3) Canal 635CA26 G-40
- 4) Tornillo Std Framer 7x7/16"
- 5) Tornillo Std Cuerda Sencilla 6x1"
- 6) Cinta de fibra de vidrio de 3"
- 7) Recubrimiento base Protekto Plus
- 8) Acabado cerámico (azulejo, mármol)
- 9) Adhesivo para azulejo
- 10) Colchoneta de Fibra de Vidrio 6.35 cm R.8
- 11) Reborde J 1/2" de PVC Vinyl Pro



3.1.3.- Mano de obra.

Para la construcción de este sistema de muro divisorio a base de paneles de yeso (Tablaroca) la mano de obra necesaria consta de una cuadrilla compuesta por un oficial “tablaroquero” y un ayudante. Este sistema necesita un personal especializado en la instalación de muros de Tablaroca ya que a diferencia de los otros sistemas analizados en este trabajo este no consta de piezas en forma de bloques sino más bien paneles delgados de yeso lo cuales tienen un sistema constructivo diferente a los demás el cual se explica más adelante. Dicha cuadrilla es suficiente para tener un rendimiento de construcción de 25 metros cuadrados por jornada de trabajo e inclusive si se tiene una cuadrilla más experimentada se puede llegar a alcanzar un rendimiento de hasta 28 metros cuadrados por jornada.

3.1.4.- Procesos constructivos de muros divisorios a base de paneles de yeso.

A continuación, se ilustran los procesos constructivos para muros divisorios a base de paneles de yeso, para lo cual, se ha tomado de ejemplo la secuencia constructiva de la marca comercial “Panel Rey”, sin embargo, los procesos constructivos comúnmente siguen la misma secuencia para este sistema a base de paneles de yeso, es decir, que no es mucha la diferencia dependiendo la marca.

Materiales:

- Poste metálico y canal de amarre.
- Esquinero metálico.
- Reborde J metálico o de PVC.
- Compuesto Ready Mix.
- Cinta de papel.
- Tornillería (incluyendo tornillos Frammer y de forro).
- Taquetes plásticos o clavos para concreto.
- Sellador acrílico.
- Panel de yeso.



Herramientas:

- Atornillador eléctrico.
- Tira líneas.
- Cinta métrica.
- Escuadra.
- Tijeras para cortar metal.
- Nivel.
- Navaja multiusos.
- Charola
- Charola para compuesto y espátulas de 6", 8", 10" y 12".
- Lijadora manual o eléctrica.
- Andamios.
- Equipo de seguridad para el personal.

Proceso de instalación:

1.- El primer paso de la instalación del muro consiste en realizar el trazo de las líneas para el desplante del muro (figura 22) de acuerdo al proyecto. Para lograrlo de la mejor manera, la cuadrilla se apoyará del tiralíneas, cinta métrica y escuadra. Se debe marcar sobre la superficie del piso el trazo en la posición que marquen los planos y de las medidas especificadas.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 22. Trazo de líneas para desplante de muro.

2.- Una vez ubicado el trazo sobre el piso se deberá identificar el lugar de colocación del canal inferior con la ayuda del nivel laser o bien una plomada (figura 23). A modo de agilizar trabajos los canales inferiores como superiores se pueden cortar previamente con las medidas especificadas en el proyecto.



Figura 23. Identificación del lugar de colocación de canal inferior.

Antes de colocar el canal inferior se recomienda colocar sellador de silicón (figura 24) con la finalidad de lograr una unión hermética y evitar la posible filtración de sonido y líquidos.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 24. Colocación de sellador de silicón.

3.- Colocación de la estructura metálica.

Si el anclaje de las estructuras es sobre estructuras de concreto se usarán taquetes plásticos o bien clavos de concreto. Los taquetes o tornillos deberán ser colocados en forma de zigzag espaciados a una distancia de 60 cm entre cada uno (figura 25). En los extremos se deberá colocar doble taquete o doble tornillo a una distancia no mayor de 3 cm del borde con el fin de reforzar el anclaje a la superficie.



Figura 25. Colocación de tornillos a cada 60 cm entre sí.

Con ayuda de una cinta métrica se localizan y marca la posición donde irán los postes metálicos, estos tendrán una separación de 61 cm entre cada uno.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 26. Ubicación y marcado para postes a cada 61 cm (sobre el suelo).



Figura 27. Ubicación y marcado para postes a cada 61 cm (sobre el techo).

Es importante que en los postes metálicos los cortes sean en el mismo extremo, ya que estos cuentan con huecos donde pasaran las instalaciones eléctricas por lo que estos deberán quedar a la misma altura (figura 28), revisando que la estructura del muro este nivelada y bien plomeada.



Figura 28. Alineación de huecos de postes para instalaciones.

En las zonas donde habrá vanos de puertas y ventanas, así como también, en donde habrá juntas de control se recomienda la colocación de doble poste con la finalidad de lograr una mayor rigidez del muro y un firme atornillado de los marcos como se observa en la figura 29.



Figura 29. Colocación de doble poste para vanos de puertas y ventanas.

Posteriormente se procederá a atornillar los postes a los canales de amarre con tornillos framer por ambos lados, tanto en el canal inferior como en el superior.



Figura 30. Atornillado de postes metálicos a canales de amarre.

4.- Colocación de Panel de yeso.

Con la intención de proteger el panel de yeso, en la parte inferior se recomienda colocar un reborde J metálico o de PVC (figura 31), la colocación sobre el bastidor metálico de la hoja de panel de yeso puede ser vertical u horizontal, siendo esta ultima la opción donde se provee una mayor resistencia al muro (figura 32). Para ambas opciones, se debe alternar todas las juntas en ambos lados del bastidor, de tal manera que ningún poste reciba juntas por ambos lados.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 31. Colocación de reborde J metálico o de PVC.



Figura 32. Instalación del panel de yeso en modo horizontal.

Con ayuda de un zapatin para Tablaroca y del nivel, se debe alinear, cuadrar y separar ligeramente el panel del piso, lo cual se recomienda una separación de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de pulgada. Se deben ubicar la línea de postes para así fijar el panel de yeso con tornillos para forro a cada 20 cm en postes externos y a 30 cm en postes intermedios (figura 33). Se debe revisar que las juntas de bordes y extremos entre paneles queden perfectamente unidas.



Figura 33. Atornillado de panel de yeso en postes metálicos.

5.- Para lograr un mejor desempeño y lograr las cualidades acústicas del muro, se cubrirá con una colchoneta de fibra de vidrio o lana de roca en los huecos entre los postes (figuras 34 y 35), cuidando cubrir todas las cavidades entre postes e instalaciones eléctricas o de ser el caso de instalaciones hidráulicas.



Figura 34. Colocación de colchoneta de fibra de vidrio.



Figura 35. Colocación de fibra de vidrio.

6.- Colocación de esquineros.

Para la colocación de esquineros metálicos, de PVC o metal papel, primero se deberán colocar las tapas de panel de yeso en vanos o huecos de muro como se observa en la siguiente figura.



Figura 36. Colocación de tapas de panel de yeso en vanos o huecos.

La utilización de esquineros metálicos o plásticos es indispensable para la protección de las orillas del muro contra golpes o deterioro natural que ocurre con el tiempo. Los esquineros se deberán fijar con tornillos para forro con una separación de 30 cm por cada lado (figura 37).

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 37. Atornillado para fijación en esquineros.

En muros prolongados, que no cuenten con huecos o interrupciones como puertas o ventanas, se debe colocar una junta de control a cada 9.10 m (figura 38), fijándola a los postes metálicos. Se deberán dejar dos postes continuos con separación entre sus bordes de ½ pulgada.



Figura 38. Colocación de junta de control a cada 9.10 m.

Si el diseño así lo requiere, otra alternativa para las esquinas podría ser el utilizar cinta metal papel (figura 39), la cual no requiere el uso de tornillos, sin embargo, se utilizará compuesto Ready Mix, la cual se aplicará con la espátula de 6 pulgadas por ambos lados de la esquina (figura 40).



Figura 39. Cinta metal papel.



Figura 40. Aplicación de compuesto Ready Mix en ambos lados de la esquina.

La cinta se deberá cortar según la longitud deseada y será embebida en el compuesto, retirando el exceso de compuesto.

7.- Tratamiento de juntas.

Para las juntas entre hojas de paneles de yeso y los esquineros, juntas y accesorios se utilizarán en este caso los compuestos de Ready Mix (al utilizar sistema Panel Rey). Este se prepara batiendo el compuesto en una cubeta limpia, mezclándolo con ayuda de un taladro y un mezclador metálico para lograr homogeneidad en el compuesto. Cuando se tenga lista la mezcla, se procede a dar tratamiento a las juntas con una espátula de 6 pulgadas, aplicando una cantidad considerable de compuesto sobre la unión que forman los bordes de los paneles (figura 41).

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 41. Aplicación de compuesto sobre la unión de los paneles.

Posteriormente, se toma la cinta de papel y se coloca a lo largo de toda la junta (figura 42), cuidando que quede centrada en la unión y bien adherida con el compuesto previamente colocado. Seguido a esto, con ayuda de una espátula de 8 pulgadas se dará una primera capa de compuesto sobre la cinta de papel, cuidando cubrir en su totalidad con una delgada capa.



Figura 42. Colocación de cinta de papel a lo largo de la junta.

Este mismo proceso se aplica en esquineros y tornillos. Se debe dejar secar completamente para posteriormente aplicar la que será la segunda capa de compuesto sobre la junta con ayuda de una espátula de 10 pulgadas. Al igual que en la primera capa, se deberá dejar secar en su totalidad, así, de ese modo poder aplicar una tercera capa de compuesto sobre las juntas, esquineros y tornillos, pero en este caso la aplicación será con ayuda de una espátula de 12 pulgadas, a este paso comúnmente se le conoce como “afinado de superficie”.

Con la finalidad de lograr una uniformidad entre la textura de papel del panel que queda expuesto y la capa de compuesto de las juntas, se recomienda colocar una delgada capa final de compuesto sobre toda la superficie del muro (figura 43), esto ayuda a la absorción de sellador y

FACULTAD DE INGENIERÍA

pintura, creando una superficie con una excelente alineación y ocultando cualquier imperfección del muro, a este tipo de acabado se le conoce como “acabado nivel 5”.



Figura 43. Aplicación de una delgada capa de compuesto sobre todo el muro.

8.- Un paso importante después del junteo, es el lijado completo de la superficie del muro (figura 44), dicho paso debe ser tratado con suma importancia, ya que en este se eliminarán bordes y rebabas que quedaron en el proceso de junteo. Esto se puede realizar con distintas herramientas como lo puede ser el lijador manual, la esponja lijadora, el papel lija o bien una lijadora eléctrica.



Figura 44. Lijado de la superficie del muro.

9.- Se debe tratar el muro con una mano de sellador acrílico (figura 45) antes de que esta reciba el acabado final.



Figura 45. Aplicación de sellador acrílico sobre el muro.

10.- Acabados finales.

Finalmente se procede a colocar el acabado final el cual será de dos manos de pintura, cuando esta esté totalmente seca se fijarán los marcos para puertas y ventanas (para su posterior instalación), además de colocar las tapas eléctricas y cualquier otro accesorio que sirva como acabado.



Figura 46. Instalación de puertas, ventanas y acabados finales.



3.2.- MUROS DIVISORIOS CON EL SISTEMA MEGABRICK DE NOVACERAMICK.

La construcción de muros de mampostería es una práctica muy usual en todo el país ya que es una técnica que los trabajadores conocen muy bien, así mismo, el trabajar con tabiques recocidos es muy extensa y generalizada, el tabique recocido está presente en un alto porcentaje de los proyectos de construcción en nuestro país, esto debido a la gran familiaridad con este material, inclusive hay lugares donde este material forma parte principal de los procesos constructivos para diferentes edificaciones. Es muy común encontrar en localidades del país este material elaborado de forma artesanal, en donde la mayor parte del proceso de fabricación es manual, sin embargo, en ciudades donde hay más demanda de este material y las exigencias físicas y mecánicas sobre este son mayores se cuenta con fabricas que proveen materiales de mejor calidad. Estos tabiques pueden ser extruidos, en los cuales la resistencia que ofrecen tanto a compresión como a corte es mayor que un tabique artesanal, debido a la extracción del aire por un sistema de vacío que hace que el material se torne más denso. Para poder imprimir algunas texturas o darle mayor resistencia se usa una prensa que lleva el molde, con el acabado de la superficie que se desea. Su apariencia es menos rústica, con colores más uniformes, con menos variaciones de tamaño y con muy buena resistencia, conserva el mismo atractivo de barro. De este modo, se podría decir que los tabiques industrializados llegaron para reemplazar a los tabiques artesanales.

En esta sección estudiaremos un sistema de muro a base de piezas de tabique recocido, sin embargo, analizaremos específicamente un material industrializado, ya que además de poseer mejores características comparado a una pieza de tabique recocido fabricado de forma manual, las industrias que se dedican a fabricar estos materiales proveen información técnica referente a su producto que ofertan. Es importante mencionar, que como este trabajo está enfocado a los sistemas de muros divisorios se ha optado por analizar la pieza “Megabrick” que ofrece la marca Novaceramic, ya que dicha pieza además de ser elaborada de barro extruido es una pieza especial para la construcción de muros divisorios.

Es importante hacer mención que Industrias Novaceramic es una filial de la empresa Ceranor en España, además de ser una empresa líder en fabricación y comercialización de productos de cerámica estructural para la construcción. Novaceramic cuenta con la planta más grande y moderna de toda América para la fabricación de ladrillos de arcilla industrializada. Es el

más importante productor de cerámica estructural en América Latina. En el país se cuenta con una amplia red comercial que incluye 10 Centros de Distribución, un equipo profesional de asesores comerciales en toda la zona de influencia (figura 47) y un gran número de distribuidores donde se puede adquirir los productos directamente.

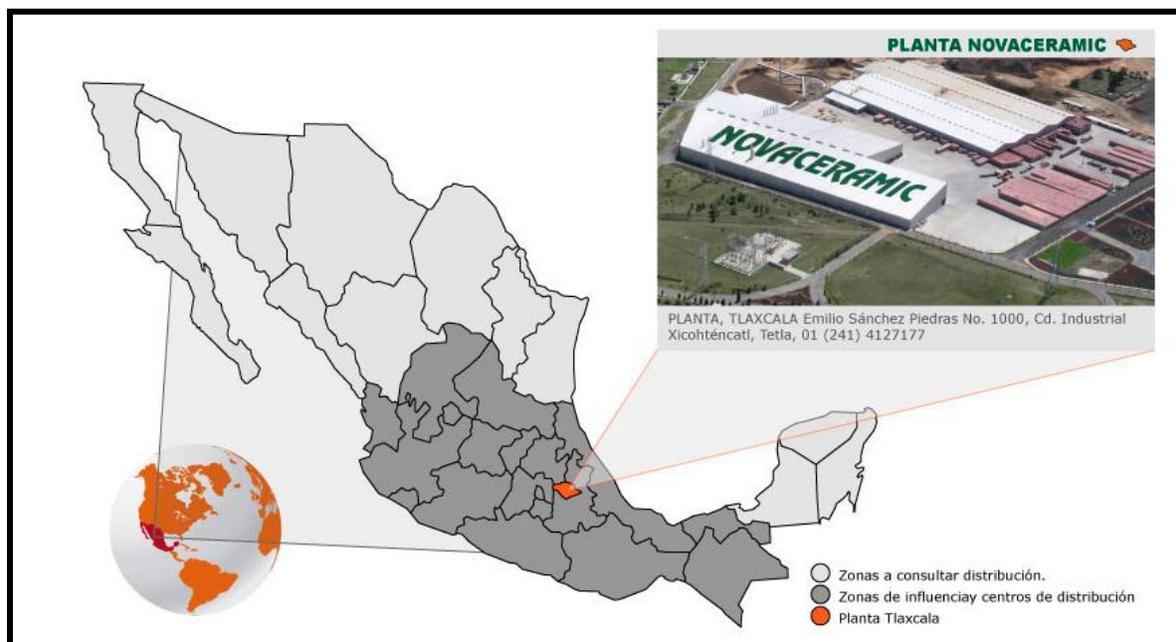


Figura 47. Red comercial Novaceramic. Fuente: https://www.novaceramic.com.mx/red_comercial.html

Como bien se dijo anteriormente, en esta sección analizaremos el sistema para muros divisorios con Megabrick, el cual es un sistema de muro divisorio interior que ofrece mayor resistencia y durabilidad a la que otorgan otros paneles divisorios de cartón-yeso o poliestireno. Megabrick es más rígido: no se deforma, no se abolla, no se pudre, resistente al agua y al fuego.

El sistema “Megabrick” es una solución de muros divisorios a base de tabiques cerámicos de gran formato, el sistema consta de piezas con dimensiones de 50 cm x 20 cm x 8 cm (figura 48) pegadas con cementante y refuerzo mínimo a base de varilla corrugada ahogada en el extremo del alveolo de la pieza. El refuerzo se colocará al inicio y al final de muro, en intersecciones y en zonas donde existan vanos. Las piezas se instalarán en forma de cuatrapeo para dar estabilidad al sistema. Así mismo, en la tabla 4 se observan algunas de sus especificaciones, cabe aclarar que más de sus características se verán en capítulos siguientes a modo de comparativa con otros sistemas.

FACULTAD DE INGENIERÍA

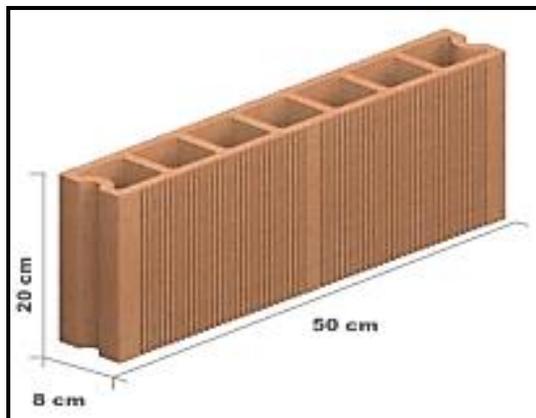


Figura 48. Pieza Megabrick - 8.

Tabla 4.- Especificaciones Megabrick.

Dimensiones reales cm		
20 alto	8 ancho	50 largo
Características del sistema		
Pzas/m ²	9.3	Pzas
Peso/pieza	6.40	Kg
Consumo de mortero	3.25	Lt/m ²
Resistencia promedio a compresión simple	40	Kg/cm ²

Ventajas.

Es importante mencionar, que la pieza de Megabrick, al ser de formato grande tiene como ventaja un menor consumo de materiales, es decir, este sistema consume menos piezas por metro cuadrado y por ende usara menos adhesivo de pega. Así mismo, este sistema se puede ejecutar con mortero para un fraguado más rápido y optimizar su ejecución.

Hay que tener en cuenta, que, al ser piezas de mayor tamaño, con un buen proceso constructivo se pueden reducir los plazos de ejecución del sistema a comparación de otros sistemas como lo puede ser un sistema tradicional de tabiques artesanales.

Otro punto a destacar es que su superficie hace que se pueda rematar el muro con menos capa de material de repello. Así mismo, este sistema cuenta con un aislamiento acústico con poco más de 38 dBa.



En cuanto a la capacidad de resistencia al fuego de este sistema, es un material que puede llegar a alcanzar una resistencia al fuego de 3 horas si se cuenta con aplanados de yeso (1.5 cm de espesor) a dos caras.

Otro punto importante a mencionar del sistema es que es de muy fácil corte. Se corta con cizalla para evitar el desperdicio de material, haciendo el corte más limpio y preciso, también puede cortarse con cuchara, apoyándose por el acabado estriado o bien con cortadora de disco. Además de que cuenta con huecos y estos facilitarían el realizar las ranuras para instalaciones dentro de los muros.

3.2.1.- Mano de obra.

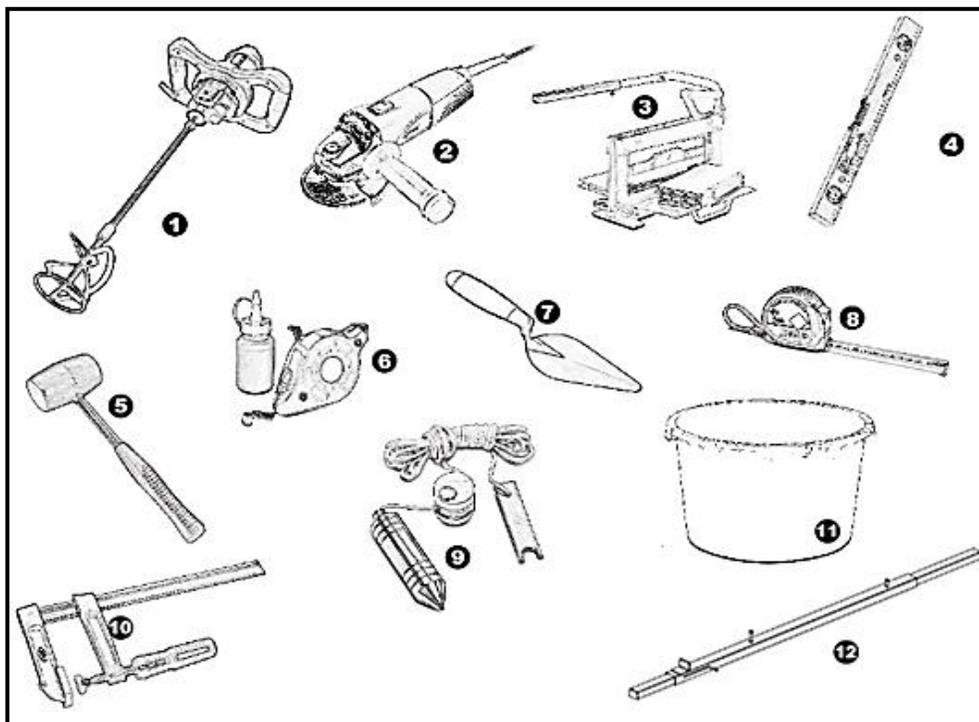
Para la correcta construcción de este sistema de muro divisorio a base del tabique de arcilla “Megabricik” de Novaceramic la mano de obra necesaria consta de una cuadrilla compuesta por un oficial albañil y un ayudante. Hay que mencionar que si bien este sistema es de cierto modo parecido al procedimiento constructivo tradicional tiene características propias del sistema lo que lo puede hacer merecedor de una mano de obra con conocimientos previos sobre el producto con el que trabajarán. Así mismo, como se mencionó en el apartado anterior, al ser un sistema conformado de piezas de gran formato si se tiene el cuidado necesario en la ejecución se puede aumentar el rendimiento de la mano de obra la cual con dicha cuadrilla es suficiente para tener un rendimiento de construcción de hasta 20 metros cuadrados por jornada de trabajo.

3.2.2.- Procesos constructivos de muros con sistema Megabrick.

Herramientas:

1. Batidora eléctrica para la preparación del adhesivo de montaje.
2. Cortadora de disco.
3. Cizalla o guillotina.
4. Nivel de burbuja.
5. Martillo de goma.
6. Tira líneas.
7. Cuchara de albañil.
8. Flexómetro.
9. Plomo.
10. Prensillas.
11. Cubeta para adhesivo.
12. Regla telescópica.

A continuación, se ilustran dichas herramientas:



FACULTAD DE INGENIERÍA

Preparación del adhesivo:

1.- Colocar en la cubeta agua y posteriormente añadir el producto (las proporciones dependerán de las recomendaciones del fabricante para el adhesivo para juntas) como se ilustra en las siguientes figuras.



Figura 49. Colocación de agua necesaria en el recipiente.



Figura 50. Adición del adhesivo.

2.- Batir a mano o preferentemente con maquina a 500 rpm hasta conseguir una pasta homogénea y dejar reposar unos minutos para que actúen correctamente los aditivos de cada producto para juntas como se observa en las imágenes siguientes.



Figura 51. Batido de la mezcla.



Figura 52. Mezcla con consistencia adecuada.

Cabe mencionar que un exceso de batido puede provocar aceleración de fraguado. De igual forma se debe tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante en relación a los proporcionamientos ya que si se usa más agua que la recomendada puede bajar la calidad del producto, hay que recordar que lo que se busca al realizar la mezcla en las condiciones recomendadas es tener excelente trabajabilidad, un alto rendimiento y una mezcla idónea para la

colocación de las piezas con mínima retracción de juntas y que se alcance la resistencia de diseño del producto.

Proceso de instalación:

1.- Desplante del muro: Con ayuda del tira líneas se marcan los ejes donde se desplantará el muro siguiendo las especificaciones de los planos. Se debe especificar si el trazo va a paño interior o exterior.



Figura 53. Marcado de los ejes.

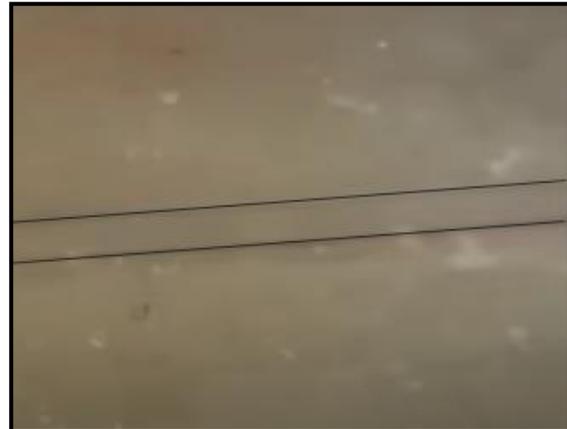


Figura 54. Superficie marcada a espera de recibir el desplante de muros.

2.- Colocación de reglas: posteriormente se colocarán las reglas telescópicas aplomadas sobre el trazo a una distancia máxima de 50 cm, marcando además en su caso, vanos de puertas y los disparos de las instalaciones. Es importante que las reglas estén cuidadosamente aplomadas, alineadas con cuerda y a la distancia especificada.



Figura 55. Colocación de reglas telescópicas.



Figura 56. Verificación de la correcta alineación de reglas.

FACULTAD DE INGENIERÍA

3.- Preparación para el desplante: a lo largo de la superficie marcada, la cual está destinada para el desplante del muro se colocarán bandas elásticas perimetrales de poliestireno expandido de alta densidad, estas bandas, pueden ser colocadas sobre una pequeña capa de pasta (figura 57) para adherirlas de mejor manera al suelo (figura 58). Estas bandas además de ser colocadas en la base, se recomienda colocarlas en el perímetro del muro ya que estará encargada de desligar los tabiques del resto de los elementos estructurales, se recomienda que este por lo menos 1” desligado de dichos elementos.



Figura 57. Pequeña capa de adhesivo para recibir la banda.



Figura 58. Colocación de la banda de poliestireno expandido.

3.- Primera hilada: El primer tabique se desplantará sobre la banda, antes de proceder a colocar la primera hilada de tabiques se pone adhesivo sobre la banda perimetral (figura 59) para fijar el tabique, las piezas son machihembradas y encajan con precisión entre sí. La pieza siguiente se colocará de forma horizontal teniendo cuidado de colocar el adhesivo en su cara lateral (figura 60) para el correcto pegado con la pieza anterior y garantizar una unión correcta entre ambas, y así sucesivamente. Se debe tener cuidado en lo concerniente a la perfecta alineación entre piezas y que estén con el nivel requerido.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 59. Aplicación de adhesivo para recibir primera hilada de tabiques.



Figura 60. Aplicación de adhesivo en la cara lateral del tabique.



Figura 61. Pegado de tabiques.



Figura 62. Alineación de la primera hilada.

4.- Hiladas posteriores: Al término de la primera hilada se hará el ajuste cortando la pieza con la cizalla o guillotina (figura 63). La segunda hilada arrancará con media pieza separada al menos 1” de cualquier elemento estructural, para que la colocación sea de forma cuatrapeada (figura 64), colocando adhesivo base yeso tanto en la junta vertical como en la horizontal. Es recomendable vigilar que el muro este plomeado hilada tras hilada con el nivel de burbuja.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 63. Corte de piezas.



Figura 64. Colocación en forma cuatrapeada.

Un punto a mencionar, es que el formato que actualmente la empresa Novaceramic anuncia en su sitio web del tabique Megabrick es en formato vertical para de este modo implementar castillos ahogados y poder realizar una conexión entre elementos estructurales y el muro de tal manera que este no falle por volteo. Sin embargo, en esta variante de formato de la pieza también se le habrá que desligar de los lados y en la parte superior de la estructura principal tan como se ve en la figura 65.

5.- Castillo ahogado: Para los castillos ahogados se deberá realizar un barreno en forma vertical con taladro en:

- En firmes de concreto hasta 10 cm.
- En losas de concreto hasta 5 cm.
- En sistemas de bovedillas el espesor de la capa de compresión.

El barreno dependerá del diámetro de acero, teniendo el barreno listo se procederá a hincar la varilla (En un solo tramo sin traslapes), posteriormente ya con la varilla hincada se rellenará adhesivo especializado para anclajes, teniendo esto se colocará la pieza de forma vertical e ir rellenando ese hueco con un mortero Tipo II a cada hilada (figura 66).

FACULTAD DE INGENIERÍA

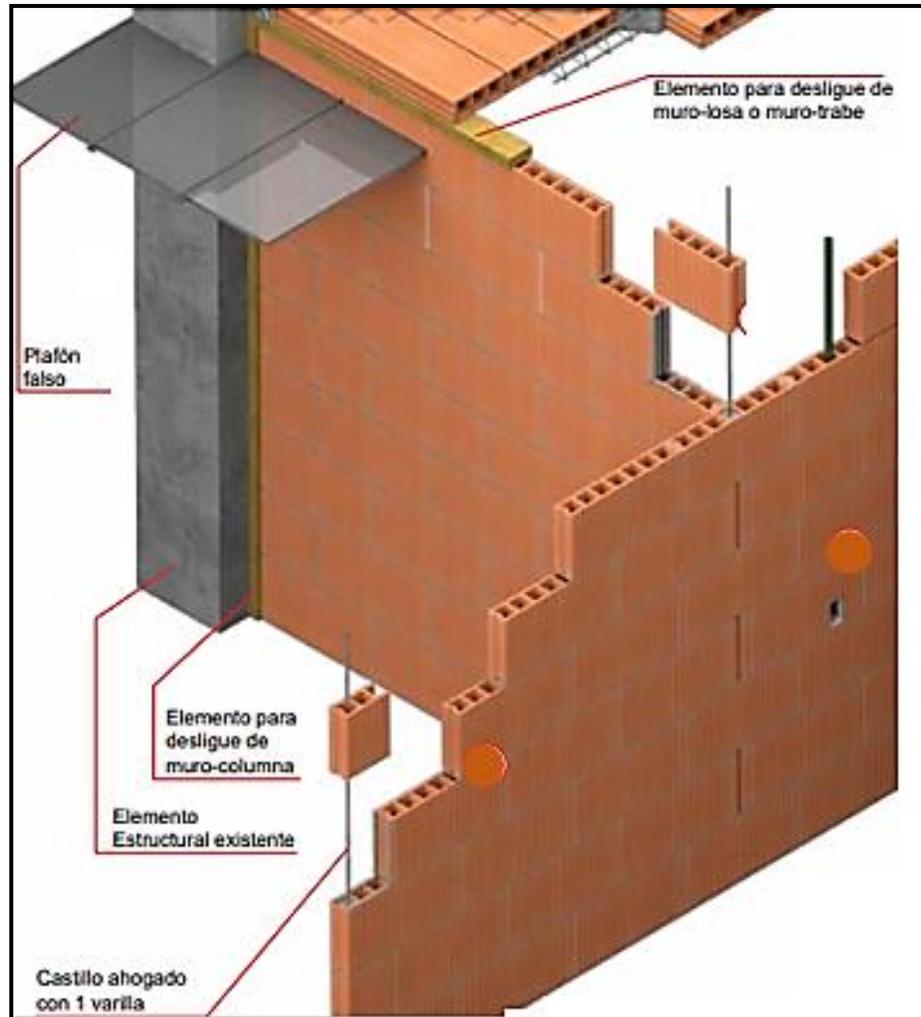


Figura 65. Esquema de instalación de muro con Megabrick.



Figura 66. Ejemplo de castillo ahogado.



3.3.- MUROS DIVISORIOS CON EL SISTEMA DIVISORIO ULTRALIGERO MACHIHEMBRADO DE IBM.

Como ya se mencionó en la sección 3.2 de este trabajo, en el país es muy común encontrar que en diversas obras se trabajen muros de mampostería. En esta sección ya no hablaremos de los muros con tabiques de barro recocido sino más bien de los muros a base de bloques de concreto. Este sistema con bloques de concreto es también muy común en país, siendo que el usar este material en una construcción tiene la ventaja de ser más económico, utiliza menos material adhesivo y es más rápido de colocar.

En el país es muy común encontrar lugares donde el block se hace de manera manual, esto tiene como desventaja que no hay un correcto control de calidad, es decir, no se tiene un proporcionamiento que se siga 100% al pie de la letra y los materiales no siempre son de buena calidad, además no se cuenta con zonas adecuadas de secado, es por eso que con el pasar de los años se han ido sumando al mercado diversas fábricas de block. Sin embargo, muchas de estas fábricas no se encuentran reguladas debidamente, es decir, no cuentan con certificaciones oficiales de calidad de sus productos y por lo general no proporcionan debidamente la información técnica de sus productos que ofrecen.

Debido a todo lo anterior, en este trabajo se analizará una pieza especial para muro divisorio que produce IBM (Industrial Bloquera Mexicana), esto más que nada ya que IBM es una empresa de mampostería con más de 50 años, certificada en Sistemas de Gestión de Calidad ISO-9001 y la única en la zona centro del país certificada en la producción de piezas de mampostería para uso estructural conforme a la norma NMX-C-404-ONNCCE. Además de ser una empresa 100% mexicana, referente por su innovación, evolución y nivel de calidad en productos y materiales para obra, los cuales otorgan mayor flexibilidad, adaptabilidad y confiabilidad a los desarrolladores, trabajando con el compromiso de ofrecer productos y soluciones integrales de calidad para la industria de la construcción. El sistema para muros divisorios que fabrican en IBM están hechos de agregados ligeros que reducen el peso de las piezas normales hasta en un 50%, se fabrican en moldes a base de vibrocompactación garantizando una resistencia uniforme, mínima contracción por secado y uniformidad en las dimensiones.

La pieza a analizar es un bloque machihembrado de dimensiones de 10x20x40 cm (figura 67) y algunas de sus especificaciones se ven en la tabla 5.

FACULTAD DE INGENIERÍA

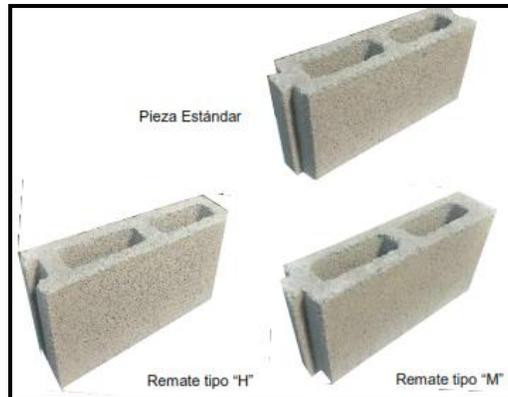


Figura 67. Pieza de block divisorio ultraligero 10x20x40 BM10.

Este Bloque divisorio ultraligero es una pieza de 2 celdas con un 60% de solidez de forma prismática y caras lisas fabricado de manera mecanizada en moldes a base de vibrocompactación, con lo que garantiza una resistencia uniforme, una mínima contracción por secado y una uniformidad en las dimensiones de las piezas. Es un bloque comúnmente usado en la construcción de viviendas para condominio horizontal y vertical, con requerimientos no estructurales como muro divisorio. También utilizable en edificios estructurados a base de marcos de concreto o de acero, como elemento divisorio por ser una pieza doble hueco en sus alveolos se puede alojar ductos de instalaciones y acero de refuerzo.

Tabla 5.- Especificaciones.

Dimensiones cm		
20 alto	10 ancho	40 largo
Características del sistema		
Pzas/m ²	13	Pzas
Peso/pieza	5.5	Kg
Consumo de mortero	6	Lt/m ²
Resistencia promedio a compresión simple	60	Kg/cm ²
Resistencia al fuego	1	hora

Como todo material de construcción, es necesario un adecuado manejo para sacar el mayor provecho de este sistema, es por eso que la misma empresa da las siguientes recomendaciones para su debida colocación para mayor beneficio:



1. El espesor del mortero de la junta horizontal para la unión de piezas es recomendable a partir de 6 mm hasta $10\text{mm} \pm 2$.
2. No requiere ser saturado y se recomienda utilizar en seco, ya que esto beneficia la unión con el mortero, evitando juntas falsas.
3. Se recomienda el uso de PEGAMURO STONECRETE que permite pegar la pieza en seco y lograr juntas desde 6 hasta 10 mm de espesor.
4. Se recomienda dar un recubrimiento a los muros con los productos para acabados de la línea REVESTIMIENTOS STONECRETE.
5. El acero de refuerzo vertical y horizontal, se debe colocar de acuerdo al criterio estructural del diseñador, así como su sujeción a la estructura y a los requisitos mínimos de los reglamentos locales vigentes, con la finalidad de que el muro se auto soporte.
6. En edificios de concreto o acero, el muro debe estar desligado de la estructura.
7. Para el colado de castillos interiores, se recomienda el uso de PEGAMURO de STONECRETE.

Ventajas

La principal ventaja de este sistema es que no requiere junteo vertical ya que cuenta con un ensamble autotractable. Esto desemboca a tener un menor consumo de mortero por m^2 .

Con este sistema se tiene un mayor rendimiento al ser piezas ensambladas y un mejor control en los espesores de los recubrimientos y esto da resultado a un menor porcentaje de desperdicios.

El peso por pieza es de 5.5 kg y cuenta con un aislamiento acústico de 40 SCT (Sound Transmission Class). Además, que el sistema consume 13 pzs/ m^2 . Por lo que además de ser una pieza ligera lo que resulta en un sistema ligero para la estructura principal de la edificación, tiene buen consumo de materiales.

El precio por metro cuadrado de muro divisorio es de los más rentables en la industria de la construcción ya que presenta una reducción de costos por m^2 .

Este sistema ofrece una resistencia al fuego de 1 hora sin aplanados, teniendo en cuenta que dependiendo el aplanado y si es a una o dos caras esta resistencia puede subir considerablemente.



Como ya se ha dicho, este bloque tiene un sistema autotractable y al ser un elemento liviano, su instalación se puede hacer de hasta tres piezas a la vez, lo que agiliza la construcción y lo vuelve muy rápida a comparación de otros sistemas obteniendo un rendimiento de hasta 30 m² por jornal.

Un punto muy importante, es que este sistema cumple con las normas NMX-C-441-ONNCCE 2013 “Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural”.

En conclusión, este sistema ofrece resistencia, durabilidad y economía constructiva.

3.3.1.- Mano de obra.

Para la construcción de este sistema de muro divisorio a base de bloques machihembrados, la mano de obra necesaria consta de una cuadrilla compuesta por un oficial albañil y un ayudante. Cabe mencionar que este sistema al conservar un procedimiento constructivo tradicional el personal no requiere de una capacitación extra al utilizar este producto. Además, es importante recalcar que el diseño de este bloque al ser machihembrado y la livianes que presenta permite que el oficial albañil pueda colocar hasta tres piezas ensambladas a la vez y por eso es que este sistema alcanza un rendimiento en mano de obra considerablemente alto. Dicha cuadrilla es suficiente para tener un rendimiento de construcción de hasta 30 metros cuadrados por jornada de trabajo.

3.3.2.- Procesos constructivos de muros divisorios con bloques ultraligeros machihembrados de IBM.

Al igual que los demás sistemas mencionados, se recomienda revisar las especificaciones del proyecto, se deberá tener en cuenta las ubicaciones de los castillos ahogados ya que se deberá realizar perforaciones en tanto en la zona de desplante como en la parte superior (losa o trabe) para de cierto modo generar una conexión entre el muro y los elementos estructurales del proyecto sin que se llegue a afectar su desempeño de estos últimos.

Previo al desplante del muro, en las perforaciones previamente realizadas se introducirán varillas y se sellarán con resina epoxica. Tanto su diámetro como distancia entre sí de cada varilla dependerán del proyecto. Dichas varillas no llegarán hasta el tope superior del muro, sino serán esperadas por otras secciones de varillas más cortas (50 cm) ancladas con resina epoxica a la parte superior de la estructura (losa o trabe). El acero de refuerzo vertical y horizontal, se debe colocar

FACULTAD DE INGENIERÍA

de acuerdo al criterio estructural del diseñador, así como su sujeción a la estructura y a los requisitos mínimos de los reglamentos locales vigentes, con la finalidad de que el muro se autoporte.

1.- Lo primero que habrá que hacer es realizar el trazo y la nivelación adecuada para el muro a desplantar. Se procede a realizar la mezcla del adhesivo que en este caso el fabricante recomienda utilizar PEGAMURO STONECRETE, y sobre la zona prevista para el desplante se coloca una capa de 10 mm aproximadamente donde descansara la primera hilada.



Figura 68. Colocación de pasta en la zona de desplante para recibir los blocks.

2.- Posteriormente se procede a desplantar la primera hilada dejando una separación en las orillas (dependerá del proyecto) para desligar el muro de elementos estructurales. Las piezas no requieren ser saturadas y se recomienda utilizar en seco, ya que esto beneficia la unión con el mortero, evitando juntas falsas. Cabe destacar la ligereza de las piezas ya que pueden ser colocadas de 2 a 3 piezas a la vez (figura 69). Se debe tener cuidado en la colocación de block en la zona donde haya varillas, tratando de no doblarlas. Para el colado de castillos interiores, se recomienda el uso de PEGAMURO de STONECRETE.



Figura 69. Colocación de 3 bloques a la vez.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 70. Desplante de primera hilada.

3.- Hiladas subsecuentes. Justo como el desplante de la primera hilada el procedimiento será el mismo, es decir, se aplicará mezcla en la cara superior la cual será la encargada de esperar la siguiente hilada, la colocación de los bloques debe ser en forma cuatrapeada y se debe tener cuidado con las varillas de refuerzo. Se debe verificar en cada hila la correcta nivelación y plomo para obtener un muro eficiente.



Figura 71. Colocación de hiladas subsecuentes.

4.- Antes de llegar al tope superior, en el muro se tendrá que traslapar las varillas que vienen desde el suelo con las que reciben en el techo, esto generando un tipo de conector entre el muro y el elemento estructural.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 72. Traslape de varillas para asegurar un anclaje del muro.

5.- Finalmente, se procede a aplicar espuma de poliuretano para sellar la junta que se ha creado entre el muro y los elementos estructurales que tiene en su perímetro.



Figura 73. Espuma de poliuretano en el perímetro del muro para desligar de elementos estructurales.



3.4.- MUROS DIVISORIOS CON EL SISTEMA PRACTIMURO DE HEBEL.

Ahora toca hablar acerca de un muro a base de bloques de concreto ligero aireado o concreto celular. Los bloques de concreto ligero aireado están hechos de Concreto Celular Autoclaveado (ACC- Autoclaved Aerated Concrete). Comúnmente se utilizan para construir muros en mampostería, pero este tipo de bloques pueden funcionar como muros estructurales, de fachada o divisorios en conjunto con el uso de castillos y cerramientos para brindar el esfuerzo requerido en el proyecto. Todo lo anterior dependerá al sistema a emplear, es decir, existe variaciones en los bloques, ya que en el mercado se encuentran desde bloques sólidos y huecos (dimensiones variadas) hasta un sistema específico para muros divisorios con piezas con dimensiones específicas que harán de cierta forma más eficaz la instalación.

Como ya se ha venido mencionando e a lo largo de este capítulo, es importante tener un buen proveedor de cualquier tipo de material, que nos garantice buena calidad y nos proporcione toda la información técnica necesaria del producto que ofrecen, es por eso que para esta sección se ha optado por el análisis en específico de la marca Hebel. Esta es una marca registrada de Grupo Xella en Alemania, en México forma parte de Grupo Bexel Internacional, fabricando los productos de Concreto Celular Autoclaveado. Esta marca sigue los más elevados estándares de calidad además de contar con más de 80 años en el mercado de la construcción y con presencia en América desde 1994. La Planta de Hebel en México se encuentra ubicada en Nuevo León, la cual cuenta con cobertura en todo México y parte de Estados Unidos.

Ahora bien, el sistema practimuro básicamente son muros interiores a base de blocks Hebel con dimensiones de 10x40x61 cm (figura 74), unidos con una capa delgada de adhesivo Hebel, que en su instalación no requieren refuerzo interior o confinamiento de castillos ni cerramientos. Es un muro interior no cargador totalmente sólido que proporciona flexibilidad en la colocación de objetos pesados, como repisas, estantes o pantallas de televisión sin necesidad de refuerzos adicionales, aunado a los beneficios únicos del concreto celular Hebel.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 74. Block de concreto Celular Autoclaveado.

A continuación, en la tabla 6 se pueden observar algunas de sus especificaciones del sistema.

Tabla 6.- Especificaciones.

Dimensiones cm		
40 alto	10 ancho	61 largo
Características del sistema		
Pzas/m ²	4.17	Pzas
Peso/pieza	14.64	Kg
Consumo de mortero	8.5	kg/m ²
Resistencia promedio a compresión simple	40	Kg/cm ²
Resistencia al fuego	1	hora

Ventajas

El Block de concreto celular es hasta cuatro veces más ligero que el concreto tradicional, dando como resultado un sistema muy liviano en comparación a otros sistemas de mampostería.

El Block de concreto celular es fácil de trabajar y permiten un manejo preciso, es decir, facilita la perforación, el corte y el clavado.

La excelente eficiencia térmica reduce la energía necesaria para calentar o enfriar un edificio construido con Block de concreto celular.



El Block de concreto celular permite la aplicación de juntas delgadas que generan un ahorro de material y por ende económico al reducir el uso y costo del material adhesivo.

Este sistema de muros divisorios con este tipo de bloques contribuye a obtener hasta 23 puntos LEED, en hasta 3 categorías.

Este formato de Block de concreto Celular Autoclaveado tiene una resistencia a la compresión de 40 kg/cm^2 y un peso de diseño de 600 kg/m^3 . Así mismo, este sistema es lo suficiente resistente al colgar objetos pesados en el muro.

Este sistema da buena protección ante la humedad y resiste por sí solo 1 hora contra el fuego. Además de tener buen aislamiento acústico.

Este sistema tiene una fácil y rápida instalación, a su vez tiene pocos desperdicios dejando obras más limpias y esto contribuye a conseguir un ahorro en el tiempo y costos de construcción.

3.4.1.- Mano de obra.

Para la construcción de este sistema de muro divisorio a base de bloques de concreto celular la mano de obra necesaria consta de una cuadrilla compuesta por un oficial albañil y un ayudante, en este caso, el personal debe estar correctamente capacitado para el manejo y la correcta colocación de las piezas ya que para este sistema se debe seguir un procedimiento constructivo específico por así decir (el cual se describe más adelante) y por ende se debe seguir estrictamente el procedimiento recomendado por el distribuidor para obtener resultados buenos y de calidad. Dicha cuadrilla de trabajo es suficiente para tener un rendimiento de construcción de hasta 20 metros cuadrados por jornada de trabajo.



3.4.1.- Procesos constructivos de muros divisorios con el sistema practimuro de Hebel.

Los blocks Hebel Practimuro para mampostería se utilizan para la construcción de muros interiores no cargadores (divisorios) y están diseñados considerando una carga lateral de 25 Kg/m², y la región sísmica donde se localice la construcción.

Antes de comenzar con la construcción del muro, habrá que verificar los planos y el proyecto en general para tener una visión más clara de lo que se hará, para saber dónde será la zona de desplante y de las características que tendrá dicho muro.

Herramienta básica:

- Cuchara Hebel del mismo espesor del Practimuro.
- Cubeta Hebel 19 lt.
- Mazo de goma de 24 oz (mín).
- Atomizador de agua.
- Nivel de mano.
- Cepillo de ixtle.
- Llana lija para desbaste ligero.
- Espátula flexible o laines.
- Martillo-hacha (opcional).
- Cinta métrica (flexómetro).
- Hilo reventón.
- Ranurador circular (62 y 80 mm de diámetro) para taladro.
- Escuadra metálica.

Equipo:

- Batidor para preparación de adhesivo Hebel.
- Taladro eléctrico de ½" diám. De baja velocidad RPM.
- Serrucho Hebel.
- Ranurador manual para instalaciones.
- Sierra Banda Hebel eléctrica para cortes (opcional).

FACULTAD DE INGENIERÍA

- Ranurador eléctrico para mampostería marca Macroza, modelo M90 o similar.
- Pistola de fulminantes marca Hilti o similar.

Accesorios:

- Lámina conectora Hebel.
- Malla de fibra de vidrio Hebel.
- Espuma de poliuretano (PUR) Hebel, estándar o ignífuga (según aplique).
- Calzas de poliestireno alta densidad.
- Clavo Hilti de 2.54 cm, (X-DNI-22-P8) y clavo para madera de 6.4 cm (2 ½”).

1.- Preparación de Adhesivo Hebel.

En una cubeta Hebel se deberá vaciar aproximadamente 4.2 litros de agua limpia o hasta la marca indicada, posteriormente se agrega, poco a poco, el polvo de medio saco de adhesivo (11 Kg), y utilizando el batidor para adhesivo conectado a un taladro de ½” diámetro de baja RPM , se agita por unos minutos hasta obtener una mezcla homogénea (figura 75). La boquilla resultante deberá ser de 2 mm de espesor máximo. Una vez preparada la mezcla se podrá utilizar por un tiempo de 4 horas máximo, permitiéndose agregar agua para mantener la trabajabilidad durante ese período y compensar la pérdida de humedad por evaporación. La mezcla no debe ser preparada o utilizada si la temperatura ambiente es menor o igual a 5° C (41 °F).



Figura 75. Preparación del adhesivo Hebel.

FACULTAD DE INGENIERÍA

2.- Desplante de primera hilada:

Andes de iniciar los trabajos se deberá limpiar el área de desplante. Se trazará y verificará las distancias entre ejes principales, se debe rectificar escuadras, ubicar juntas de control de acuerdo a dibujos. “Correr” niveles para identificar ondulaciones y el punto más alto del firme, losa o área de desplante (figura 76). Colocar puentes e hilo reventón a nivel (42 cm sobre el punto más alto) y a plomo (figura 77).



Figura 76. Nivelación.



Figura 77. Trazo y plomo para desplante.

Con la ayuda del cepillo de ixtle, limpiar el polvo de la superficie de cada pieza donde se aplicará el adhesivo Hebel. Al iniciar el desplante se seguirá el trazo, se colocará las calzas de poliestireno de alta densidad en una separación tal que permita apoyar los extremos de los blocks sobre media calza (figuras 78 y 79). Colocar adhesivo Hebel en la cara vertical del block siguiente (figura 80) y así sucesivamente hasta completar la primera hilada.



Figura 78. Colocación de calzas de poliestireno de alta densidad.



Figura 79. Desplante de primera pieza sobre las calzas.



Figura 80. Aplicación de adhesivo sobre la cara lateral en espera del block siguiente.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Con la ayuda del nivel de mano y mazo de goma se verificará la correcta nivelación y plomo de la primera hilada de block. Aplicando ligeros golpes en la junta vertical expuesta del block para cerrar la junta vertical contra el block adyacente (figura 81).



Figura 81. Verificación de alineación y plomo de hilada.

Con la ayuda de un atomizador de agua, se humedecerá la junta inferior de desplante del Practimuro. La humedad permite la expansión de la espuma de poliuretano (figura 82). Después de agitar por unos segundos el bote de espuma de poliuretano (PUR), se invierte la posición de bote (de cabeza) para realizar la colocación de la espuma y sellar la junta de desplante y junta lateral de primera hilada. Aplicando un cordón al centro para espesores de 12.5 o menores, y dos cordones a los tercios para el Practimuro de 15 cm (figura 83). Se debe permitir la expansión y secado de la espuma para continuar con la siguiente hilada (1 a 2 horas). La espuma expandida debe cubrir todo el ancho del espesor del block (figura 84).



Figura 82. Humedecimiento de junta inferior.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 83. Sellado de juntas con poliuretano.



Figura 84. Expansión de espuma de poliuretano en desplante.

3.- Hiladas sub-secuentes.

Se deberá limpiar la superficie de contacto de los blocks Hebel para eliminar polvo y garantizar así una buena adhesión del mortero. En la cara horizontal y vertical donde se colocará el siguiente block, se aplicará adhesivo Hebel en cantidad suficiente para colocar no más de un block a la vez. Utilizando la cuchara Hebel, el espesor de la boquilla deberá ser de 2 mm máximo (figura 85). Cada block se debe asentar, alinear y nivelar con la ayuda del mazo de goma y nivel de mano. Se debe verificar que no haya topes entre piezas, así como boquillas horizontales y verticales sin adhesivo (abiertas). En todo momento hay que verificar el alineamiento y plomo del block Hebel Practimuro que se vaya colocando. Se ira retirando el exceso de adhesivo Hebel en boquillas con ayuda de una espátula. El acomodo de blocks en hiladas sucesivas se hará traslapando la mitad de la longitud del block preferentemente (30.5 cm) o mínimo 10 cm entre boquillas verticales de diferentes hiladas. Para los ajustes, los blocks Hebel se pueden cortar manualmente

FACULTAD DE INGENIERÍA

con la ayuda del serrucho y escuadra Hebel o utilizando la sierra eléctrica Hebel, la cual permite precisión y rapidez en los cortes (figura 86).



Figura 85. Aplicación del adhesivo.



Figura 86. Corte con serrucho.

4.- Sujeción superior del Practimuro.

Se deberá usar laminillas conectoras Hebel (figura 87) para la conexión entre el Practimuro Hebel y la losa superior. Se habilitará una junta de 2 cm (2.5 cm en regiones sísmicas “C” y “D”) entre el block de la última hilada y el elemento estructural del techo (losa o viga). En el espacio de la junta se colocará laminillas conectoras a cada dos block de Hebel Practimuro (122 cm) dobladas y sujetas al block mediante clavos y al elemento estructural del techo utilizando clavos Hilti colocados con pistola de fulminantes, taquetes o clavo para concreto según sea el caso (figuras 88 - 90).

FACULTAD DE INGENIERÍA

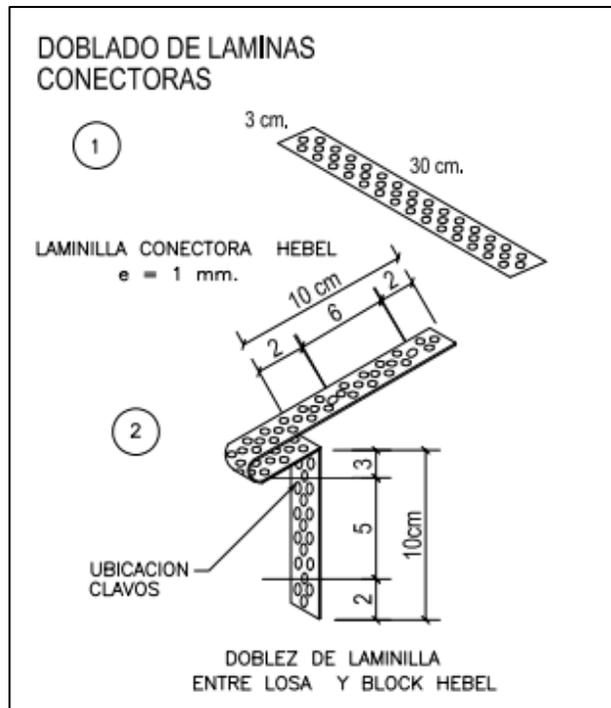


Figura 87. Laminilla conectora.



Figura 88. Colocación de la laminilla conectora.



Figura 89. Sujeción de laminilla al block por medio de clavos.



Figura 90. Sujeción de laminillas a elementos estructurales.

5.- Espuma de Poliuretano en junta superior.

Después de la fijación superior del muro, habrá que esperar 72 horas mínimo para la aplicación de la espuma de poliuretano en la junta superior del muro. Previamente y con la ayuda del atomizador de agua, humedezca la junta para facilitar la expansión de la espuma de poliuretano y aplique (figura 91). Al día siguiente, se cortará el exceso de poliuretano con cuchillo o navaja.



Figura 91. Aplicación de espuma de poliuretano en junta superior.



CAPÍTULO 4.- CONEXIONES Y JUNTAS CONSTRUCTIVAS EN MUROS DIVISORIOS.

Los muros no estructurales han sido concebidos para no participar en el comportamiento estructural del inmueble tanto ante acciones sísmicas como gravitacionales, y por ende se deberán construir de tal forma que satisfagan este propósito. (Perez Gomez, 2018)

Los daños en muros interiores de edificaciones, desprendimientos de fachadas y cielo rasos, fallas de áticos y antepechos, y caídas de otros elementos no estructurales, son un peligro potencial para la vida humana, por lo tanto, debe darse un especial cuidado a su diseño y construcción en general. Dos aspectos importantes que deben considerarse para los elementos no estructurales son: a) Cómo afecta su presencia la respuesta de la estructura y b) El comportamiento en sí del elemento.

En ocasiones, en la práctica es común no prestarle mucha importancia a este tipo de elementos, ya que se le da más atención a los elementos estructurales por la importancia que estos puedan representar para el proyecto. Por eso mismo, es común que en cuanto a muros divisorios se refieres no son desligados de las estructuras principales. En la práctica constructiva, comúnmente no existen las juntas ni las conexiones debido al elevado costo económico que estos pueden llegar a causar.

Esta práctica constructiva genera un vínculo parcial entre el muro y el marco de concreto reforzado. Este vínculo obliga al muro no estructural a recibir ciertas solicitaciones al menos en las primeras fases del movimiento sísmico mientras se presenta la fisura del muro o se deteriora la unión entre el muro y el marco, después de lo cual prácticamente el muro forma un mecanismo de colapso por el agrietamiento presente o queda suelto en todo su perímetro, en cuyo caso su estabilidad ante cualquier tipo de carga es mínima.

En la práctica tradicional, es común estos elementos adosarlos a los elementos estructurales por medio del mortero de pega o anclarlos a la estructura sin ningún aislamiento lateral ni en la parte superior del muro con la losa. Estos muros integrados a la estructura como ya se mencionó anteriormente sufrirán las mismas deformaciones que el sistema estructural haciendo que se fisuren y en ocasiones se colapsen, para lo cual se hace necesario el uso de sellos en las juntas y conectores en la parte superior o columnetas de confinamiento para cumplir sus funciones de protección y



aislamiento, para los cuales deben tener características especiales para un desempeño adecuado. (Buelvas Escobar, 2004)

Los elementos no estructurales pueden llegar a generar problemas serios en las estructuras sujetas a sismo cuando están ligados a éstas sin haber sido considerados en el diseño. Los muros divisorios, los plafones y las fachadas suelen introducir cambios en la estructuración y en los mecanismos de transmisión de las cargas sísmicas que propician la falta prematura de la estructura. En el caso en que se decida desligar los elementos no estructurales, deberán dejarse las holguras adecuadas y emplearse materiales de relleno que no pierdan su capacidad de deformación con el tiempo. Además, es necesario considerar en el diseño sismorresistente la necesidad de garantizar la estabilidad de los elementos no estructurales mediante su fijación adecuada a la estructura.

La finalidad de separar o aislar lateralmente los muros es evitar que la estructura al deformarse como consecuencia del sismo, les transmita fuerzas, agrietándolos y dañándolos. La separación entre los elementos no estructurales y la estructura debe ser lo suficientemente amplia para garantizar que no entren en contacto cuando se produzcan los desplazamientos impuestos por el sismo a la estructura. (Mejía C.)

4.1.- CONEXIONES EN MUROS DIVISORIOS.

Como ya se mencionó anteriormente, en la práctica es muy común prestarle poca importancia a los muros divisorios y los métodos de aislamiento utilizados son proporcionados por la experiencia del constructor o bien por recomendaciones por parte de proveedores. Esto anterior se debe a que en el país se cuenta con muy poca o casi nula reglamentación en lo que elementos no estructurales se refiere.

Hay que tener en consideración de una manera general que un nivel de protección requerido para los muros divisorios debe asegurar:

- a) Daños escasos o nulos en situación sísmica o ciclónica.
- b) Funcionalidad mantenida del establecimiento.
- c) Prevención de los daños a las personas y al equipamiento. (Publica., 2015)

A continuación, se mencionan algunos sistemas de conexión entre el muro y la estructura principal en los cuales se trata de dar libertad de movimiento a la estructura de tal modo que trabaje como fue diseñado y no afecte a los muros divisorios y a la vez estos no afecten a la estructura.

Dichos sistemas, como se ha mencionado son propuestas de empresas proveedoras de materiales que idean sus propios sistemas como lo puede ser Novaceramic, Industrial Bloquera Mexicana, Hebel o bien basadas en experiencias aplicadas en la práctica.

4.1.1.- Conexión de muro de block hueco a techo por medio de varillas.

Esta propuesta tiende a garantizar el buen comportamiento del muro durante la ocurrencia del sismo al tiempo que se logra garantizar el comportamiento del marco tal como fue concebido originalmente en el diseño (sin el efecto rigidizante del muro).

En la figura 92 se presenta un esquema del tipo de solución propuesta en la cual el muro divisorio en bloque hueco se aísla totalmente del marco de concreto. Simultáneamente el muro se conecta en la parte superior al marco de concreto mediante conectores separados a un máximo de 1.5 m con el detalle que se indica en la figura 93.

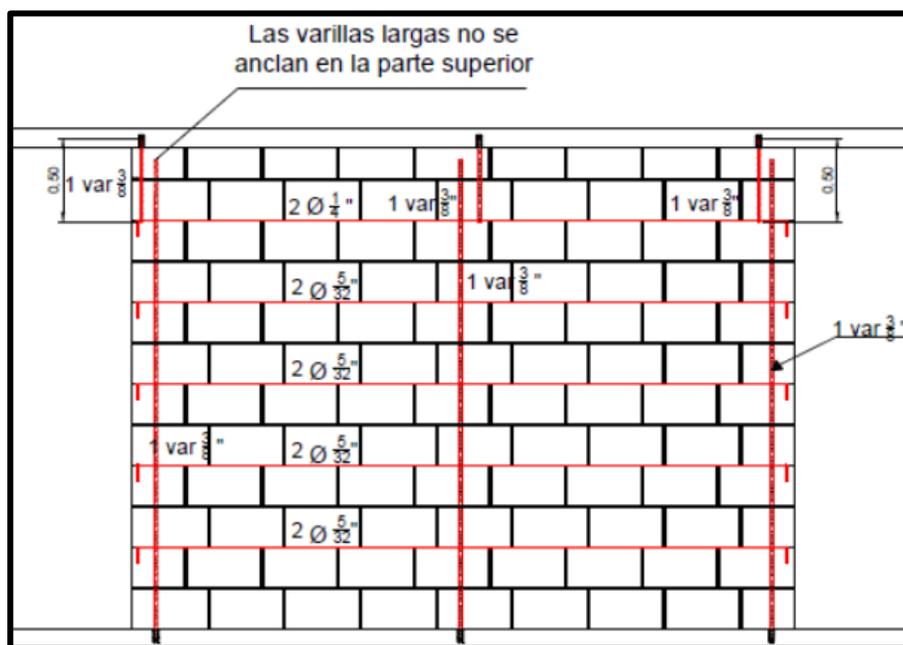


Figura 92. Detalle del método de conexión de muro a losa.

Este sistema consiste en levantar el muro con un proceso constructivo de muro reforzado interiormente, donde la varilla de refuerzo no llegara a anclarse a la losa y las dos últimas hiladas block no llevaran mortero de relleno. La varilla de refuerzo deberá traslaparse con una varilla de 3/8” de diámetro de 50 cm de largo, dicha varilla ira anclada a la losa con resina epóxica a una profundidad que puede variar dependiendo el espesor de la losa o del elemento estructural a donde se desee fijar el muro (figura 94).



Figura 93. Anclaje de conexión.



Figura 94. Traslape entre varilla de refuerzo y varilla conectora.

4.1.2.- Conexión de muro confinado a losa por medio de varillas.

Esta consiste en la colocación de columnetas de confinamiento espaciadas uniformemente a lo largo del muro de mampostería. El concepto se basa simplemente en convertir la mampostería no reforzada del muro divisorio en una mampostería confinada para garantizar su estabilidad aislándolo del comportamiento del marco de concreto. Los conectores (varilla de 1/2") irán nuevamente ancladas con resina epóxica en la losa o elemento estructural donde se pretenda fijar el muro a cada 30 cm y conectarán al muro no estructural sobre la cadena o trabe. En esta parte se colará ahogados en la trabe una sección de PVC de aproximadamente 25 cm y 1 1/4" igual a cada 30 cm. Este sistema permitirá moverse libremente a la estructura principal y así también cuidar que el muro no estructural no falle por volteo.

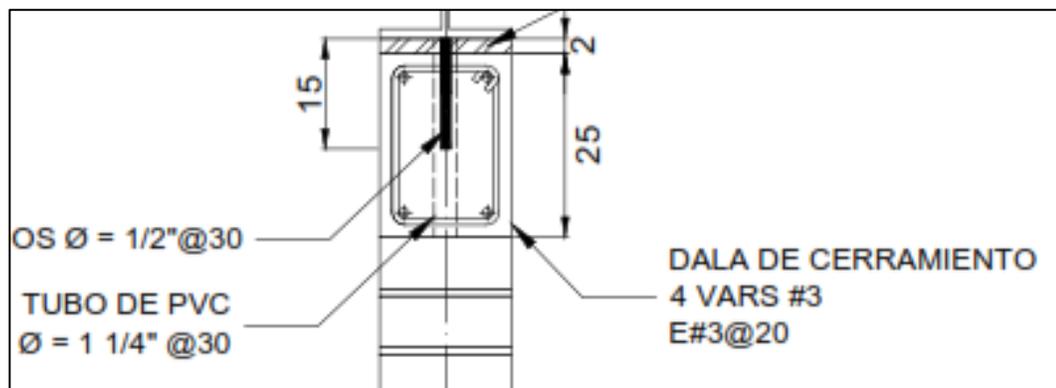


Figura 95. Detalle del sistema.



Figura 96. Acercamiento en la zona de conexión.

4.1.3.- Conexión por medio de ángulos.

El encuentro con la losa se solucionará colocando un ángulo galvanizado el cual estará desligado del muro y sujetado al lecho bajo la losa mediante sujeción a base de clavos (pistola de clavos). Así mismo el espacio entre el elemento no estructural y la losa se solucionará aplicando espuma de poliuretano para amortiguar o separar el sistema de muro con el de la losa. El uso de ángulos es opcional y dependerá de la altura del proyecto.

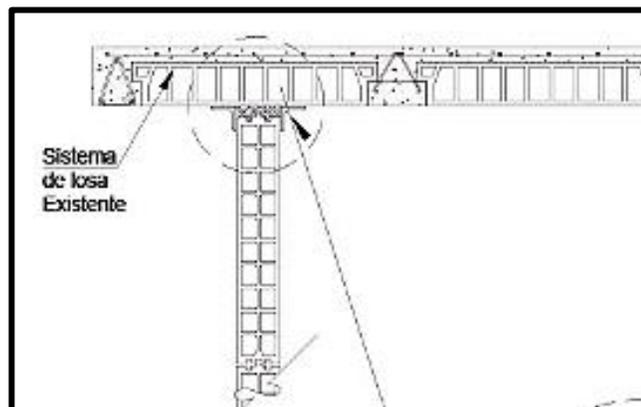


Figura 97. Detalle del sistema.

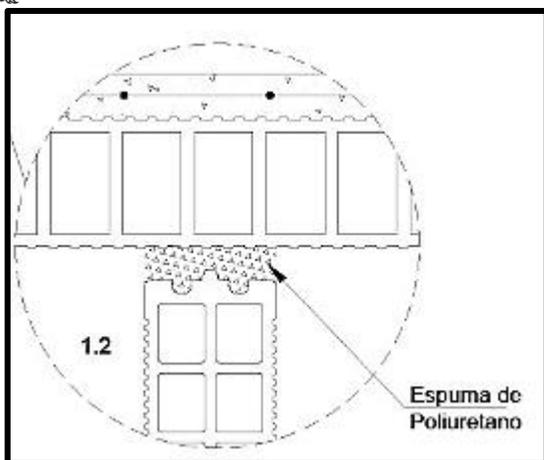


Figura 98. Detalle en junta.

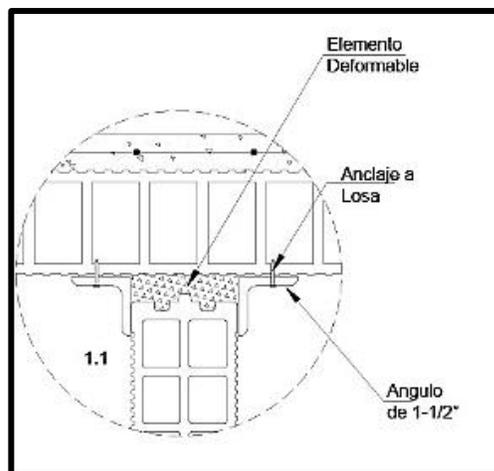


Figura 99. Detalle de ángulos.

4.1.4.- Otros sistemas empleados.

En ocasiones, en algunos hospitales se puede ver un sistema de muro a plafón, donde las alturas de entrepiso son altas y los muros divisorios no llegan hasta el techo. En este sistema cuando los muros no llegan hasta el techo se utilizan conectores metálicos (figura 100), la altura de dichos conectores va variar dependiendo el espacio a librar, hay que tener en cuenta que sobre esos espacios ira un plafón que tapara la vista de las conexiones, así como de las instalaciones que pueden pasar sobre de él.

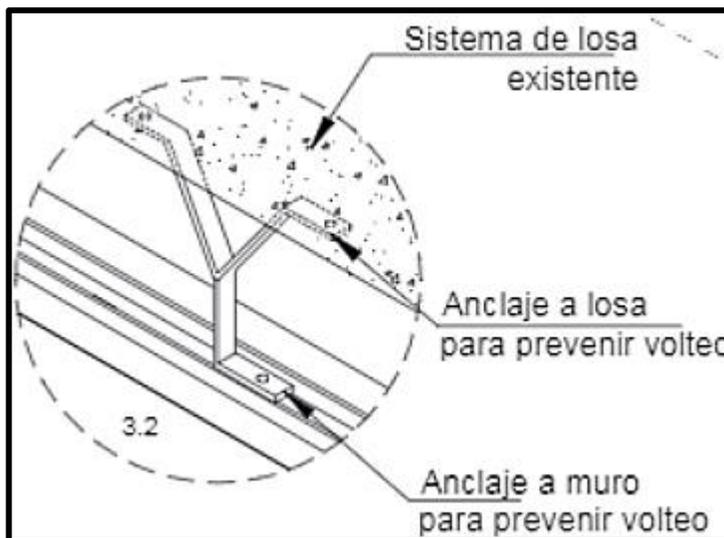


Figura 100. Detalle de conector metálico.

4.1.5.- Sistema para muro divisorio de concreto celular.

Para esta sección, pondremos como ejemplo la marca de la empresa Hebel, la cual es una empresa la cual tiene en el mercado bloques de concreto celular y al tener un material peculiar así mismo tienen sus propios sistemas constructivos y dispositivos que ayudan a un mejor proceso en la construcción, en este caso como se observa en la figura 101 vemos que cuentan con láminas especiales para conectar sus muros divisorios a la losa.

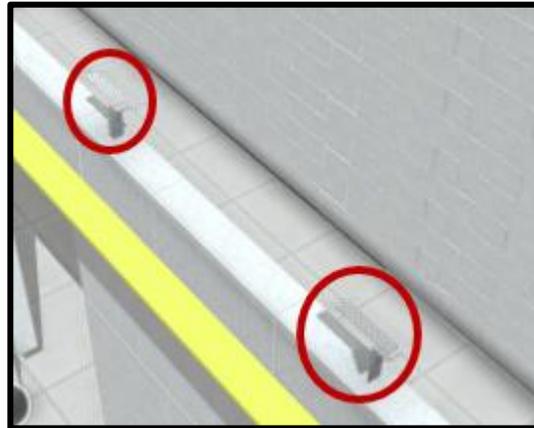


Figura 101. Láminas Conectoras.

Para que la conexión sea realizada de manera exitosa, las laminas conectoras se fijan al bloque y al techo (figura 102) y posteriormente se deben anclar a la estructura mediante tornillos de madera o autoperforantes según el tipo de bastidor (figura 103).



Figura 102



Figura 103

FACULTAD DE INGENIERÍA

A continuación, en las figuras 104 y 105 se observan con más detalle el doblado de las láminas conectoras como el detallado de la conexión muro – losa.

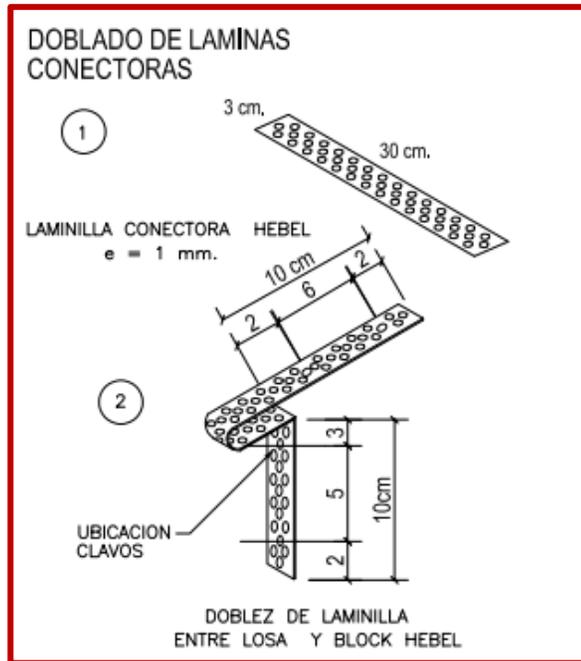


Figura 104

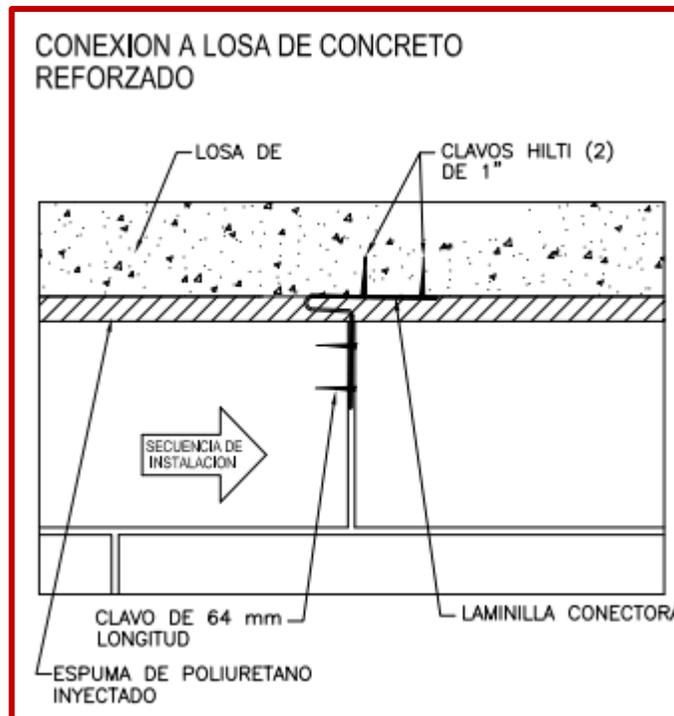


Figura 105



4.2.- JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y/O AISLAMIENTO.

Como se ha venido mencionando, para que tanto la estructura principal como los muros divisorios tengan la libertad de movimiento sin afectarse se aíslan uno de otro, esto se realiza por medio de una junta constructiva. Dicha junta es empleada para separar completamente un elemento de otro o de un objeto fijo. Esta junta debe ser rellena con algún material suave e instalarse a profundidad, posteriormente debe ser sellado con algún material sellador. Dichos selladores son masillas cuya función es la de rellena el espacio existente entre dos elementos, ya sean de la misma materia prima o diferentes. Rellenar ese espacio ayuda a evitar que agentes externos entren al interior y ocasionen daños.

La función del sellador en las juntas de control y aislamiento del concreto es evitar que agentes contaminantes ocasionen daños y la tierra / polvo tapen de nueva cuenta la junta. Las materias primas más comunes para los selladores son:

- Silicón
- Poliuretano
- Asfalto
- Asfalto Poliuretano
- Epóxico
- Poliurea

Siendo los de poliuretano, los más utilizados para las juntas de control y aislamiento más usados en construcción y, por ende, se hace especial mención en el sellado de juntas para muros divisorio.

Estos selladores de poliuretano son selladores elásticos de alto desempeño, de un solo componente, con base en poliuretano. Permiten curar con la humedad del ambiente, no presentan escurrimiento al momento de aplicar y pueden utilizarse para concretos verdes o húmedos.

Ventajas

- Excelente adherencia a la mayoría de los sustratos utilizados en construcción.
- Gran resistencia al envejecimiento y la intemperie.



- Puede aplicarse en concreto verde 24 horas después de haber sido vaciado, utilizando el sellador SikaFlex 1A Plus +.
- Se puede aplicar en concreto húmedo 1 hora después de haber sido humedecido también con SikaFlex 1A Plus +.
- Eliminan el tiempo, esfuerzo y equipos necesarios para mezclar, rellenar cartuchos, precalentamiento o descongelación y limpieza de los equipos.
- Son libres de pegajosidad y cuentan con un rápido tiempo de curado.
- Poseen alta elasticidad, consistencia resistente, durable y flexible, además de un excelente corte de hilo.

Usos

Los selladores de Poliuretano están diseñados para todo tipo de juntas cuya profundidad máxima del sellador no exceda los 25mm.

- Excelentes para juntas con movimiento y juntas de conexión entre marcos de puertas y ventanas, para reparación de grietas en losas y muchas aplicaciones de adhesivos para construcción.
- Ideales para aplicaciones tanto verticales como horizontales con un amplio rango de temperaturas de aplicación.
- Poseen numerosas aplicaciones como adhesivo elástico entre materiales con distintos coeficientes de expansión.
- Pueden trabajar bajo inmersión continua una vez que el sellador se ha curado de forma total, por lo que son aplicables en canales y tanques de agua. (Ctres, 2020)

4.2.1.- Modo de aplicación del sellador en juntas.

Limpieza de la superficie.

Cuando se construye o repara una junta de dilatación, ésta debe estar limpia. La superficie debe estar limpia, seca, sana y homogénea, libre de aceites, grasa, polvo y partículas sueltas o friables.

Fondo de junta.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Primeramente, colocaremos un fondo de junta (figura 106) que será un 25% más ancho que la junta, de modo que quede sujeto por compresión y a una profundidad tal que permita la aplicación posterior de la masilla de sellado con un espesor que llegue al 50% del ancho de la junta. En la figura 107 se ve un ejemplo de un fondo instalado en una junta entre dos muros.



Figura 106. Fondo de junta "Sika" en diferentes diámetros.

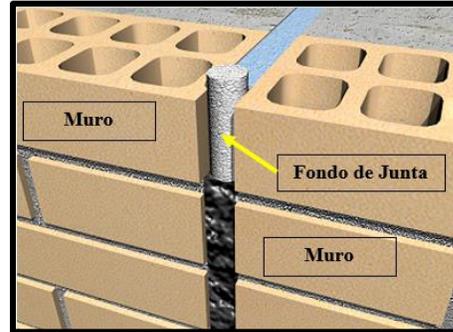


Figura 107. Fondo de junta entre muros.

Sellado de junta.

A continuación, se procede a aplicar el productivo, dependiendo de la presentación del cartucho se le deberá hacer un corte en diagonal (figura 108) dependiendo el ancho deseado, se debe perforar el sello del cartucho (figura 109) e instalar en una pistola para calafateo.



Figura 108. Corte en diagonal de la boquilla del cartucho.



Figura 109. Perforación del sello del cartucho.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Aplicar el producto de manera uniforme y en un solo sentido figuras 110 y 111, las entre caras de las juntas deberán estar secas, limpias y libre de cualquier material extraño para asegurar su adhesión y que no forme burbujas. Con ayuda de una espátula curva o cóncava se le da un repaso en el material haciendo que este trabaje de forma correcta figura 112, o bien, esto se puede realizar con los dedos mojados con agua y jabón figura 113. Esto último dependerá de las recomendaciones del fabricante.



Figura 110



Figura 111



Figura 112



Figura 113

4.2.2.- Selladores comerciales.

SikaFlex – 1A plus

Sikaflex®-1A PLUS es un sellador de juntas elástico de bajo módulo, de curado por humedad y de 1 componente.

USOS: Sikaflex®-1A PLUS está diseñado para el sellado de juntas elásticas e impermeabilización de juntas de movimiento y conexión en envolventes de edificios. Debido a su módulo muy bajo, Sikaflex®-1A PLUS también es adecuado para las fachadas EIFS.



Figura 114. Sellador de Poliuretano SikaFlex-1A plus.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Muy buena resistencia a la intemperie.
- Capacidad de movimiento de $\pm 50\%$ (ASTM C 719).
- Curado sin burbujas.
- Bajo estrés al sustrato.
- Muy buena extrusión y trabajabilidad.
- Buena adherencia a muchos sustratos diferentes.
- Sin disolventes.
- Muy bajas emisiones.

Tabla 7.- Consumos SikaFlex - 1A Plus.

Longitud de la junta por paquete de lámina 600 ml (m)	Ancho de la junta (mm)	Profundidad de la junta (mm)
6	10	10
4	15	10
3	20	10
2	25	12
1.3	30	15

LIMITACIONES

- Sikaflex®-1A PLUS se puede sobre-pintar con la mayoría de los sistemas de pintura de revestimiento de fachada convencionales. Sin embargo, las pinturas deben probarse primero para garantizar la compatibilidad mediante la realización de ensayos preliminares. Nota: los sistemas de pintura no flexibles pueden dañar la elasticidad del sellador y provocar el agrietamiento de la película de pintura.
- Las variaciones de color pueden ocurrir debido a la exposición a sustancias químicas, altas temperaturas y / o radiación UV (especialmente con el tono de color blanco). Sin embargo, un cambio en el color es puramente de naturaleza estética y no influye negativamente en el rendimiento técnico o la durabilidad del producto.
- Antes de usar Sikaflex®-1A PLUS en piedra natural, consulte a nuestro Departamento de Servicio Técnico para obtener asesoramiento.
- No use Sikaflex®-1A PLUS en sustratos bituminosos, caucho natural, caucho EPDM o en materiales de construcción que puedan sangrar aceites, plastificantes o disolventes que puedan atacar el sellador.
- No use Sikaflex®-1A PLUS para sellar juntas en y alrededor de piscinas.
- No use Sikaflex®-1A PLUS para juntas bajo presión de agua o para inmersión permanente en agua.
- No exponga Sikaflex®-1A PLUS no curado a productos que contengan alcohol ya que esto puede interferir con la reacción de curado.

Productos Pennsylvania: duretán®

Duretán® es un sellador de poliuretano de múltiples usos y multisustratos, creado para sellar juntas tanto constructivas con movimiento severo como emboquillados, sellos de láminas en techumbres, juntas en metales y sellos en general.



Figura 115. Sellador de Poliuretano marca Duretán.



USOS



- Sellos o uniones elásticas, herméticas, impermeables y durables entre materiales porosos con porosos y lisos con porosos.
- Sellos en metales, hierro, láminas de aluminio y múltiples materiales de la industria y la construcción.
- Sellos de juntas constructivas con movimiento severo entre materiales como mampostería, muros de contención y paneles de cemento.
- Sellos en piedras naturales.
- Sellos perimetrales entre aluminio y muro en construcciones de grandes alturas.
- Sellos en techumbres de láminas galvanizadas y sellos entre láminas metálicas.
- Sellos en esquinas de muros, pisos o plafones que requieran convertirse en superficies curvas, para evitar la formación o acumulación de bacterias, en quirófanos o laboratorios.
- Sellos en pisos de madera, lambrines, vigas y techos de gran tamaño.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Cumple y excede los requerimientos de la norma ASTM C-920, clase 25, tipo NS.
- No mancha piedras naturales. • Se puede recubrir con impermeabilizantes o repellados una vez curado.
- Excelente adhesión a diferentes sustratos sin necesidad de usar primer.
- Notable resistencia al envejecimiento y al intemperismo.
- Excelente resistente a la humedad salina.
- No escurre en juntas verticales o sobre cabeza. (En un ancho máximo de junta de 20 mm).
- Resiste el ataque de microorganismos.
- Una vez vulcanizado puede estar en contacto con el agua potable.
- Resiste el paso de vehículos y montacargas.
- Resiste pequeños derrames de aceites y gasolina.

RENDIMIENTO

Un cartucho rinde 7.75 m, en juntas de 6 x 6 mm, considerando un 7% de desperdicio. Una salchicha rinde 15.50 m, en juntas de 6 x 6 mm, considerando un 7% de desperdicio.

LIMITACIONES

- El color blanco expuesto tendrá un ligero cambio de color.
- No utilizar en vidrios y plásticos.
- No usar en contacto con asfaltos.

Comex Sellador de Poliuretano

Sellador de poliuretano elastomérico de un solo componente con gran resistencia al exterior en condiciones atmosféricas severas. Resana grietas y juntas en sistemas impermeables acrílicos y asfálticos evitando el paso de humedad.

USOS RECOMENDADOS.

Para sellar juntas elásticas entre elementos prefabricados de concreto, en fachadas con movimiento por cambio de temperaturas o cargas dinámicas, en juntas de carrocería de todo tipo de vehículos: autos, cambiones, remolques, tráileres, lanchas, embarcaciones, etc.

En juntas verticales y horizontales entre diferentes tipos de materiales: mampostería, concreto, block, tabique, plástico, vidrio, aluminio, metal, madera, etc. Como resanador grietas en sistemas impermeabilizantes acrílicos y asfálticos.

RENDIMIENTO TEÓRICO.

9.6 metros lineales utilizando un cordón constante de 6.4 milímetros (1/4 de pulgada) de diámetro.



Figura 116. Sellador de Poliuretano marca Comex.

CAPÍTULO 5.- COMPARATIVAS ENTRE LOS SISTEMAS DE MUROS DIVISORIOS.

En este capítulo se analizarán los aspectos que más hacen sobresalir los diferentes sistemas constructivos analizados, tratando de denotar sus ventajas y desventajas y buscando una perspectiva neutra, ya que cualquier sistema aplicado de la manera más eficiente traerá consigo buenos resultados y en esto se basa prácticamente este capítulo, donde se pretende mostrar los mejores atributos que poseen cada sistema y así mismo las carencias que puedan poseer uno de otro.

Como se dijo anteriormente, se analizan diferentes aspectos de cada sistema constructivos lo cuales se enlistan y comparan en las siguientes tablas del capítulo. A continuación, se muestra una tabla donde se presentan los sistemas analizados en este trabajo, así mismo se mencionan las marcas más comunes para el tipo de material o en su caso la única marca que distribuya su material.

Tabla 8.- Sistemas a analizar.

Tipo de sistema	<i>Block divisorio ultraligero 10x20x40</i>	<i>Block de concreto ligero aireado</i>	<i>Panel de yeso</i>	<i>Muros de barro extruido</i>
Marcas	Industrial Bloquera Mexicana	Hebel, Aircrete, Duro cretos, Cemex, LBS, Concreto Celular de Oriente	USG, Panel Rey, Plaka Comex	Novaceramic
Figura				



En la tabla anterior, se puede observar que tanto los bloques de concreto ligero aireado como los paneles de yeso son manejados por una mayor gama de fabricantes, a diferencia de los tabiques de barro extruido y el block ultraligero que en este trabajo en particular son analizados únicamente los de la marca Novaceramic e Industrial Bloquera Mexicana respectivamente, si bien pueden haber más fabricantes, pero se ha optado por estos en específicos por la información técnica tan completa que proporcionan. El tener mayor número de fabricantes, puede ser una ventaja ya que esto permite que se pueda tener más de una opción a la hora de cotizar precios en el mercado o bien dependiendo de la zona donde se realicen los trabajos poder encontrar un distribuidor más cercano.

En la Tabla 9 se analizan las especificaciones de las piezas que componen a cada sistema, desde sus dimensiones hasta el precio por pieza. Uno de los puntos a resaltar en esta tabla, son los valores de resistencia térmica, aislamiento acústico ya que al ser ocupadas las piezas principalmente como su nombre los indica para dividir espacios, la intimidad entre uno y otro debe ser primordial. Sin embargo, un factor que a futuro será de mayor importancia en el tema de selección del tipo de sistema a utilizar es el factor económico, en esta tabla destacarían el precio por pieza y las dimensiones de esta misma, ya que entre mayor sea, se ocuparan menos piezas para un metro cuadrado de construcción. Claro, esta tabla no es la definitiva económicamente hablando, ya hay más puntos a tomar en cuenta como lo son la mano de obra (partiendo de los rendimientos), los materiales necesarios para completar de manera adecuada el sistema y así mismo se pueden agregar los traslados de materiales al sitio de trabajo. Estos puntos se comentarán más adelante y se tratarán de ver más a profundidad.



Tabla 9.- Especificaciones de la pieza.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
<i>Dimensión nominal (AxBxC)</i>	10x20x40 cm	60x40x10 cm	1.22x2.44 m	50x20x8 cm
<i>Dimensión modular</i>	10x20x38 cm	60x40x10 cm	1.22x2.44 m	51x21x9 cm
<i>Peso promedio por pieza</i>	5.5 kg	14.64 kg	7.8 kg	6.4 kg
<i>Resistencia promedio a compresión de la pieza (fp)</i>	45 kg/cm ²	40 (AAC-4) kg/cm ²	-	40 kg/cm ²
<i>Precio por pieza</i>	\$7.67	\$56.35	\$131.30	\$7.61
<i>Área neta promedio</i>	60 %	100 %	-	-
<i>Absorción máxima total en 24 hr</i>	25 %	-	-	16 – 18 %
<i>Conductividad térmica de la pieza λ</i>	0.81 W/m*K	0.149 W/m*K	0.1354 W/m*K	0.155 W/m*K
<i>Resistencia térmica del sistema R</i>	0.38 m ² K/W	0.85 m ² K/W	0.938 m ² K/W	0.726 m ² K/W
<i>Aislamiento acústico</i>	38 decibeles	-	-	38.3 decibeles
<i>Resistencia al fuego</i>	1 hr	1 hr	-	-
<i>Certificaciones</i>	Ninguna	Ninguna	Ninguna	ONNCCE

En la tabla 10 se enuncian las características principales de cada sistema analizado. En esta tabla hay que denotar las piezas por metro cuadrado de construcción, hay que mencionar que en el caso de los sistemas a base de mampuestos entre mayor sea las dimensiones de la pieza menor será el número de piezas a utilizar y por ende habrá un considerable menor consumo del adhesivo para la pega de estos. Otro aspecto a resaltar de esta tabla es el peso del sistema, ya que entre más liviano sea este sistema, favorece en la disminución de cargas totales de la edificación dando como resultado edificios más livianos.



Tabla 10.- Características del sistema.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
<i>Piezas por m²</i>	13 pzas/m ²	4.17 pzas/m ²	0.672 pzas/m ²	9.3 pzas/m ²
<i>Peso promedio por pieza</i>	5.5 kg	8.3 kg	7.8 kg	6.4 kg
<i>Peso del sistema</i>	81.5 kg/m ²	60 kg/m ²	23.4 kg/m ²	66.93 kg/m ²
<i>Mortero/adhesivo para pega</i>	10.42 kg/m ² 6.4 lt/m ²	8.5 kg/m ²	No requiere	6.76 lt/m ²
<i>Espesor de la junta de mortero/adhesivo</i>	10 mm	2 mm	1 mm	5 mm
<i>Espesor de muro sin acabados</i>	10 cm	10 cm	10.2 cm	8 cm
<i>Tipo de muros</i>	No estructural	No estructural	No estructural	No estructural

En la tabla 11 se tocan los puntos más destacables referente a la ejecución en obra de cada sistema. Como punto principal a denotar en esta tabla son el personal necesario para la ejecución de los trabajos como lo es el rendimiento promedio que se tiene para este sistema, ya que entre mayor sea el rendimiento se habla de que el sistema constructivo es fácil de hacer y por lo tanto generara un ahorro en tiempos y posiblemente un ahorro económico. Otro factor importante a tomar en cuenta es la limpieza en la ejecución de cada sistema, hay que tener en cuenta que este factor tendrá mucho que ver en la limpieza de la mano de obra y en la supervisión, es decir, que en si cada sistema tiene un grado de limpieza el cual se puede empeorar por un mal manejo del material por parte de la mano de obra o bien que se tenga poca experiencia en la implementación de estos sistemas. Del mismo modo, los desperdicios mostrados en la tabla son valores promedios los cuales se pueden mejorar o bien empeorar por las mismas razones anteriormente comentadas.



Tabla 11.- Ejecución en obra.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
<i>Rendimiento en obra</i>	30 m ² /jor	20 m ² /jor	25 m ² /jor	15 m ² /jor
<i>Personal</i>	Cuadrilla de 1 oficial + 1 ayudante	Cuadrilla de 1 oficial + 1 ayudante	Cuadrilla de 1 oficial + 1 ayudante	Cuadrilla de 1 oficial + 1 ayudante
<i>Desperdicios</i>	5 %	3 %	15 %	10 %
<i>Facilidad para ranuras de instalaciones</i>	Se pueden usar bloques de doble hueco de 10 cm de espesor, para facilitar el paso de instalaciones	Se pueden realizar ranuras por medios manuales y reparar con adhesivo especial.	Se pueden hacer ranuras y cortes por medios manuales sobre la placa de yeso y la estructura de soporte.	-
<i>Acarreos</i>	Horizontales (a mano) y verticales (con grúa)	Horizontales (a mano) y verticales (con grúa)	Horizontales (a mano) y verticales (con grúa)	Horizontales (a mano) y verticales (con grúa)
<i>Forma y capacidad de suministro</i>	IBM, cuenta con la capacidad tecnológica para ofrecer la cantidad según proyecto lo requiera, comprometido con la calidad, tiempos y costos.	Pallets, pedir con 8 días de anticipación		De fácil acceso, está presente en el mercado.
<i>Limpieza en la ejecución</i>	Por los ajustes se genera pedacería de block, residuos de mortero.	Debido a cortes por pasos de instalaciones y/o estructura, se generan sobrantes de bloques y residuos de pasta.	Debido a cortes por pasos de instalaciones y/o estructura, se generan sobrantes de placa, residuos de pasta y cinta de papel.	Por los ajustes se genera pedacería de tabique, residuos de mortero.



Otro tema importante a tener en cuenta es la manera en que se maniobra el material por parte de los distribuidores, es decir, si bien la entrega del material es en pallets en la tabla 12 se denotan los puntos relacionado al número de las piezas que se entregan por pallet así como el rendimiento por cada uno de estos, lo cual es información impórtate a la hora de cotizar ya que se tendrá una idea del material que se obtendrá por cada pallet y de este modo adquirir las necesarias para satisfacer la demanda requerida de alguna obra en específico.

Tabla 12.- Maniobras y traslado.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
<i>Piezas por pallet</i>	180 piezas	90 piezas	60 piezas	120 piezas
<i>Peso por pallet</i>	990 kg	747 kg	468 kg	768 kg
<i>Rendimiento por pallet</i>	13.85 m ²	21.60 m ²	89.30 m ²	12.9 m ²

Finalmente, para cerrar esta sección y antes de entrar a los comparativos en costos, se arroja la siguiente tabla (tabla 13) la cual corresponde a un resumen de los puntos principales analizados en las comparaciones echas en esta sección. Como se puede ver en dicha tabla de los cuatro sistemas para muros divisorios analizados el que presenta mayores cualidades y mejores características favorables es el sistema presentado por Industrial Bloquera Mexcina con sus piezas ultraligeras machihembradas, siendo superior en 7 de 10 aspectos comparados en la tabla 13. Por lo que se podría decir, que, hasta el momento, habiendo analizado y comparado características técnicas de los sistemas y de su proceso constructivo en general, el sistema propuesto por Industrial Bloquera Mexicana pretende ser la mejor opción del mercado aportando mayores beneficios a la hora de construir, seguido por el sistema de Practimuro a base de piezas de concreto celular y finalmente los sistemas de Megabrick y el convencional muro divisorio a base de paneles de yeso. Cabe mencionar que no se está dando una conclusión por echa, ya que falta por analizar un factor importante a tomar en cuenta a la hora de construir que son los costos, donde algunos de estos sistemas pueden tomar ventaja sobre otros, porque en ocasiones la decisión final a la hora de adquirir algún producto termina siendo influenciada por el costo.



Tabla 13.- Resumen.

Puntos a comparar	Sistema de muro divisorio			
	<i>Block ultraligero machihembrado</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Tabique de barro extruido "Megabrick"</i>
<i>Menor precio por pieza</i>	X			X
<i>Mayor resistencia a compresión</i>	X			
<i>Mayor resistencia térmica R</i>		X		
<i>Mejor aislamiento acústico</i>	X			X
<i>Mayor resistencia al fuego</i>	X	X		
<i>Menor piezas por m2</i>			X	
<i>Sistema más liviano</i>			X	
<i>Mayor rendimiento en obra</i>	X			
<i>Menores desperdicios</i>	X	X		
<i>Mayor limpieza en ejecución</i>	X	X		



5.1.- COMPARATIVA DE COSTOS.

Cuando hablamos de costos nos referimos a la suma de todos los gastos necesarios para la ejecución de los elementos no estructurales que se analizan en este trabajo. Hay que tomar en cuenta que, para algunas empresas, el uso de materiales con un menor costo en el mercado puede parecer una buena oportunidad para lograr algunos ahorros, siempre y cuando que se tenga en cuenta no sacrificar la calidad de dichos materiales.

Es por eso que se debe tomar en cuenta las condiciones y exigencias del proyecto en general y se debe ser capaz de identificar todos los factores que impactaran en el presupuesto a la hora de implementar alguno de los sistemas analizados ya que los cambios inesperados pueden poner en riesgo el alcance que se tenga como propósito en el proyecto para el caso de los elementos secundarios.

Ahora bien, si el objetivo es el de ahorrarse un poco de dinero y sin descuidar la calidad, lo razonable que se tiene que hacer es comparar los productos antes de adquirir y elegir el sistema constructivo a emplear. Anteriormente ya se analizaron los aspectos fundamentales de los sistemas que abarcan desde sus características de las piezas que componen a cada sistema hasta una comparación de cada sistema en general, es por eso, que en esta sección se analizaran y compararan lo relacionado a los costos de ejecución de cada sistema.

Primero que nada, haremos un análisis del salario para la mano de obra y es que como se pudo observar en el capítulo 3, la mano de obra necesaria para la construcción de estos sistemas de muro divisorio no es demasiada, al contrario, solo es necesario de un oficial encargado y su ayudante por cada frente de trabajo.

Para este análisis solo se contempló la siguiente mano de obra:

- Oficial albañil.
- Ayudante de albañil.
- Oficial colocador.
- Ayudante general.
- Cabo.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Y a continuación se realiza el cálculo del Salario Real para cada uno de ellos.

En las siguientes tablas que se mostraran como se despieza el análisis para determinar el factor de salario Real para cada uno de los trabajadores involucrados en este proyecto.

DATOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DEL FACTOR DE SALARIO REAL		
DICAL	DÍAS CALENDARIO	365
DIAGI	DÍAS DE AGUINALDO	15
PIVAC	DÍAS POR PRIMA VACACIONAL	1.5
	Prima dominical	0
Tp	TOTAL DE DÍAS REALMENTE PAGADOS AL AÑO	SUMA: 381.50
DIDOM	DÍAS DOMINGO	52
DIVAC	DÍAS DE VACACIONES	6
DILUN	DÍAS LUNES	1
DIFEO	DÍAS FESTIVOS POR LEY	7
DIPEC	DÍAS PERDIDOS POR CONDICIONES DE CLIMA (LLUVIA Y OTROS)	3
DIPCO	DÍAS POR COSTUMBRE	5
DIPEN	DÍAS POR PERMISOS Y ENFERMEDAD NO PROFESIONAL	
DISIN	DÍAS POR SINDICATO (CONTRATO COLECTIVO)	
DINLA	DÍAS NO LABORADOS AL AÑO	SUMA: 74
TI	TOTAL DE DÍAS REALMENTE LABORADOS AL AÑO (DICAL)-(DINLA)	291
Tp / TI	DÍAS PAGADOS / DÍAS LABORADOS	1.310997
FSBC	FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACIÓN (Tp-Te) / DICAL para cálculo de IMSS	1.045205

SALARIO MINIMO D.F. \$141.70		3 veces salario mínimo D.F. \$425.10		
CATEGORÍA	SALARIO			I. RIESGO
Clave de Categoría	Salario Nominal \$	Factor Salario Base de Cotización	Salario Base de Cotización	DE TRABAJO
A	B	C	D	E
			BxC	ExD
	Sn	FSBC	SBC	7.58875%
Oficial albañil	\$505.34	1.045205	528.18	40.08
Oficial colocador	\$505.34	1.045205	528.18	40.08
Ayudante de albañil	\$334.11	1.045205	349.21	26.50
Ayudante general	\$323.97	1.045205	338.62	25.70
Cabo	\$545.45	1.045205	570.11	43.26



II. ENFERMEDAD Y MATERNIDAD					III
Cuota Fija	Excedente de tres salarios mínimos DF	Aplicación IMSS al excedente	Prestaciones en dinero	Gastos médicos pensionados	INVALIDEZ Y VIDA
F	G	H	I	J	K
FxSMDF	D-3SMDF	HxG	IxD	JxD	KxD
20.4000%		1.5000%	0.9500%	1.4250%	2.3750%
28.91	103.08	1.55	5.02	7.53	12.54
28.91	103.08	1.55	5.02	7.53	12.54
28.91			3.32	4.98	8.29
28.91			3.22	4.83	8.04
28.91	145.01	2.18	5.42	8.12	13.54

IV		V		TOTAL	PS	FSR
Retiro (SAR)	Cesantía en edad avanzada y vejez	Guarderías y Prestaciones sociales	INFONAVIT	Suma prestaciones	Obligación Obrero-Patronal	$Fsr = [Ps (Tp - Te) / Tl] + (Tp / Tl)$
L	M	N	O	P	Q	R
LxD	MxD	NxD	OxD	SUMA(F:P)	P / D	FSR
2.00%	4.2750%	1.00%	5.00%	SP	SP/SBC	
10.56	22.58	5.28	26.41	160.46	0.303798	1.709275
10.56	22.58	5.28	26.41	160.46	0.303798	1.709275
6.98	14.93	3.49	17.46	114.86	0.328914	1.742202
6.77	14.48	3.39	16.93	112.27	0.331552	1.745661
11.40	24.37	5.70	28.51	171.41	0.300661	1.705163

Con ayuda de este último dato, el cual es el correspondiente al factor del Salario Real, finalmente procedemos a calcular los salarios Reales de la mano de obra tal como se muestra a continuación.



No	DESCRIPCION DE CATEGORIA	SALARIO NOMINAL Sn	FACTOR		SALARIO REAL
			SALARIO BASE COTIZACION	SALARIO REAL	
1	Oficial albañil	\$505.34	1.045205	1.709275	\$863.77
2	Oficial colocador	\$505.34	1.045205	1.709275	\$863.77
3	Ayudante de albañil	\$334.11	1.045205	1.742202	\$582.09
4	Ayudante general	\$323.97	1.045205	1.745661	\$565.54
5	Cabo	\$545.45	1.045205	1.705163	\$930.08

Estos resultados nos ayudaran para integrar nuestras matrices de precio unitario que aparte de calcular el costo de mano de obra también se realizó un “mercadeo” para adquirir los precios de los materiales a usar en cada sistema de muro divisorio.

A continuación, se muestran cuatro matrices de precios unitarios por metro cuadrado referentes a solo a la construcción de los muros divisorios para cada sistema en particular que se están analizando en este trabajo, empezando por el sistema a base de bloques de concreto ultraligero machihembrados de Industrial Bloquera Mexicana, secundado por el sistema Megabrick de Novaceramic, seguido por el conocido sistema a base de paneles de yeso y finalmente el sistema Practimuro de Hebel a base de piezas de concreto celular. En base a las ya mencionadas matrices más adelante se realizarán las comparativas de precios entre cada una de estas. Es importante mencionar y aclarar, que los precios usados han sido recolectados a lo largo de la realización de este trabajo, se han ido actualizando, sin embargo, hay que tener en cuenta que los precios de los materiales de construcción al igual que los salarios de los trabajadores no son constantes, es decir estos tienden a varían con el tiempo y la zona donde se analice.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Concepto:	Unidad: M2	Cantidad: 1					
	Muro de bloque de concreto divisorio ultra ligero mediante sistema machihembrado 10 x 20 x 40 cm., no estructural de la marca IBM, asentado con mezcla de mortero tipo PEGABLOCK marca stoncrete en junta horizontal, acabado común, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
Materiales							
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Unitario de Material</i>	<i>Total, de unidades</i>	<i>Rendimiento material x Unidad</i>	<i>Costo de Material</i>		
Bloque de concreto divisorio ultraligero marca IBM	pza	\$7.67	12.5	0.08	\$95.88		
Mortero de pega tipo I PEGAMURO marca STONCRETE	lt	\$3.31	6.4	0.16	\$21.18		
Sub Total Materiales					\$117.06		
Mano de Obra							
<i>Categoría</i>	<i>Unidad</i>	<i>Salario Real</i>	<i>Cantidad x cuadrilla</i>	<i>Salario Real de cuadrilla</i>	<i>Rendimiento laboral x jornada</i>	<i>Costo de M.O.</i>	
Oficial albañil	Jor	\$863.77	1	\$863.77	30	0.033	\$28.79
Ayudante de albañil	Jor	\$582.09	1	\$582.09	30	0.033	\$19.40
Cabo	Jor	\$930.08	0.1	\$93.01	30	0.033	\$3.10
Sub Total Mano de Obra					\$51.30		
Maquinaria y Equipo de Construcción							
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Horario Directo</i>	<i>Rendimiento Horario</i>	<i>Costo de maq. Y equipo.</i>			
Sub Total Maq. Y Equipo.					\$0.00		
Herramienta y Equipo de Seguridad							
<i>Herramienta de mano</i>	<i>%</i>	<i>Costo de mano de obra</i>	<i>Costo x H. M.</i>				
	3%	\$51.30	\$1.54				
<i>Equipo de seguridad</i>	<i>%</i>	<i>Costo de mano de obra</i>	<i>Costo x E. S.</i>				
	2%	\$51.30	\$1.03				
Sub Total Herr. y equipo de seguridad					\$2.56		
Costo Directo Total					\$170.92		



FACULTAD DE INGENIERÍA

Concepto:	Unidad: M2	Cantidad: 1				
Muro de 8 cm. de espesor, tabique MEGABRICK de la marca NOVACERMIC, asentado con mezcla cemento arena 1:5 acabado común, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
Materiales						
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Unitario de Material</i>	<i>Total, de unidades</i>	<i>Rendimiento material x Unidad</i>	<i>Costo de Material</i>	
Megabrick (50x20x8) h. Vertical	pza	\$7.61	9.3	0.1075	\$70.77	
Agua de toma para saturado de las piezas	m3	\$28.61	0.008	125	\$0.23	
Mortero de pega CEMEX OPTIMO	lt	\$2.31	6.76	0.14793	\$15.62	
Sub Total Materiales					\$86.62	
Mano de Obra						
<i>Categoría</i>	<i>Unidad</i>	<i>Salario Real</i>	<i>Cantidad x cuadrilla</i>	<i>Salario Real de cuadrilla</i>	<i>Rendimiento laboral x jornada</i>	<i>Costo de M.O.</i>
Oficial albañil	Jor	\$863.77	1	\$863.77	15	\$57.58
Ayudante de albañil	Jor	\$582.09	1	\$582.09	15	\$38.81
Cabo	Jor	\$930.08	0.1	\$93.01	15	\$6.20
Sub Total Mano de Obra					\$102.59	
Maquinaria y Equipo de Construcción						
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Horario Directo</i>	<i>Rendimiento Horario</i>	<i>Costo de maq. Y eqpo.</i>		
Sub Total Maq. Y Equipo.					\$0.00	
Herramienta y Equipo de Seguridad						
<i>Herramienta de mano</i>	<i>%</i>	<i>Costo de mano de obra</i>		<i>Costo x H. M.</i>		
	3%	\$102.59		\$3.08		
<i>Equipo de seguridad</i>	<i>%</i>	<i>Costo de mano de obra</i>		<i>Costo x E. S.</i>		
	2%	\$102.59		\$2.05		
Sub Total Herr. y equipo de seguridad					\$5.13	
Costo Directo Total					\$194.34	



FACULTAD DE INGENIERÍA

Unidad: M2		Cantidad: 1				
Concepto:	Muro de 11.8 cm. de espesor, compuesto por 2 paneles de yeso tipo estándar de 13 mm. de espesor, bastidor armado a base canales y postes de lámina galvanizada cal. 26 de 9.2 cm. de ancho, a cada 0.61 m. de separación, incluye: materiales, acarrees, elevaciones, cortes, desperdicios, fijación, pasta y cinta de refuerzo de acuerdo al tipo de panel, mano de obra, equipo y herramienta.					
Materiales						
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Unitario de Material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo de Material</i>		
Panel de yeso estándar de 13 mm hoja de 1.22 x 2.44 m	pza	\$131.30	0.672	\$88.23		
Canal galvanizado cal 26, ancho de 9.2 x 3.05m	pza	\$83.00	0.301	\$24.98		
Poste galvanizado cal 26, ancho de 9.2 x 2.44m	pza	\$85.70	0.902	\$77.30		
Pija	pza	\$0.30	2.222	\$0.67		
Taquete plástico de 1/4	pza	\$0.23	2.222	\$0.51		
Tornillo cabeza plana de 8x1/2	mil	\$320.00	0.003	\$0.96		
Tornillo auto roscable de 2.5 cm 6 x 1	mil	\$250.00	0.046	\$11.50		
Cinta cubre juntas de papel 5x75 m.	m	\$70.00	0.031	\$2.17		
Pasta panel ligera de 21.80 kg	lt	\$227.10	0.045	\$10.22		
Sub Total Materiales				\$216.55		
Mano de Obra						
<i>Categoría</i>	<i>Unidad</i>	<i>Salario Real</i>	<i>Cantidad x cuadrilla</i>	<i>Salario Real de cuadrilla</i>	<i>Rendimiento laboral x jornada</i>	<i>Costo de M.O.</i>
Oficial colocador	Jor	\$863.77	1	\$863.77	25 0.040	\$34.55
Ayudante especializado	Jor	\$565.54	1	\$565.54	25 0.040	\$22.62
Cabo	Jor	\$930.08	0.1	\$93.01	25 0.040	\$3.72
Sub Total Mano de Obra \$60.89						
Maquinaria y Equipo de Construcción						
<i>Descripcion</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Horario Directo</i>	<i>Rendimiento Horario</i>	<i>Costo de maq. Y eqpo.</i>		
Sub Total Maq. Y Equipo. \$0.00						
Herramienta y Equipo de Seguridad						
Herramienta de mano	%	<i>Costo de mano de obra</i>		<i>Costo x H. M.</i>		
	3%	\$60.89		\$1.83		
Equipo de seguridad	%	<i>Costo de mano de obra</i>		<i>Costo x E. S.</i>		
	2%	\$60.89		\$1.22		
Sub Total Herr. y equipo de seguridad \$3.04						
Costo Directo Total \$280.48						



FACULTAD DE INGENIERÍA

Concepto:	Unidad: M2						Cantidad: 1
	Muro de 10 cm. de espesor, compuesto por bloques de concreto celular, con mortero de pega especial, y con elementos para dilatación según proyecto específico, incluye: materiales, acarreo, elevaciones, cortes, desperdicios, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.						
Materiales							
	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Unitario de Material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo de Material</i>		
	Bloque de concreto celular 60x40x10 cm	pza	\$56.35	4.17	\$234.98		
	Mortero nivelación p/horm celular	lt	\$36.12	1	\$36.12		
	Pletina metálica p/horm celular 30x3x0.3	pza	\$18.10	3	\$54.30		
	Clavo disparo sdm 3.7x25 galv. mec 10uni	pza	\$0.77	2.222	\$1.71		
	Adhesivo estructural 25 kg horm. Celular	lt	\$40.95	2.222	\$90.99		
	Malla de fibra de vidrio	pza	\$10.10	1	\$10.10		
	Resonador para muro de concreto celular	kg	\$3.64	1	\$3.64		
	Cartucho k.6.8/11 m rojo (cal 27) 100uni	pza	\$172.50	0.003	\$0.52		
Sub Total Materiales					\$432.36		
Mano de Obra							
	<i>Categoría</i>	<i>Unidad</i>	<i>Salario Real</i>	<i>Cantidad x cuadrilla</i>	<i>Salario Real de cuadrilla</i>	<i>Rendimiento laboral x jornada</i>	<i>Costo de M.O.</i>
	Oficial colocador	Jor	\$863.77	1	\$863.77	20	\$43.19
	Ayudante especializado	Jor	\$565.54	1	\$565.54	20	\$28.28
	Cabo	Jor	\$930.08	0.1	\$93.01	20	\$4.65
Sub Total Mano de Obra							\$76.12
Maquinaria y Equipo de Construcción							
	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo Horario Directo</i>	<i>Rendimiento Horario</i>	<i>Costo de maq. Y eqpo.</i>		
Sub Total Maq. Y Eqpo.							\$0.00
Herramienta y Equipo de Seguridad							
	Herramienta de mano	%	<i>Costo de mano de obra</i>		<i>Costo x H. M.</i>		
		3%	\$76.12		\$2.28		
	Equipo de seguridad	%	<i>Costo de mano de obra</i>		<i>Costo x E. S.</i>		
		2%	\$76.12		\$1.52		
Sub Total Herr. y equipo de seguridad.							\$3.81
Costo Directo Total							\$512.28



FACULTAD DE INGENIERÍA

Antes de adentrarnos en las comparativas de costos de cada sistema, cabe añadir que los sistemas de conexiones (muro divisorio a elementos estructurales) y sellado de juntas tanto para el sistema de muro de block ultraligero Machihembrado (Industrial Bloquera Mexicana) y el que recomienda Novaceramic para su sistema de Megabrick se han analizado por aparte. Sin embargo, cabe hacer la mención que estas tablas son ejemplificativa ya que el costo de los refuerzos estructurales dependerá de cada proyecto estructural.

A continuación, se muestra la tarjeta correspondiente al refuerzo para los muros divisorios a base de block hueco ultraligero machihembrado.

Refuerzo del muro por medio de una varilla de 3/8” a cada 1.5 m ahogada en mortero para relleno y traslapada con una sección de varilla de 3/8” de 40 cm de longitud anclada a la losa. Sellado de juntas con espuma expansiva de poliuretano. incluye: materiales, cortes, desperdicios, fijación, y todo lo necesario para su correcta ejecución.

Descripción	unidad	costos	cantidad	importe
1 varilla del #3	kg	\$23.00	0.90	\$20.61
Mortero industrializado PEGABLOCK para relleno de alveolos	kg	\$2.58	14.44	\$37.26
Anclaje químico estructural Hilti de 500ml	pza	\$1,805.00	0.001	\$2.53
Espuma expansiva de poliuretano en aerosol de 500ml	pza	\$122.30	0.14	\$17.12
Total				\$77.51

Finalmente, en la siguiente tarjeta se muestra el refuerzo recomendado para el muro divisorio a base de tabiques de barro extruido “Megabrick”.

Refuerzo del muro por medio de castillos con una varilla de 3/8” a cada 1.5 m anclada a la losa, fijación del muro por medio de ángulos de acero de 2" x 2" x 5cm anclados a la losa a cada 100 cm. Sellado de juntas con espuma expansiva de poliuretano. incluye: materiales, cortes, desperdicios, fijación, y todo lo necesario para su correcta ejecución.

Descripción	unidad	costos	cantidad	importe
Angulo lados iguales 2"	m	\$195.46	0.10	\$19.55
Clavo P/Concreto 1 1/2" Galvanizado	kg	\$69.00	0.00	\$0.00
1 varilla del #3	kg	\$23.00	0.67	\$15.46
Mortero industrializado PEGABLOCK para relleno de alveolos	kg	\$2.58	14.44	\$37.26
Anclaje químico estructural Hilti de 500ml	pza	\$1,805.00	0.001	\$2.53
Espuma expansiva de poliuretano en aerosol de 500ml	pza	\$122.30	0.14	\$17.12
Total				\$91.91



Con base a las matrices de precio unitario anteriormente mostradas, en la tabla 14 se concentran los costos de ejecución de cada sistema de muro respectivamente de una manera más resumida.

Tabla 14.- Costos de elaboración de muros.

Sistema del muro	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
Materiales	\$117.06	\$432.36	\$216.55	\$86.62
Mano de obra	\$51.30	\$76.12	\$60.89	\$102.59
Equipo y herramienta, andamios y seguridad	\$2.56	\$3.81	\$3.04	\$5.13
Costo Directo por m²	\$170.92	\$512.28	\$280.48	\$194.34

Para comenzar con el análisis del costo directo de cada sistema, iniciaremos comparando los precios de los materiales, donde se aprecia que el sistema con menor costo de materiales por metro cuadrado corresponde al sistema Megabrick, ya que al ser una pieza de gran formato y tener un precio relativamente pequeño era de esperarse que esta fuera la que menor costo en materiales tendría. A modo de contraste, nos podemos dar cuenta que el sistema que se despega por encima de los demás es el a base de bloques de concreto celular, esto se debe al costo elevado de sus materiales y más específicamente al costo de la pieza de block ya que al ser un sistema con un material diferente al convencional su costo se eleva.

Otro punto a resaltar es que de los sistemas analizados es la mano de obra, si bien en cuestiones de materiales el sistema de muro divisorio Megabrick resultaba ser el más económico, aquí cambia drásticamente convirtiéndose en el sistema con el costo de mano de obra por metro cuadrado más alto de los cuatro sistemas analizados, esto es debido principalmente al poco rendimiento que se puede llegar a tener en obra en este sistema. Por otro lado, el mismo análisis nos deja ver que el sistema con la mano de obra más económica por metro cuadrado corresponde al machihembrado de IBM y esto nuevamente se debe al rendimiento de la mano de obra que como vimos en las comparativas de la tabla 11 este sistema es el que posee el mayor rendimiento en obra. Cabe hacer mención, que estos



precios pueden variar significativamente con un mejor rendimiento por parte de la mano de obra y esto dependerá de diversos factores en campo lo que puede jugar a favor o en contra de la buena productividad.

Así mismo, en la tabla 15 se resumen los costos de refuerzo, conexiones y sellado de juntas de cada sistema analizado. Cabe mencionar que para los muros de paneles de yeso y de concreto celular aireado para esta tabla solo se toma en cuenta el costo de sellado de juntas ya que estos sistemas de muro en particular, tienen su proceso constructivo más específico por parte del fabricante, es decir, el fabricante hace mención de los complementos necesarios para una correcta ejecución y por lo general no requieren un aditamento más allá de los recomendados como lo puede ser para refuerzo a menos que el proyecto así lo requiera.

Tabla 15.- Refuerzo, conexiones y sellado de muros.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
<i>Conexiones y sellado</i>	\$77.51	\$17.12	\$17.12	\$91.91

Otro rubro que hay que tomar en cuenta son los costos de entrega de material, así como también los costos de maniobra dentro de la obra. En la tabla 16 se muestran dichos costos los cuales cabe aclarar que los acarrees, elevaciones y fletes no consideran los bultos de pegado adhesivo y materiales extras como tornillerías, cintas, etc. Además, que los precios de maniobra están considerados dentro de la Ciudad de México.

Tabla 16.- Entrega.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
<i>Acarreos</i>	46.6 \$/m ²	46.6 \$/m ²	22.3 \$/m ²	46.6 \$/m ²
<i>Elevaciones</i>	6.02 \$/m ²	3.86 \$/m ²	0.93 \$/m ²	6.46 \$/m ²
<i>Flete</i>	32.5 \$/m ²	20.31 \$/m ²	16.63 \$/m ²	14.88 \$/m ²
<i>Total</i>	\$85.12	\$70.77	\$39.86	\$67.94



Finalmente, en la tabla 17 se muestra el total de los costos de elaboración de cada sistema de muro divisorios analizados en este trabajo, donde es necesario hacer las siguientes aclaraciones, los costos de insumos son ilustrativos, pueden variar dependiendo de las condiciones del mercado, así mismo, los rendimientos de mano de obra pueden variar dependiendo de las condiciones del lugar como clima, altitud, etc., condiciones de trabajo y especialización de los empleados, el costo directo por m² es sin acabados y este puede variar según lo establecido en proyecto ejecutivo y por último la información brindada tiene el fin de comparativa entre diversos sistemas de muros divisorios, enfocándose en los datos técnico comerciales que deben poseer los vendedores.

Tabla 17.- Comparativa de costos entre los diferentes sistemas de muro divisorio.

<i>Sistema del muro</i>	<i>Block machihembrado ultraligero</i>	<i>Practimuro (concreto celular)</i>	<i>Paneles de yeso</i>	<i>Muro de tabique de barro extruido (Megabrick)</i>
Total	\$333.55	\$600.17	\$337.46	\$354.19

Como se puede observar en la tabla anterior, el sistema de muro divisorio “Practimuro” de concreto celular es el que representa un mayor costo a comparación de los demás, estando por encima hasta un 40% más caro que los otros sistemas analizados. El sistema a base de block ultra ligero machihembrado es que tiene el precio más bajo por metro cuadrado de construcción, solamente \$3.91 por debajo del sistema de muro de paneles de yeso. Este análisis de costo es parte complementaria de la comparativa entre características generales de cada sistema, al final, dependiendo de las necesidades del proyecto será la que determinará la toma de decisión en cuanto a que material emplear, ya que son muchos factores a tomar en cuenta. Por lo pronto, en lo que a este capítulo refiere, si la elección de un sistema puramente tratándose del costo, como se dejó ver en la tabla 17 el muro a base de Block machihembrado es la mejor opción en cuanto calidad y precio.

CAPÍTULO 6.- EJEMPLO DE MURO DIVISORIO CONSTRUIDO CON SISTEMA DE BLOCK ULTRALIGERO MACHIHEMRADO.

Se pretende ejemplificar lo que sería la construcción y recomendaciones de un muro a base de bloques machihembrados de 10x20x40 cm. En la siguiente figura se muestra un esquema del muro en cuestión.

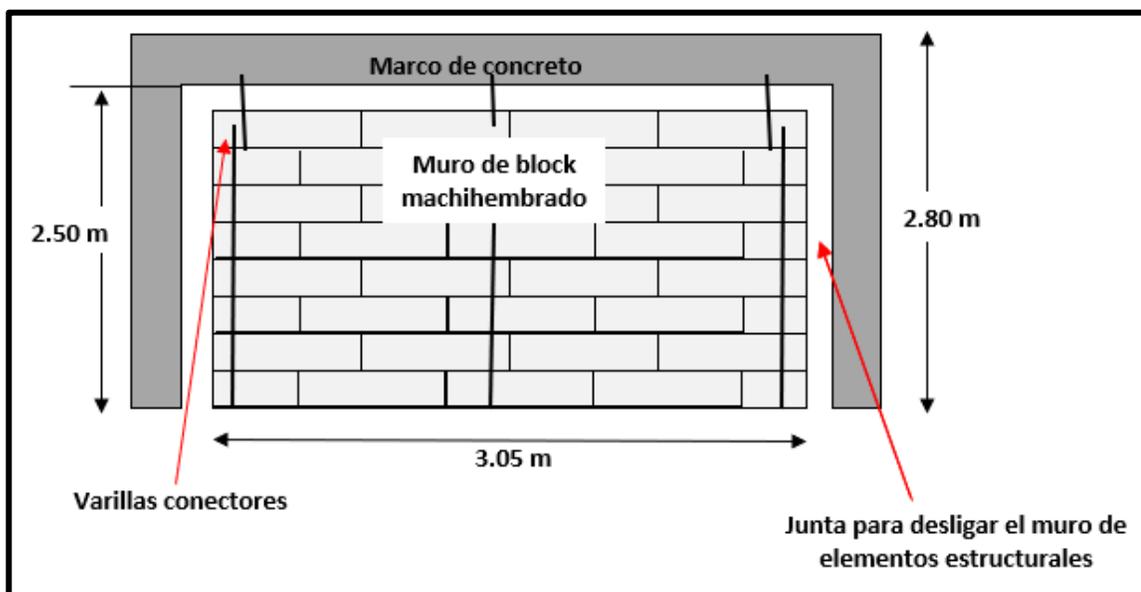


Figura 117. Esquema del muro de ejemplo.

Lo que concierne al muro, se desplantara junto a tres varillas de 3/8" a aproximadamente 1.5 m de distancia entre sí, estas serán traslapadas con varillas del mismo diámetro ancladas por la parte superior (figura 118) en un elemento estructural (losa o trabe), dichas varillas tendrán una longitud de 50 cm la cual se tratara de anclar con resina epóxica a una profundidad variable, es decir, dependerá del espesor de la losa o trabe donde se ancle. Las varillas que vienen desde la base sirven para dar de cierto modo soporte al muro, para que este no se voltee ya que de pasar esto sería muy peligroso. Este traslape entre las varillas que viene desde la base con la que se ancla en la parte superior servirá como medio de conexión entre el muro y el elemento estructural.

FACULTAD DE INGENIERÍA



Figura 118. Anclaje de conexión.

Un punto importante a mencionar, que para que tanto los elementos estructurales como el muro trabajen de forma separada sin afectarse uno del otro hay que desligarlo, dejando un espacio como junta sísmica entre el muro y los elementos estructurales, dicho espacio debe tener una dimensión suficiente para que los elementos estructurales puedan vibrar libremente durante un sismo o cualquier agente que haga que estos tengan un movimiento. Este espacio dependerá de la naturaleza de la estructura en sí, teniendo en cuenta factores como la zona sísmica y los materiales. La medida final del espacio la dictara el cálculo estructural. Las Normas Técnicas Complementarias para el diseño de estructuras de Mampostería indican las siguientes fórmulas para determinar dicha holgura en elementos no estructurales.

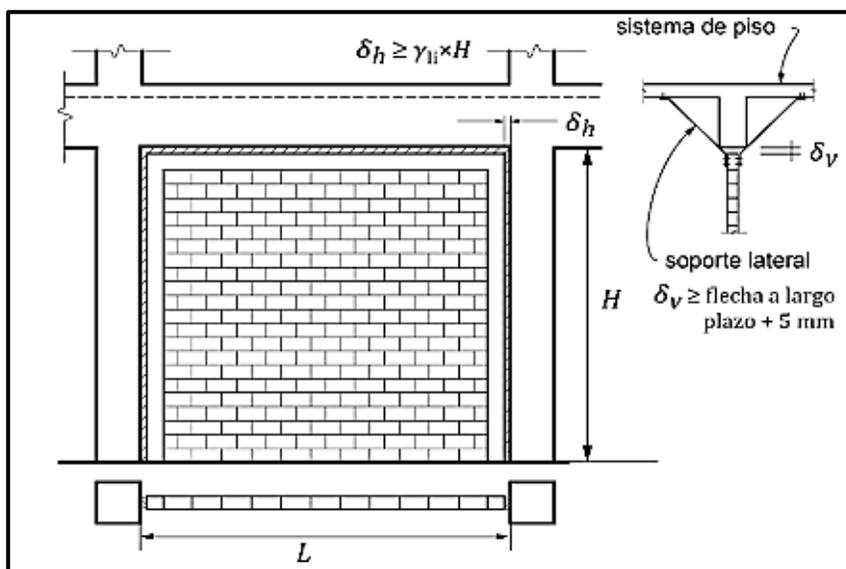


Figura 119. Cálculo de holguras. Fuente: NTC2017



Así mismo, las Normas Técnicas Complementarias para el diseño por sismo nos arroja las siguientes tablas para el caso de análisis donde la edificación este construida a base de marcos de concreto o bien de acero, respectivamente. Dichas tablas están en relación a la ductilidad y la Q de la estructura, mostrando valores máximos.

Tabla 4.2.1 Factores de comportamiento sísmico y distorsiones límite para estructuras de concreto ⁽¹⁾

Estructuración	Ductilidad	Condición	Q	γ_{max}
Marcos	Alta	----	4.0	0.030
	Media	----	3.0	0.020
	Baja	----	2.0	0.015

Tabla 4.2.2 Factores de comportamiento sísmico y distorsiones límite para estructuras de acero y compuestas ⁽¹⁾

Estructuración	Ductilidad	Condición	Q	γ_{max}
Marcos	Alta	----	4.0	0.030
	Media	----	3.0	0.020
	Baja	----	2.0	0.015
	Media	Vigas de alma abierta (armaduras) de ductilidad alta	3.0	0.020
	Baja	Vigas de alma abierta (armaduras) de ductilidad baja	2.0	0.015
	Baja	Conexiones semirrígidas	2.0	0.015

A continuación, se muestran dos tablas donde con base a los datos dados, proporcionados por las NTC de sismo se procede a realizar las operaciones correspondientes para obtener las holguras laterales para los distintos casos que se presentan en dicha tabla.

Tabla 18.- Holguras laterales para sistemas con marcos de concreto.

Ductilidad	Q	Y_{max}	H (cm)	Holgura (cm)
Alta	4	0.030	250	7.5
Media	3	0.020	250	5
Baja	2	0.015	250	3.75

Tabla 19.- Holguras laterales para sistemas con marcos de acero.

Ductilidad	Q	Y_{max}	H (cm)	Holgura (cm)
Alta	4	0.030	250	7.5
Media	3	0.020	250	5
Baja	2	0.015	250	3.75
Sistema a base de marcos de vigas de alma abierta (armaduras)				
Media	3	0.020	250	5
Baja	2	0.015	250	3.75



Aquí, es necesario mencionar que los valores máximos de holguras obtenidos para cada caso, son relativamente grandes, es decir, los elementos estructurales bajo las solicitaciones dadas trabajaran de una manera adecuada, sin embargo, al desplantar un elemento no estructural como lo es un muro divisorio y tratando de desligarlo de los marcos, se tendría una holgura un tanto grande que salvar, lo cual involucra un mayor costo en lo concerniente al sellado de las juntas, es decir, al tener una holgura grande se necesitara una cantidad mayor de producto sellador lo que encarecerá dicho muro por lo que al final resulta poco factible y es por esa razón que muchas veces se termina despreciando este tipo de alternativas y se termina dejando prácticamente fijo el muro a la estructura principal, teniendo como consecuencia que ambos elementos no trabajen de la manera adecuada para la cual fueron diseñadas. Por lo que es conveniente tener estructuras rígidas, que limiten sus desplazamientos laterales durante terremotos, dando como resultado de cierta forma, tener una holgura menor que salvar haciendo el proceso de sellado de junta más económico y así mismo reducir daños, tanto en los elementos no estructurales, como en los estructurales. Una junta la cual se considera económicamente factible es una que no mida más de 2 cm, por lo que a modo de recomendación se debe considerar en el cálculo estructural que las distorsiones de entrepiso no excedan valores que como resultado den holguras mayores a 2 cm.

Retomando el ejemplo y con base a lo anterior, una distorsión adecuada para obtener holguras menores a 2 cm serian de un valor de $Y_{max}=0.009$, lo que dará como resultado una junta económicamente factible. Obteniendo dicho dato, se procederá a desplantar el muro considerando el espacio idóneo entre el muro y el marco de concreto para que trabaje bien la estructura.

En el caso de la holgura en la parte superior del muro, de acuerdo a las NTC para el diseño de estructuras de mampostería, esta dependerá de la flecha calculada en la estructura para las solicitudes sísmicas en esa zona.

Es espacio no se dejará al aire libre, se llenará con algún material flexible como lo son las placas de poliestireno expandido (figura 120). Posteriormente, se debe sellar la junta, esto para evitar que agentes exteriores como polvo, humedad o cualquier contaminante y así evitar daños en la junta. El material sellador debe ser resistente a los agentes externos y del medio ambiente para proporcionar una adecuada seguridad a la junta por lo que se opta el uso de poliuretano, el cual se aplica alrededor del muro (figura 121) para de este modo asegurar una hermeticidad en la junta ante cualquier agente externo.



Figura 120. Placa de poliestireno expandido en junta.



Figura 121. Sellado de juntas con poliuretano.

Para concluir el ejemplo se presentan unas tablas para realizar una comparativa económica entre los sistemas analizados en este trabajo para un muro con las especificaciones de este ejemplo y de ese modo poder denotar cual es la opción más económica, los costos son en base a los análisis de PU antes realizados en la comparativa de costos de este mismo trabajo.

El primero a mostrar es el análisis de costos para el sistema de muro divisorio con block ultraligero machihembrado.

Muro de 3.05 x 2.50 m de espesor 10 cm, fabricado con block machimbrado ultraligero 10x20x40, asentado únicamente en junteo horizontal con mortero PEGABLOCK a 10 mm, anclado con 1 var 3/8 @ 150 cm, acabado aparente. Incluye mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.

Descripción	unidad	costos	cantidad	importe
Bloque de concreto divisorio ultraligero marca IBM	pza	\$7.67	95.31	\$731.05
Mortero de pega tipo I PEGAMURO marca STONCRETE	lt	\$3.31	48.8	\$161.53
1 varilla del #3	kg	\$23.00	5.04	\$115.92
Mortero industrializado PEGABLOCK para relleno de alveolos	kg	\$2.58	95.81	\$247.19
Anclaje químico estructural Hilti de 500ml	pza	\$1,805.00	0.011	\$19.27
Espuma expansiva de poliuretano en aerosol de 500ml	pza	\$122.30	1.07	\$130.56
CUADRILLA No 1 (1 ALBAÑIL+1 AYUDANTE)	Jor	\$1,538.86	0.25	\$391.13
HERRAMIENTA MENOR Y ANDAMIOS	%	\$140.06	0.05	\$7.00

Total= \$1,803.64



FACULTAD DE INGENIERÍA

A continuación, se muestra el análisis para el sistema de muro divisorio con tabique extruido Megabrick.

Muro de 3.05 x 2.50 m de 8 cm de espesor, fabricado con tabique extruido Megabrick 8x20x50 vertical, asentado con mortero centeno arena en proporción de 1:5, anclado con 1 var 3/8 @ 150cm, acabado aparente. Incluye mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución.

Descripción	unidad	costos	cantidad	importe
Megabrick (50x20x8) h. Vertical	pza	\$7.61	70.91	\$539.64
Agua de toma para saturado de las piezas	m3	\$28.61	0.061	\$1.75
Mortero de pega CEMEX OPTIMO	lt	\$2.31	51.55	\$119.07
Angulo lados iguales 2"	m	\$195.46	0.40	\$78.18
Clavo P/Concreto 1 1/2" Galvanizado	kg	\$69.00	0.06	\$3.90
1 varilla del #3	kg	\$23.00	5.04	\$115.92
Mortero industrializado PEGABLOCK para relleno de alveolos	kg	\$2.58	95.81	\$247.18
Anclaje químico estructural Hilti de 500ml	pza	\$1,805.00	0.011	\$19.27
Espuma expansiva de poliuretano en aerosol de 500ml	pza	\$122.30	1.07	\$130.56
CUADRILLA No 1 (1 ALBAÑIL+1 AYUDANTE)	Jor	\$1,538.86	0.51	\$782.25
HERRAMIENTA MENOR Y ANDAMIOS	%	\$140.06	0.05	\$7.00

Total= \$2,044.72

En la siguiente tabla se presenta el análisis para el sistema de muro divisorio con paneles de yeso.

Muro de 3.05 x 2.50 m de 11.8 cm de espesor, compuesto por 2 paneles de yeso tipo estándar de 13 mm. de espesor, bastidor armado a base canales y postes de lámina galvanizada cal. 26 de 9.2 cm. de ancho, a cada 0.61 m. de separación, incluye: materiales, acarros, elevaciones, cortes, desperdicios, fijación, pasta y cinta de refuerzo de acuerdo al tipo de panel, mano de obra, equipo y herramienta.

Descripción	unidad	costos	cantidad	importe
Panel de yeso estándar de 13 mm hoja de 1.22 x 2.44 m	pza	\$131.30	5.12	\$672.78
Canal galvanizado cal 26, ancho de 9.2 x 3.05m	pza	\$83.00	2.30	\$190.50
Poste galvanizado cal 26, ancho de 9.2 x 2.44m	pza	\$85.70	6.88	\$589.42
Pija	pza	\$0.30	16.94	\$5.08
Taquete plástico de 1/4	pza	\$0.23	16.94	\$3.90
Tornillo cabeza plana de 8x1/2	mil	\$320.00	0.02	\$7.32
Tornillo auto roscable de 2.5 cm 6 x 1	mil	\$250.00	0.35	\$87.69
Cinta cubre juntas de papel 5x75 m.	m	\$70.00	0.24	\$16.55
Pasta panel ligera de 21.80 kg	lt	\$227.10	0.34	\$77.92
CUADRILLA No 2 (1 COLOCADOR+1 AYUDANTE)	Jor	\$1,522.31	0.31	\$464.31
HERRAMIENTA MENOR Y ANDAMIOS	%	\$140.06	0.2	\$28.01

Total= \$2,143.47



Es importante hacer mención que para este sistema si se busca un mayor aislamiento acústico se recomienda añadir una colchoneta de fibra de vidrio, de ser así, si se contempla una colchoneta de 2 ½” de espesor esta tendría un costo de \$118.26 pesos por metro cuadrado lo que para el ejemplo planteado a base de paneles de yeso se incrementaría el precio a \$3086.95 lo que es un incremento considerable y por la misma razón que en muchas ocasiones se omite este aditamento.

Finalmente se muestra el análisis para el sistema de muro divisorio a base de block ligero aireado.

Muro de 3.05 x 2.50 m de 10 cm de espesor, compuesto por bloques de concreto celular de 60x40x10 cm, con mortero de pega especial, y con elementos para dilatación según proyecto específico, incluye: materiales, acarreos, elevaciones, cortes, desperdicios, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.

Descripción	unidad	costos	cantidad	importe
Bloque de concreto celular 60x40x10 cm	pza	\$56.35	31.80	\$1,791.72
Mortero nivelación p/horm celular	lt	\$36.12	7.63	\$275.42
Pletina metálica p/horm celular 30x3x0.3	pza	\$18.10	22.88	\$414.04
Clavo disparo sdm 3.7x25 galv. mec 10uni	pza	\$0.77	16.94	\$13.05
Adhesivo estructural 25 kg horm. Celular	lt	\$40.95	16.94	\$693.81
Malla de fibra de vidrio	pza	\$10.10	7.63	\$77.01
Resanador para muro de concreto celular	kg	\$3.64	7.63	\$27.76
Cartucho k.6.8/11 m rojo (cal 27) 100uni	pza	\$172.50	0.02	\$3.95
CUADRILLA No 2 (1 COLOCADOR+1 AYUDANTE)	Jor	\$1,522.31	0.31	\$464.31
HERRAMIENTA MENOR Y ANDAMIOS	%	\$140.06	0.05	\$7.00

Total= \$3,768.05

Como se vio en el capítulo donde se realizó la comparativa de costos por metro cuadrado de muro divisorio de cada sistema y a su vez se deja ver aquí también, que es evidente que el sistema más económico es el propuesto a base de block ultraligero machihembrado, estando por debajo en costos de la competencia, y si se pone atención en las características del sistema en general, su calidad es tan buena e incluso supera algunas características de la competencia dejando claro que el este sistema puede ser la mejor opción en relación costo calidad en el mercado.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Finalmente, en cuanto todo lo abordado anteriormente dentro de esta investigación se pueden manifestar las siguientes conclusiones, las cuales engloban diferentes puntos tratados en la investigación, que van desde un punto de vista estructural, constructivo y una parte importante que es la económica, tratando de aterrizar y complementar dichos puntos con sugerencias o bien recomendaciones que puedan conducir a mejores resultados.

Desde un punto de vista de seguridad estructural, es conveniente tener estructuras un tanto rígidas, que limiten sus desplazamientos laterales durante terremotos, y así reducir daños, tanto en los elementos estructurales como en los no estructurales los cuales son los que en este trabajo estamos analizando. Ya que hay que tener en cuenta que estos al no construirse con la debida responsabilidad y con un buen sistema constructivo cuidando los aspectos fundamentales que se analizaron en este trabajo, ya que la combinación de todos estos factores anteriormente mencionados ante la presencia de un terremoto, podrían conducir a daños muy graves en muros divisorios cuya reparación podría ser excesivamente costosa o bien, al colapsos de estos muros, con las posibles afectaciones a la seguridad de los residentes del edificio, o incluso con pérdidas de vidas humanas.

A modo de recomendación se podría comentar la conveniencia de emplear estructuras rígidas, ya sea para terrenos blandos como lo pueden ser también terrenos duros. Así mismo, evitar en lo mayor posibles estructuras irregulares en zonas sísmicas, como lo pueden ser estructuras con planta baja débil, con el propósito de reducir los grandes desplazamientos laterales que se puedan presentar en el primer entrepiso durante la eventualidad de terremotos.

También, es importante mencionar que desde un punto de vista económico se sugiere que las distorsiones máximas que se presenten en los entrepisos de un edificio para el diseño por sismo no provoquen holguras en los elementos estructurales mayores a 2 cm, para obtener juntas (muro divisorio – elemento principal) económicamente factibles de realizar.

Adentrándonos un poco en los sistemas analizados, se debe dejar en claro que no hay sistema deficiente sino más bien puede existir deficiencia en los procesos constructivos, por lo que se debe tener una adecuada supervisión para que se ejecuten de la manera más precisa los trabajos y se debe contar con personal capacitado para de este modo obtener mayores y mejores resultados.



Se debe dejar en claro que lo que se busca como fin primordial es calidad bajo un buen costo, es decir, que el costo beneficio de utilizar uno de estos sistemas sea factible y genere el menor número de pérdidas. De acuerdo a cada proyecto en particular, surgirán las necesidades a satisfacer, es por eso que en esta investigación se ponen sobre la mesa las características principales de cada sistema a manera de compararlas entre sí. Un punto a tener en cuenta, en lo que a muros divisorios concierne, es la necesidad de lograr un área aislada de las demás, es decir un sitio el cual independientemente el fin para el cual valla ser utilizada pueda tener su propia privacidad, dejando como punto principal el aislamiento acústico, donde es evidente la carencia en este punto del sistema con paneles de yeso, ya que por sí solas no es posible aislar el sonido en demasía a diferencia de los otros sistemas analizados, lo cual, para lograr una mejor barrera ante el sonido es necesario la implementación de un aditamento extra el cual es una colchoneta de fibra de vidrio que va dentro del muro, sin embargo, esta elevara el costo del muro por lo que como resultado muchas veces se termina por omitir.

Otro punto analizado en el trabajo y que se debe mencionar son las conexiones, si se trata de desligar el muro, el sistema a base de concreto celular tiene su método propio que es prácticamente parte de sistema en general, por parte de muros de mampostería convencional como son los blocks de cemento y tabiques extruidos, ambas presentan soluciones prácticas, económicas y eficaces, las cuales surgieron producto de la experiencia y cumplen con lo requerido en cuanto conectar el muro a la estructura principal sin necesidad de infringir en el trabajo de dichos elementos importantes. Sin embargo, por parte de los muros de paneles de yeso, por la naturaleza de su proceso constructivo no se es posible desligar los muros de estructuras principales como lo pueden ser travesaños o columnas, ya que es necesario anclar y fijar los paneles a dichos elementos por medio de canales, esto puede traer como consecuencia que dichos muros sean más susceptibles a fallos durante la eventualidad de un sismo.

Como último punto, es importante hacer mención del aspecto económico que como se dijo al principio es un punto importante a la hora de elegir qué sistema se utilizara para algún proyecto. Con base en las comparativas de costos realizados a lo largo de este trabajo de investigación y aclarando que los análisis de los sistemas fueron solamente de la construcción de los muros, es decir, sin acabados. Ahora bien, es importante hacer alusión que de los sistemas analizados el que mayor costo representa por metro cuadrado es el construido de piezas de concreto celular, si bien



es un sistema novedoso y puede traer diversos beneficios en obra como lo puede ser menores desperdicios (ya que toda pedacearía es reutilizable) habrá que considerar el costo y determinando si los beneficios que se le puedan sacar provecho pueden ser cubiertos dentro del presupuesto de la obra. Por otra parte, uno de los sistemas que resulto ser económico fue el de muros a base de paneles de yeso, sin embargo, como se mencionó anteriormente este carece de algunos factores que al final termina encareciéndolo ya que será necesario de aditamentos para mejorar sus características (aislar sonido, resistencia al fuego, resistencia a la humedad, etc.) dejándolo en desventaja ante la competencia ya que surge la disyuntiva de invertir más dinero para satisfacer mayores necesidades (desventaja económica) o bien, optar por conservar un precio económico (competitivo) pero corriendo el riesgo de no satisfacer todas las necesidades buscadas en el proyecto.

Finalmente, tenemos las dos opciones de muros divisorios a base de mampuestos, prácticamente son las opciones de mampostería convencional donde por un lado tenemos el tabique extruido y por el otro el block hueco machihembrado. De estos dos materiales, el block hueco forma parte prácticamente de un sistema tan convencional que no se necesita un personal especializado, ya que como se dijo anteriormente, este es un material que se ha trabajado por muchos años y no exige un sistema constructivo tan específico y el material ya es conocido por la mano de obra lo cual facilita su maniobra. Por otra parte, si se debe elegir entre estos sistemas de muro divisorio y si partimos desde una perspectiva económica, el más factible será el muro a base de block hueco machimbrado ya que resulto ser uno de los sistemas más económicos entre los todos los analizados de este trabajo, además que el sistema machihembrado ahorra tiempo de ejecución ya que maneja los mejores rendimientos en obra, así como también los menores desperdicios y es un sistema constructivo con buena limpieza en obra, además de generar un ahorro en cuanto al material de pega ya que no usa juntas verticales. Este sistema presenta muy buena resistencia al fuego y aislamiento acústico por sí solo, es decir, sin aplanados, con aplanados sus beneficios en estos puntos se pueden incrementar. También hay que mencionar que las piezas son fabricadas con estrictos estándares de calidad y debidamente fabricado de acuerdo a las normas concernientes, además de tener un precio por pieza económico y competente en el mercado. Por las razones anteriormente expuestas el sistema de muro divisorio de block hueco machihembrado presenta ser la mejor opción costo beneficio de los sistemas de muro divisorio comparados en este trabajo.



REFERENCIAS

- Bloqueras.org. (2021). *Todo sobre bloques de concreto*. Obtenido de Historia de los bloques de hormigon: https://bloqueras.org/bloques-concreto/#google_vignette
- Brachmann, S. (23 de Mayo de 2017). *IPWattdog*. Obtenido de <https://www.ipwatchdog.com/2017/05/23/drywall-augustine-sacketts-gypsum-board-construction/id=83491/>
- Buelvas Escobar, J. (2004). *Estudio analítico y experimental de alternativas para muros no estructurales de mampostería a la luz de NRS - 98*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Cervantes Abarca, A. (2008). *Nuevas Tecnologías en Concreto*. Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño.
- Cortes Portillo, O. (2008). *Análisis térmico de los sistemas constructivos comunes utilizados en techos y muros en vivienda versus la normativa oficial en el tema, en los diversos bioclimas de México*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.
- Ctres. (2020). *C3 Soluciones en Concreto*. Obtenido de <https://www.ctres.mx/blog/tipos-de-juntas-y-productos-para-repararlas/>
- E.T.S.A. (2000). *Introducción a la Construcción Arquitectónica*. Sevilla.
- Elizondo Fócil, A. (2006). *Caracterización del concreto celular elaborado con espuma reforzada*. Monterrey, N.L.: Tecnológico de Monterrey.
- Furst, D., Griggs, T., & Petersen, M. (24 de Septiembre de 2017). *The New York Times*. Obtenido de <https://www.nytimes.com/interactive/2017/09/24/universal/es/es-mexico-city-earthquake-surveying-destruction-damage.html?mtrref=www.google.com&assetType=REGIWALL&mtrref=www.nytimes.com&assetType=REGIWALL>
- Gallegos, H., & Ramirez de Alba, O. (2003). Las estructuras de mampostería. En *Edificaciones de mampostería para vivienda* (págs. 3 - 25). México: Fundación ICA.



- Hebel. (2019). *Manual: Block Hebel Practimuro para muros interiores*. Mexico: Hebel Sistemas Constructivos.
- INIFED. (2013). Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. En *Volumen 6. Edificaciones. TOMO V. Muros*.
- Martinez Gutierrez, J. C. (2008). *Muros Divisorios*. Mexico: Universidad Autónoma de México.
- Mejia C., L. G. (s.f.). *Análisis y diseño sísmoresistente de elementos de fachadas o muros interiores en mampostería o Drywall de acuerdo con el reglamento Colombiano NSR-10*. Colombia.
- Montes Ibarra, O. (2002). *Sistema de innovación constructiva en muros de Ciudad Juárez*. Ciudad Juárez: Instituto Tecnológico de la Construcción.
- Moreno Nuñez, M. (2011). *Utilización del Hormigón celular en la transformación de Sede social a jardín infantil*. Chile: Universidad de Magallanes.
- NMX-C-441-0NNCE. (2013). *Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural*. Mexico: ONNCCE.
- Normas Técnicas Complementarias. (2017). En L. Arnal Simón, & M. Betancourt Suárez, *Reglamento de construcciones para el Distrito Federal* (págs. 671-759). Mexico: Trillas.
- Paiva, J. (14 de Junio de 2009). *Blogger.com*. Obtenido de <http://hormigoncelular-utal.blogspot.com/2009/06/historia.html>
- Perez Gomez, J. A. (2018). *Nuevos requisitos para muros confinados y reforzados interiormente*. Mexico: SMIE.
- Publica., M. d. (2015). *Guía para el diseño y la construcción estructural y no estructural de establecimientos de salud*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Pujol, S., & Rodríguez, M. (2019). Evaluación del comportamiento de muros no estructurales en edificios de la Ciudad de México en el terremoto del 19 de septiembre de 2017. *Revista de ingeniería sísmica No. 101*, 53-66.
- Rodríguez, M. (2019). Interpretación de los daños y colapsos en edificaciones observados en la Ciudad de México en el terremoto del 19 de septiembre 2017. *Revista de Ingeniería Sísmica No. 101*, 1-18.



Sánchez Pérez , R. G. (s.f.). *Muros divisorios*. Ciudad de Mexico: Universidad Autonoma de México.

Serna Ramirez, A. (2018). *Manual para la instalcion de fachadas de alto desempeñõ a base de placas de yeso Knaus*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.

Silva, O. J. (Febrero de 2020). ARGOS. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/elementos-no-estructurales-edificaciones-ante-sismo>

Tapia Hernandez, E., & Garcia Carrera, J. S. (2019). Comportamiento de estructuras de acero durante los sismos de septiembre de 2017. *Revista de Ingenieria Sismica No. 101*, 36-52.

Treviño Treviño, E. L. (2019). Capitulo 1. Introduccion. En S. M. Estructural, *Edificaciones de Mamposteria* (págs. 19-54). Ciudad de Mexico: LIMUSA.