Sistema modular de piezas de mampostería en plástico poliestireno unidas mecánicamente.

Julián Camilo Vargas García

Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Opciones de énfasis
Bogotá, Colombia
2015

Sistema modular de piezas de mampostería en plástico poliestireno unidas mecánicamente

Julián Camilo Vargas García

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
ARQUITECTO

Director:
Arq. Fabián Alonso Sarmiento

Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Programa Arquitectura
Bogotá, Colombia
4 de diciembre de 2015

Resumen

La exigencia del mercado de la construcción y por otra parte la de usuarios de estratos menores por fabricar nuevos materiales sumado a la incógnita del que hacer con los plásticos desechables ya usados, se ve fusionada en la idea de un proyecto de diseño y fabricación de piezas de mampostería hechas con materiales plásticos reciclados, más exactamente los pertenecientes a la familia de los poliestirenos (cucharas, tenedores y platos desechables) es así como se pretende ofrecer una alternativa paralela a la tradicional de arcilla cocida, además de resistente y económica para los usuarios de (VIS) y (VIP) los cuales demandan materiales asequibles y de larga duración, esto es posible lograrlo mediante la técnica de extrusión y posterior moldeo del plástico, luego de este proceso el material adoptara forma de piezas de mampostería las cuales serán unidas mediante un sistema mecánico de perno ajustado a presión posteriormente las piezas y el sistema de unión serán utilizados en la construcción.

Palabras Clave: Plástico, poliestireno, moldear, mampostería, ladrillo, perno

Abstract

The demand of the construction market and partly the lower strata of users by making new materials added to the mystery of what to do with the used and disposable plastics, is merged in the idea of a project to design and manufacture parts masonry made from recycled plastics, more specifically those belonging to the family of polystyrene (spoons, forks and paper plates) so as aims to offer a traditional parallel alternative of baked clay, plus durable and economical for users of (VIS) and (VIP) which demand affordable and durable materials, it is possible to achieve by the technique of extrusion and subsequent molding of plastic, after this process the material take the form of pieces of masonry which will be joined by a mechanical system subsequently press fit pin parts and the connection system will be used in the construction.

Keywords: Plastic, polystyrene, shape, masonry, brick, pin

Tabla de contenido

Resumen V
Abstract VI
Lista de Tablas 9
Lista de Figuras 10
Introducción 12
Antecedentes 14
Formulación 16
Justificación 17
Hipótesis 19
Objetivo General 20
Objetivos Específicos 20
Marco Referencial 21
Teórico 21
Conceptual 22
Legal 23
Contextual 24
Diseño Metodológico 25
Capítulos 27
1. Poliestireno 27
2. Reciclaje mecánico 29
3. Moldeo por extrusión 30
4. Proceso de Elaboración de Piezas de Mampostería en Plástico Poliestireno 31
5. Sistema de unión mecánica 40
6. Ensamble de muretes por unión mecánica "*a un tercio de soga"* 41
7. Pruebas 43
Pruebas a unidades de piezas de mampostería en plástico polietileno 43
Resistencia a compresión 43
Ensayo de flexión 44
Absorción de agua 46
Tasa inicial de absorción 46
Ensayo al fuego 47

Pruebas de resistencia a muertes de piezas de mampostería en plástico poliestireno 48
Prueba de deformación 48
Prueba de flexión 50
8. Análisis de costos 51
Conclusiones 52
Prueba resistencia a compresión 52
Prueba de flexión 53
Prueba de absorción 53
Prueba de tasa inicial de absorción 53
Ensayo al fuego 54
Prueba de deformación a muretes 54
Prueba de flexión a muretes 54

Lista de Tablas

Tabla N°	Nombre de la tabla	Pagina
1	Investigaciones o tesis relacionadas con el mismo tema	14
2	Normas técnicas colombianas	23
3	Características generales del poliestireno	28
4	Resultados de prueba de compresión por unidad	43
5	Resultados de prueba de flexión por unidad	44
6	Resultados de prueba de absorción por unidad	46
7	Resultados de prueba de T.I.A. por unidad	46
8	Resultados de prueba de deformación aplicada a muretes	48
9	Resultados de prueba de flexión aplicada a muretes	50
10	Análisis de costos	51

Lista de Figuras

Figura N°	Nombre de la figura	Pagina
1	Símbolo de identificación del poliestireno	27
2	Reciclaje mecánico	29
3	Maquina extrusora	30
4	Club de suboficiales del ejército. Shut de basuras	31
5	Aglomerados plásticos	32
6	Lavado con agua a presión	32
7	Cubiertos plásticos triturados	33
8	Tolva de la maquina extrusora	33
9	Cámara del extrusor	34
10	Dosificación por medio de la boquilla	35
11	El molde	36
12	Pieza parcialmente terminada	37
13	Sierra y pieza final	37
14	Pieza para primera hilada	38
15	Pieza para segunda hilada	38
16	Pieza para tercera hilada	38
17	Pieza para remate de muro	39
18	Pieza para cierre de muro	39
19	Pieza a 1/3 para terminados	39
20	Perno y tuerca	40
21	Murete	40
22	Instalación pieza primera hilada	41
23	Instalación pieza segunda hilada	41
24	Instalación pieza tercera hilada	41
25	Inicio remate de muro	42
26	Instalación pieza remate de muro	42
27	Instalación pieza cierre de muro	42
28	Pieza sometida a compresión	43

29	Carga máxima en Kn	44
30	Pieza sometida a flexión	45
31	Carga máxima en Kn a flexión	45
32	Pieza quebrada luego de la máxima carga a flexión	45
33	Prueba de fuego	47
34	Grafico del módulo de elasticidad	49
35	Registro fotográfico pruebas de deformación a muretes	49
36	Registro fotográfico pruebas de flexión a muretes	50

Introducción

Utilizar algunas de nuestras cosas por primera y última vez por que las consideramos desechables es el error que generalmente estamos cometiendo cada vez con más frecuencia, tal vez por practicidad, costos o por evitar hacer una tarea extra como lo son separarlos y clasificarlos por tipo de basura (vidrio, plástico, cartón o papel).

Es el caso de los cubiertos plásticos denominados desechables los cuales están hechos de un tipo de plástico científicamente llamado "poliestireno" (PS), estos se depositan a la basura inmediatamente después de usados sin dar lugar a una segunda opción uso o clasificación para un ciclo de reciclaje optimo en la cadena de sostenibilidad del planeta, generando así una alta tasa de producción y desechos de basura plástica que asciende a 390 toneladas diarias, solamente en la ciudad de Bogotá, teniendo como consecuencia un desequilibrio ambiental el cual tal vez en un futuro no muy lejano no nos alcanzara a nosotros pero que seguramente si se verá afectada nuestra descendencia inmediata.

Paralela a esta problemática ambiental existe también la necesidad sobre la innovación de nuevos materiales de construcción, que hagan de las nuevas edificaciones más amigables con el ambiente y también que ayuden a reducir el impacto ambiental por contaminación, seguido a esto se derivan los altos costos de fabricación y compra de productos para la construcción ya terminados por parte de usuarios finales, minimizar el tiempo en la construcción, calidad y durabilidad de dichos materiales, esto sumado trae como resultado una alta demanda por parte de usuarios de bajos recursos económicos por comprar materiales de construcción acordes a sus posibilidades de adquirir o construir sus propias viviendas.

Es así como de la fusión estas dos problemáticas se deriva el objetivo general de la investigación el cual consiste en consolidar un sistema de muros divisorios a partir de piezas de mampostería en plástico poliestireno unidas mecánicamente, dirigido a usuarios de bajos recursos económicos constructores de viviendas de interés prioritario (VIP) y viviendas de interés social (VIS), ligado a este objetivo se contempla proponer diferentes tipos de mampuestos

(formas y tamaños), así como la reducción de tiempos de construcción y peso total de la estructura.

Para lograr alcanzar los objetivos anteriormente nombrados sea usado una metodología la cual radica en un tipo de investigación experimental.

Según Mario Tamayo y Tamayo**:**

> Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porqué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas.

Seguido de la realización de un cronograma que direccione los tiempos de ejecución de la investigación, subdividiendo así la metodología en 4 fases como son: fase preliminar, la cual comprende desde el proceso de reciclaje hasta la transformación por extrusión, fase de caracterización que consiste en determinar las dimensiones de las piezas de mampostería, fase de experimentación en donde se realizarán pruebas de resistencia y por último la fase de conclusiones donde se expondrán las debilidades y fortalezas del producto.

Así pues se generara la hipótesis que este sistema de mampostería en plástico poliestireno, será útil para la división de espacios, así como resistente a las cargas verticales y horizontales suponiendo de esta manera una aceptación en el mercado competitivo de los materiales de construcción.

Antecedentes

La innovación en nuevos materiales de construcción es un tema amplio y tratado de muchas maneras las cuales involucra también la aplicación de pruebas de resistencia para desarrollar un producto cada vez más competitivo, continuación se relacionan algunas de estas investigaciones.

Tabla 1.

INVESTIGACIONES O TESIS RELACIONADOS CON EL MISMO TEMA			
NOMBRE	AUTORES	AÑO	ORGANISMO
1 Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.	Ing. Cesar García Ing. M. Camila García Ps. Martha Vaca	2013	Colciencias INAMCO
2 Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería	Ing. Nelson García Ing. Gustavo Guerrero Ing. Richard Monroy	2012	Universidad Militar Nueva Granada
3 Análisis de los esfuerzos de compresión en unidades de mampostería estructural y muretes e:9, e:11 y e:14 de una empresa ladrillera de Santander.	Ana Sánchez Gil Freddy Mejía	2009	Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga
4 Estudio de las características físico - mecánicas de los ladrillos elaborados con plástico reciclado en el municipio de acacias (Meta).	Schirley Molina Adriana Vizcaíno Freddy Ramírez	2007	Universidad de la Salle
* Brickarp Casa de plástico	Fernando Llanos	2004	Sector privado SENA

1- En este artículo se analizaron las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y absorción de humedad de ladrillos fabricados con mezclas de arcilla y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo a los resultados, se concluyó que el porcentaje de lodo más adecuado para hacer la mezcla con la arcilla, esta entre el 5 y el 10 %, ya que con esta medida se cumple con los estándares de calidad exigidos en Colombia. Los porcentajes de absorción de humedad se incrementan a medida que se aumenta la proporción de mezcla, llegando incluso a superar la proporción 60-40.

2- Este artículo es el resultado de evaluar las propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña, y se concluyó que dichos ladrillos, no cumplen las resistencias establecidas para Colombia, la TIA promedio apropiado es de 0.387 g/cm/mín. y la AF promedio es de 17.41%, pero excede en 4.41% ya que la absorción máxima permitida es de 13%. La resistencia nominal a la compresión oscila entre 0.8 hasta 2.4 MPa y un valor promedio para el municipio de Ocaña de 1.44 MPa lo cual es bajo, si lo comparamos con la especificación de resistencia de 14 MPa para ladrillos macizos deduciendo asi que dichos ladrillos no cumplen con los valores mínimos de resistencia.

3- En este proyecto se pretende analizar los esfuerzos de compresión en unidades mampostería estructural y muertes construidos con ladrillo tipo e= 9, e=11 y e=15cm, donde los resultados para esfuerzos de compresión fueron 8.253MPa, 8.253MPa y 8.481MPa respectivamente los cuales no alcanzan lo establecido por la NTC 4205.

4- En este documento se tratan de analizar las características físico-mecánicas de un ladrillo de plástico reciclado como una propuesta para reemplazar el ladrillo tradicional de arcilla, convirtiéndose en una opción que se aplique en la construcción de viviendas de interés social. En donde se aplicaron pruebas normativas y se concluyó que tiene muy bajo porcentaje de absorción de agua en promedio de 0,29%, al ser sometidos a fuerzas de flexión el ladrillo soporto una resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kgf/cm² y verticalmente 239 Kgf/cm² y se clasifica como un material frágil según su análisis de esfuerzo – deformación.

Formulación

En una sociedad donde por generaciones se ha acostumbrado a celebrar cualquier tipo de evento con una comida en la cual se opta tal vez por costos o comodidad utilizar *cubiertos plásticos desechables*, hechos a base de poliestireno, dichos cubiertos son desechados una vez usados, debido a que como su nombre lo indica son desechables y la gente los usa una única y última vez, dejando como resultado un gran volumen de estos cubiertos plásticos desechables (poliestirenos) dándole una terminología de *"basura inservible"* y que en la gran mayoría de los casos se torna difícil la manipulación; la gente no sabe qué hacer con estos desechos, estos terminan finalmente en un botadero de basura sin darles una segunda opción de uso y generando una alto impacto en la contaminación del medio ambiente por las grandes cantidades que se generan en los campos y ciudades.

Por otro lado las personas con escasos recursos económicos, habitantes de zonas de invasión y carentes de vivienda con normas mínimas de confort en muchas ocasiones se ven excluidas de adquirir o construir una vivienda de interés social (VIS) o vivienda de interés prioritario (VIP), por los altos costos de los materiales de construcción o en algunos casos por la baja calidad de los mismos, llevando a estas personas a implementar métodos poco seguros y poco resistentes en la construcción de sus viviendas.

Para aliviar un poco la problemática acerca de la fabricación de nuevos materiales que contribuyan a la construcción de (VIS Y VIP) aún bajo costo económico, en términos de tiempo que reduzca la duración de la construcción y que cumpla con las normas técnica colombianas de resistencia pero que asimismo aporte características de confort en la división interna de las viviendas se propone la idea de fundir los cubiertos plásticos desechables (poliestireno) al calor y moldearlos para darles un uso en forma de mampuesto para la construcción viviendas de tipo (VIS y VIP) y además generar una opción paralela a la fabricación no solamente de elementos de mampostería en arcilla si no dar cabida a mas materias primas como es el caso del plástico.

Justificación

El plástico es desde hace aproximadamente 50 años es considerado el material del futuro y ya pasados esos 50 años aún se considera así, por sus capacidades de resistencia, variedad y menor peso, el plástico usa menos energía en su producción y reciclado que el equivalente al cartón o al vidrio. Se elige el plástico por encima de otros materiales como el cartón ya que este absorbe fluidos y pierde su forma además su estructura es la unión de capas unidas mecánicamente que se pierden al ser mojadas. En comparación con el vidrio este es frágil aunque su estructura es más firme que la del cartón, el vidrio no soportaría impactos medianamente fuertes. Caso contrario al plástico que posee una capacidad de absorción muy baja casi nula, se puede mojar sin sufrir cambios en su apariencia, soporta fuertes impactos además es liviano, actúa como aislante térmico y eléctrico.

Por otra parte en la construcción de viviendas y en general de edificaciones con cerramiento perimetral o divisiones interiores se acostumbra a utilizar piezas de mampostería más exactamente ladrillos de arcilla cocida los cuales por su forma de prisma rectangular hace que estos sean un excelente elemento que trabaja a compresión sobre su sección longitudinal o parte más larga dada su colocación en forma horizontal en los muros o paredes esto en comparación con un bloque de concreto convencional, pero los ladrillos tradicionales al ser de arcilla tienen un porcentaje de absorción de agua elevado en condiciones de humedad normales, ya que estos tienen una predisposición de absorber agua, dicha agua la pieza de mampostería la extraerá del mortero de pega al ser instalado en el muro o pared y por lo tanto debilitara la junta, esto provoca que la adhesión sea deficiente y en consecuencia que las juntas sean débiles.

Al analizar las características y capacidades del plástico y así mismo los puntos a favor y en contra de las piezas de mampostería tradicionales hechas en arcilla cocida y como resultante de la sinergia de las dos partes, el plástico y las piezas de mampostería en arcilla se postula la propuesta de fabricar de una pieza de mampostería en plástico, de este modo una parte mejoraría su contraparte dando como resultado el mejoramiento de una pieza de construcción, la que por años ha sido la clave del levantamiento de grande edificaciones, según Juan de Cusa, “el esfuerzo por incrementar el escaso poder de aislamiento térmico y de reducir asimismo su tiempo

de densidad sin que ello afecte la estabilidad estática ha originado investigaciones y pruebas experimentales" (Aplicaciones del plástico en las construcciones), esta premisa de este autor es tratada en esta investigación ya que estas debilidades del ladrillo común de arcilla son compensadas y las puede mejorar el plástico poliestireno siempre conservado las formas y medidas de los ladrillos tradicionales, sin perder las características de resistencia propias de la figura del ladrillo.

Siguiendo con el antecedente de Juan de Cusa como resultado de las investigaciones y pruebas para el mejoramiento de los ladrillos tradicionales se obtienen unos resultados los cuales son promedios de las pruebas realizadas, dependiendo de estos promedios se determina el campo de aplicación de la pieza de mampostería en plástico poliestireno el cual es encaminado a cierres perimetrales o divisiones interiores que sirvan como parte estructural o no de una edificación así como su aplicación en los muros de fachada, de estos tres campos de aplicación se obtendrá una primera conclusión la cual será la respuesta a la pregunta problema formulada en este documento. Determinando así la utilidad de las piezas de mampostería en plástico poliestireno hacia muros o paredes divisorios permanentes o temporales, se da la necesidad de reemplazar el mortero de pega por un sistema de unión mecánica el cual está encaminado a unir las piezas de manera temporal o permanente de modo que el usuario en el momento que lo desee pueda deshacer el muro, disminuyendo tiempos en la construcción así como costos de la misma.

Hipótesis

El sistema modular de unión mecánica para piezas de mampostería hechas con plástico poliestireno reciclado pretende dar solución a la necesidad de implementar un sistema constructivo económico y resistente, que a su vez permita reducir los tiempos de construcción, es así como se pretende fabricar un tipo de mampuesto plástico que cumpla con las propiedades físicas de las piezas de mampostería tradicional utilizadas para la construcción, y a su vez implementar un sistema de unión mecánico por medio de pernos de amarre, estos pernos unirán las piezas de mampostería hechas de plástico poliestireno y darán forma a muretes los cuales se podrán armar y desarmar dependiendo de la necesidad del usuario además con la realización de pruebas de compresión, módulo de rotura (flexión) y absorción de agua se comprobara la capacidad del sistema actuando en forma de muro o pared, sobre dichas pruebas se espera que las piezas de mampostería plástica así como el sistema de pernos supere con éxito lo decretado en las normas técnicas colombianas ya que el plástico poliestireno como los pernos poseen capacidades de alto impacto e impermeabilidad constante.

Así mismo con los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia al sistema modular de unión mecánica se optara por integrarlo a sistemas constructivos no estructurales teniendo como principal función la división de espacios dentro de las viviendas (VIS) Y (VIP) ya que por el tipo de molde se pueden obtener diferentes medidas a lo largo del ladrillo permitiendo así una fácil y rápida modulación de dichos espacios, adicionalmente con la incorporación de este sistema de mampostería se pretende disminuir el peso por metro cuadrado de muro construido ya que el peso específico del plástico (1050 Kg/m^3) es mucho menor al peso específico de la arcilla (1900 Kg/m^3), por otro lado este las piezas de mampostería plástica actuara como aislante térmico consecuente con las propiedades inherentes del material, brindando confort y calidez en el ambiente dentro de la vivienda, también se confía que a la hora de instalar un supuesto mortero de pega a la pieza de poliestireno presente un porcentaje de absorción de agua menor a la presentada por un ladrillo de arcilla cocida común que debe promediar el 17%, según la NTC 4502-2.

Objetivo General

Consolidar un sistema modular de muros divisorios a partir de piezas de mampostería en plástico poliestireno unidas mecánicamente por medio de pernos de amarre, delimitando su uso a viviendas de tipo (VIS) o (VIP).

Objetivos Específicos

Mediante las pruebas sugeridas en la NTC 4017 determinar las capacidades físicas propias de las piezas de mampostería actuando como conjunto, así probar las bondades del material y su aplicabilidad dentro de un sistema constructivo.

Crear un sistema mecánico de unión en conjunto para las piezas de mampostería en plástico poliestireno capaz de resistir cargas verticales y horizontales, además que permita ensamblar y desensamblar muros o paredes cuando el usuario así lo requiera.

Mejorar considerablemente la capacidad de absorción de agua de las piezas de mampostería tradicionales así como reducir el peso promedio de las piezas de mampostería comunes, para disminuir el peso total de la edificación construida.

Fabricar piezas de mampostería totalmente con material reciclado, 100% en plástico poliestireno y sin ningún tipo de agregado complementario o de refuerzo, para la aplicación de pruebas de que determinen sus capacidades de resistencia.

Definir un método de moldeo de plástico idóneo que permita obtener una pieza compacta y firme, para que de este modo la pieza rinda al máximo en las pruebas y en su posterior construcción.

Determinar las características físicas y de resistencia del plástico poliestireno componente de los cubiertos plásticos desechables ya usados y sin una segunda opción de uso.

Marco Referencial

Teórico

Los plásticos comprenden una gran variedad de clases como los son los termoestables, los elastómeros y los termoplásticos de estos termoplásticos se deriva el poliestireno que se encuentra en básicamente en los llamados cubiertos desechables de ahí que este tipo de plástico es elegido para realización de esta investigación ya que son una fuente fértil de material que se usa una sola vez y es desechado como basura inservible, pero que por un proceso de reciclaje tomaran una segunda opción de uso.

Dichos procesos de reciclaje se basan en el modo de tratar el material luego de ser rescatado de la basura de estos modos tenemos el reciclaje químico y el reciclaje mecánico este proceso de reciclaje es tomado como recurso para el desarrollo metodológico de la investigación.

Luego de tratar físicamente el plástico, se puede optar por un tipo de moldeo que le da la caracterización física final al producto. Estos tipos de moldeo son inyección, soplado, compresión, calandrado y extrusión, se diferencian en la manera de introducir el plástico al molde.

La caracterización física final del plástico tratado será en forma de mampuesto el cual es un sistema tradicional de construcción que consiste en levantar muros y paramentos mediante la colocación manual de los elementos que pueden ser, ladrillos, bloques de cemento prefabricados piedras o talladas en formas regulares o no, la forma para unir estos elementos entre si es el ajuste proporcionado por pernos los cuales son una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro. Está relacionada con el tornillo pero tiene un extremo de cabeza hexagonal, una parte lisa, y otro extremo roscado para una tuerca con púas, la cual a medida que se va girando se incrustando en las piezas de mampostería proporcionando una unión por presión mecánica dando lugar a muretes que repetitivamente se convertirán muros o paredes.

Conceptual

Plástico: Derivados del petróleo y del gas natural, fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de un cambio de temperatura.

Poliestireno: Estructuralmente, es una cadena larga de carbono e hidrógeno, con un grupo fenilo unido cada dos átomos de carbono. Es producido por una polimerización por crecimiento en cadena a partir del monómero de estireno.

Reciclaje: Es un proceso mediante el cual se transforma un material de desecho en otro material de utilidad, es decir, darle un uso a lo que ha sido catalogado como inservible o basura.

Extrusión: Proceso de fundición del plástico para la obtención de una resina homogénea y consistente lista para ser moldeada.

Mampostería: Sistema de construcción que consiste en levantar muros a base de ladrillos o bloques que pueden ser de arcilla cocinada, piedra o concreto entre otros.

Sistema: Es un objeto complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual. Todos los sistemas tienen composición, estructura y entorno, pero sólo los sistemas materiales tienen mecanismo, y sólo algunos sistemas materiales tienen figura o forma).

Perno: Es una pieza metálica larga de sección cilíndrica, generalmente hecha de acero o hierro. Está relacionada con el tornillo pero el perno tiene un extremo de cabeza hexagonal, una parte lisa, y otro extremo roscado para una tuerca o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.

Muro: Es una obra de albañilería dispuesta de manera vertical que limita un espacio arquitectónico. Su forma suele ser prismática y sus dimensiones horizontal (largo) y vertical (alto) son sensiblemente mayores que su espesor (ancho).

Legal

Tabla 2.

NORMA	NOMBRE	VIGENCIA
NTC 296	Ingeniería civil y arquitectura. Dimensiones modulares de unidades de mampostería de arcilla cocida ladrillos y bloques cerámicos	18/11/2009
NTC 4017	Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.	30/11/2005
NTC 4205 - 1	Unidades de mampostería de arcilla cocida ladrillos y bloques cerámicos. Parte 1: Mampostería estructural.	18/11/2009
NTC 4205 - 2	Unidades de mampostería de arcilla cocida ladrillos y bloques cerámicos. Parte 2: Mampostería no estructural.	18/11/2009
NTC 4205 - 3	Unidades de mampostería de arcilla cocida ladrillos y bloques cerámicos. Parte 3: Mampostería de fachada	18/11/2009
NSR-10	Titulo A: Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. Titulo D: Mampostería estructural	13/07/2010

Contextual

Esta investigación se llevara a cabo en la ciudad de Bogotá que se encuentra situada en la sabana de Bogotá, enmarcada por los cerros de Monserrate y Guadalupe y por el rio Bogotá al occidente.

En donde diariamente se arrojan 6500 toneladas de basura, es decir el 23,81% de toda la basura del país, estas 6500 toneladas se distribuyen entre residuos orgánicos, papel, cartón, vidrio, metales y plásticos el cual aporta el 6% equivalente a 390 toneladas diarias. Por lo que se hace necesaria una intervención y aumento en las frecuencias y métodos de reciclaje para la reutilización de productos que sirvan para dar vida a nuevos utensilios. Como lo es el plástico utilizado como fuente principal para el desarrollo de esta investigación.

La posición geográfica de Santa fe de Bogotá es: coordenadas geográficas, latitud norte 4°35´56”57 y longitud oeste de Greenwich 74°04´51”30.
Los límites del distrito capital son:
Norte: Municipio de Chía
Oriente: Cerros orientales y los municipios de La Calera, Choachí, Ubaque, Chipaque, Une y Gutiérrez.
Sur: Departamentos del Meta y Huila.
Occidente: Rio Bogotá y municipios de Cabrera, Venecia, San Bernardo, Arbeláez, Pasca, Sibate, Soacha, Mosquera, Funza y Cota.

Situando la investigación específicamente hacia el sur de la ciudad donde estarían los usuarios potenciales del producto de esta investigación ya que es en este sector donde se implantan las viviendas de interés social (VIS) y viviendas de interés prioritario (VIP), incluyendo las localidades de Bosa, Usme, Tunjuelito, Kennedy, Rafael Uribe y Ciudad Bolívar.

Diseño Metodológico

Esta investigación se desarrollara bajo el tipo de investigación denominada "experimental" del autor Mario Tamayo y Tamayo.

Según Tamayo y Tamayo este tipo de investigación:

> Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porqué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas.

Adicionalmente para argumentar la investigación se siguieron las siguientes etapas:

1. Presencia de un problema para el cual se ha realizado una revisión bibliográfica, consultadas investigaciones acerca del tema de sistemas modulares de piezas de mampostería plástica y su comportamiento ante pruebas de resistencia.

2. Identificación y definición del problema, determinar mediante las pruebas establecidas en la NTC 4017 si el plástico poliestireno es capaz de soportar fuerzas por compresión y flexión además de absorción de agua.

3. Definición de hipótesis y variables, comprobación de las capacidades físicas del material actuando como pieza y conjunto de mampostería, además de su utilización en muros divisorios dentro de la construcción de una vivienda tipo (VIS) o (VIP).

4. Diseño del plan experimental, que contiene 5 aspectos:
    a. Diseño de investigación, se adopta un diseño de tipo pre experimental, el cual contempla las siguientes maneras de proceder: estudio de caso con una sola medición, diseño pretest – posttest de un solo grupo y comparaciones con un grupo estático.
    b. Determinación de población y muestras, ubicación de lugares fuente de desechos plásticos, como clubs y sitios frecuentes de reuniones familiares, de ahí se obtendrá el material requerido. Poliestireno.
    c. Selección de instrumentos de medición, de acuerdo con lo planteado en los objetivos se realizara una pieza de mampostería que supla las necesidades de cerramiento interior de las viviendas (VIS) Y (VIP).
    d. Elaboración de instrumentos y procedimientos para la obtención de datos, mediante la extrusión del plástico y posterior moldeo por extrusión se producirá un mampuesto para la realización de pruebas y experimentos y para la adquisición de datos se basara en la NTC 4017 la cual dicta que se realicen pruebas de compresión, flexión, absorción y tasa inicial de absorción.
    e. Prueba de confiabilidad de datos, se realizaron en el laboratorio Concrelab y en el laboratorio de pruebas de resistencia de la facultad de ingeniería civil de la Universidad La Gran Colombia con maquinaria especializada en la obtención de datos claros y confiables.

5. Realización de experimentos, se realizaron las pruebas descritas en la NTC 4017 las cuales determinaron las capacidades del material trabajando como una pieza y conjunto de mampostería.

6. Tratamientos de datos, para lograr un resultado más general, cada prueba debe realizarse a 5 unidades de mampostería diferente para luego obtener un promedio exigido en la NTC 4017 que será analizado posteriormente para obtener las conclusiones, recomendaciones y el resultado final de esta investigación.

Capítulos

1. Poliestireno

Se denominan plásticos a aquellos productos artificiales obtenidos por vía de reacción química a partir de materias primas no resinosas, y que una vez formadas presentan ciertas condiciones privativas de las resinas naturales, tales como plasticidad, ductilidad y moldeabilidad, por cuyo motivo han sido calificadas con la denominación de resinas sintéticas.

Fundamentalmente los plásticos son derivados del petróleo y del gas natural. Denominados materiales poliméricos (plásticos) El nombre polímero no se refiere a un único material. Así como la palabra metal no se refiere apenas al hierro o al aluminio. Las cualidades de los plásticos son tan variadas que frecuentemente sustituyen materiales tradicionales como la madera e incluso algunos metales.

Los plásticos se clasifican de acuerdo con su estructura molecular y sistema de enlace de las moléculas (lineal o ramificado). Se dividen en tres grandes grupos, los termoplásticos, los termoestables (o termo fijos) y los elastómeros (o cauchos).

El poliestireno se encuentra en el grupo de los termoplásticos que son aquellos plásticos que pueden fundirse varias veces sin que pierdan sus características de resistencia, a diferencia de los termoestables y los elastómeros que al entrar en contacto con el calor pierden sus características físicas y químicas.

Dentro de la clasificación de los plásticos termoplásticos el poliestireno se identifica con las siglas PS o con el símbolo internacional que identifica los diferentes tipos de plástico.



Figura 1. Símbolo de identificación del poliestireno.
Fuente. https://es.wikipedia.org

Los poliestirenos a su vez se clasifican en cuatro tipos como son: poliestireno cristal (GPPS) que se encuentra en diferentes utensilios transparentes, poliestireno expandido (EPS) comercialmente denominado icopor, poliestireno extruido (XPS) lo que comúnmente se conoce como espuma y poliestireno de alto impacto (HIPS) hallado en los cubiertos plásticos desechables, este último tipo de poliestireno es la materia prima para la fabricación de las piezas de mampostería descritas en este documento.

El poliestireno es el cuarto plástico más consumido a nivel mundial. Se caracteriza por ser liviano, resistente al agua, excelente aislante térmico, aislante acústico y aislante eléctrico; es resistente a la presión mecánica y ofrece óptima estabilidad dimensional, dureza y rigidez. Posee alta durabilidad. Es un material perenne (dura mucho tiempo). Todas estas ventajas lo hacen un material muy solicitado por profesionales de la construcción en general. A la hora de la demolición de un edificio, el poliestireno se encontrará intacto.

Tabla 3.

CARACTERISTICAS DEL POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO	
PROPIEDAD	RANGO DE RESISTENCIA
Módulo elástico en tracción	2,0 a 2,5 (GPa)
Alargamiento de rotura en tracción	20 a 65 (%)
Carga de rotura en tracción	20 a 35 (MPa)
Módulo de flexión	1,6 a 2,9 (GPa)
Resistencia al impacto Charpy	3 a 12 (kJ/m2)
Dureza Shore	60 a 75 D
Temperatura de fusión	240º C
Temperatura de transición vítrea	100º C

Modulo elástico: Constante elástica que relaciona una medida con la tensión y una medida relacionada con la deformación.
Alargamiento de rotura: Consiste en someter una pieza a una fuerza axial, más del promedio de tracción normal.
Carga de rotura: Máxima tensión que un material puede soportar al ser traccionado antes de que se produzca necking, que es cuando la sección transversal del espécimen se comienza a contraer de manera significativa.
Módulo de flexión: Constante elástica en relación con la tensión y la deformación.
Impacto Charpy: Ensayo de impacto por medio de un péndulo ensayada a flexión en 3 puntos.
Dureza Shore: Se basa en la reacción elástica del material cuando dejamos caer sobre él un material más duro.
Temperatura de fusión. Es la temperatura a la cual se encuentra el equilibrio de fases sólido – líquido.
Transición vítrea: Se entiende que es un punto intermedio de temperatura entre el estado fundido y el estado rígido del material.

2. Reciclaje mecánico

El reciclaje es un proceso mediante el cual se transforma un material de desecho en otro material de utilidad, es decir, darle un uso a lo que ha sido catalogado como inservible o basura. También es una forma de solucionar el problema de la acumulación de residuos, el ahorro de la energía, la extinción de recursos no renovables, etc.

Por lo general existen dos tipos de reciclaje el químico y el reciclaje mecánico, el primero en su proceso busca romper las partículas del material a reciclar afectando su estructura interna y modificando sus capacidades de resistencia dando lugar a un producto prácticamente nuevo, con esta condición se descarta este tipo de reciclaje por ende se opta por el reciclaje mecánico que es un proceso mediante el cual el material a reciclar es lavado con agua a presión y posteriormente sufre un cambio en su apariencia física a través de triturado o molido sin afectar su estructura interna esto se hace con el fin de que el material este en un estado de partículas finas para que en el proceso de moldeo no afecte la maquina extrusora y se obtenga una pieza firme y constante.

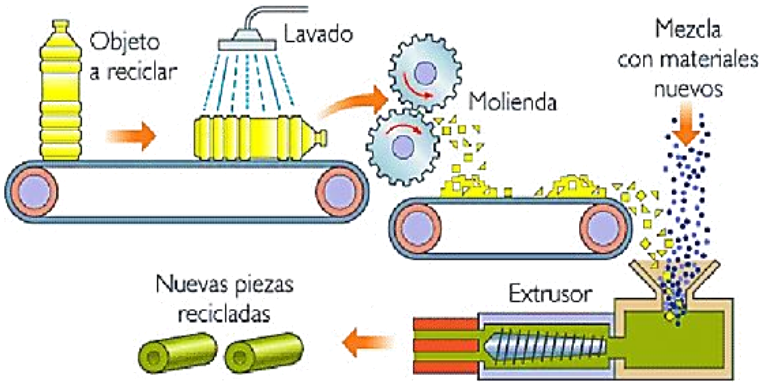


Figura 2. Reciclaje mecánico.
Fuente. http://alreciclar.com/

El reciclaje mecánico tiene las siguientes etapas en su proceso:

Lavado: Se hace con agua presión para eliminar la suciedad.
Molienda o triturado: El plástico es reducido a mínimas partículas para su fundición.
Secado: En esta etapa se retira el exceso de agua por centrifugado.
Extrusión: El material se funde y se vuelve a la masa plástica homogénea para ser moldeada.

3. Moldeo por extrusión

Dependiendo del tipo de plástico se utiliza una técnica diferente para dar forma final al producto, en el caso de los plásticos termoestables se utilizan las técnicas de compresión, por transferencia y calandrado, por otro lado los plásticos termoplásticos se procesan por medio de la técnica de inyección, soplado y extrusión. Ya que el poliestireno está dentro del grupo de los termoplásticos las opciones de moldeo para este se reducen a las mencionadas anteriormente, además la técnica de soplado también es descartada ya que se utiliza para la elaboración de botellas y recipientes, la inyección sería viable para el proceso pero debido alto costo de la elaboración del molde también se suprime esta método, dejando como mejor opción la técnica de moldeo por extrusión.

En la técnica de moldeo por extrusión el material entra a un cilindro caliente donde es transportado a través de el por un tornillo helicoidal. El material sale a través de un cabezal en forma de boquilla donde se empieza a enfriar. Este método permite moldear plásticos de forma continua ya que el plástico continúa saliendo, formando una tira de longitud indefinida. Además es el proceso más importante de obtención de formas plásticas, en volumen de producción.

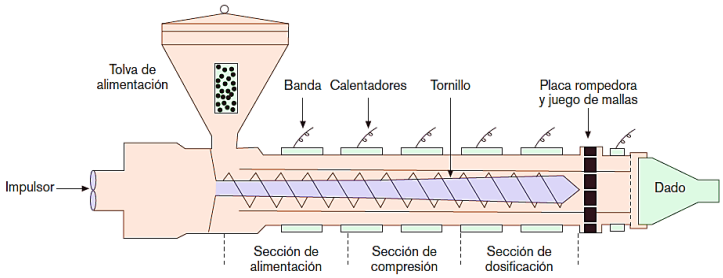


Figura 3. Maquina extrusora.
Fuente. Fabricación y conformado de poliestireno de alto impacto

En la máquina de extrusión el poliestireno triturado se introduce en la tolva de alimentación y entra en una cámara cilíndrica en la cual el material se compacta y se calienta hasta su punto de fusión (240ºC), cuando este se encuentre en un estado fluido viscoso es impulsado por el tornillo sin fin, con la fuerza ejercida por el tornillo el material es forzado a pasar por un orificio llamado dado el cual deposita el material en el molde, el cual da forma final al producto.

4. Proceso de Elaboración de Piezas de Mampostería en Plástico Poliestireno

Recolección de la materia prima

Dentro de los diferentes tipos de plástico y sus respectivas denominaciones se ha seleccionado para el desarrollo de esta investigación el poliestireno, más exactamente el poliestireno de alto impacto (HIPS), encontrado en los cubiertos plásticos desechables, debido a sus múltiples características de resistencia pero para seleccionar el poliestireno y cumplir con las premisas descritas en este documento, la materia prima para la elaboración de la pieza de mampostería propuesta fue necesario ubicar una fuente productora de desechos plásticos, la cual fue el club de suboficiales del ejército sede colina campestre, allí en el área del shut de basura se recolectaron platos, cucharas y tenedores plásticos anteriormente usados.



Figura 4. Club de suboficiales del ejército. Shut de basuras.
Fuente: Propia

Direccionamiento del material clasificado a planta transformadora de plástico

Los platos, cucharas y tenedores plásticos previamente recolectados fueron llevados a la planta transformadora de plástico “Aglomerados Plásticos”, ubicada en la vía Cota-Siberia km 3.5, costado occidental, aledaña a la finca Caicedo.

En esta planta se llevó a cabo el proceso de reciclaje mecánico dispuesto para la elaboración de las piezas de mampostería en plástico poliestireno además de todo el proceso de extrusión y moldeo para así finalmente obtener las piezas de mampostería.





Figura 5. Aglomerados plásticos.
Fuente. https://www.google.it/maps

Allí se realizaron los siguientes pasos para la elaboración de las piezas de mampostería en plástico poliestireno:

Lavado

Con agua a presión por medio de una hidrolavadora se lavaron y se quitaron desechos de los cubiertos plásticos desechables. Posteriormente se depositan en agua con contratamiento para limpiar estructuralmente el plástico contenido en los cubiertos plásticos desechables.



Figura 6. Lavado con agua a presión.
Fuente. Propia

Triturado

De manera manual los cubiertos plásticos desechables se trituran hasta obtener un tamaño óptimo y apropiado para depositarlos en la maquina extrusora. Se debe priorizar que el tamaño

de las partículas no sea muy grande ya que estos pedazos grandes se pueden atascar en la tolva de la maquina extrusora.



Figura 7. Cubiertos platicos triturados.
Fuente: Propia.

Alimentación de la maquina extrusora

Una vez los cubiertos plásticos desechables sean triturados se depositan en la maquina extrusora a través de la tolva la cual lleva el material al extrusor.

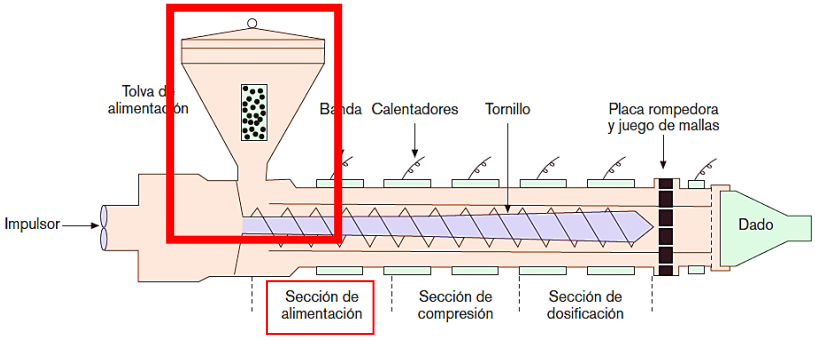




Figura 8. Tolva de la maquina extrusora.
Fuente. Propia.

Extrusión del material

Una vez depositado el material a la maquina por medio de la tolva este se filtra y pasa a la cámara del extrusor que básicamente funde o derrite el material por medio del calor ejercida por el extrusor.

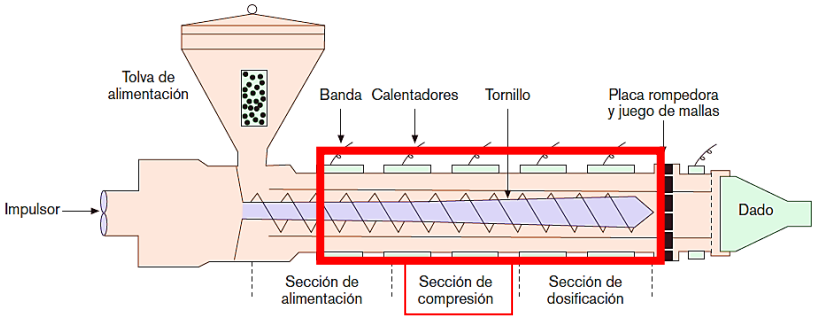


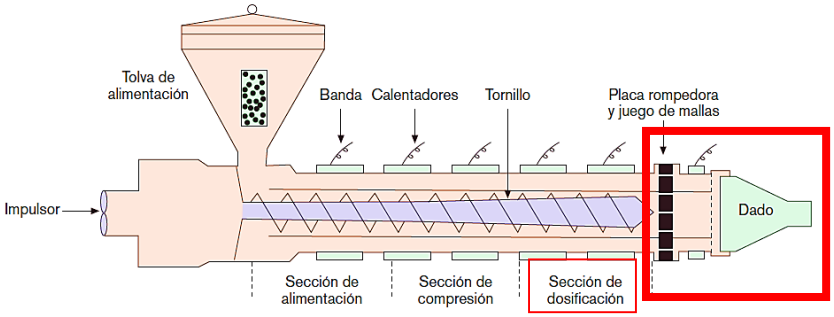


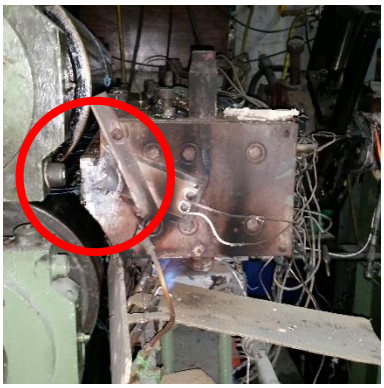
Figura 9. Cámara del extrusor.
Fuente: Propia.

Asimismo dentro de la cámara del extrusor existe un husillo en forma de tornillo el cual tiene un giro sin fin y este a su vez tiene en constante movimiento al material fundido sin dar lugar a solidificaciones prematuras que puedan llegar a afectar la posterior dosificación del material al molde.

Dosificación del material fundido al molde

El husillo en forma de tornillo sin fin gira y a su vez empuja al material fundido y lo deposita al molde por medio de la boquilla o dado existente en la maquina extrusora. Esta dosificación de material se hace con una presión de empuje constante de modo que permita que no existan vacíos dentro del molde y así lograr una pieza compacta y firme.





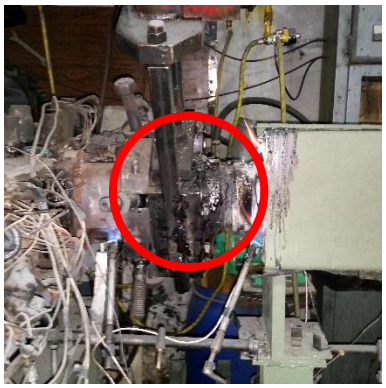


Figura 10. Dosificación por medio de la boquilla.
Fuente. Propia

Cabe anotar que para saturar por completo el molde (de medidas ancho 0.12 m X alto 0.12 m y largo 3.10 m, del cual se obtendrán 3 piezas de mampostería) es necesario tener una dosificación previamente triturada equivalente a 330 cucharas, 330 tenedores o 290 platos plásticos, cumpliendo con esta cantidad de materia prima se estimaran más posibilidades de obtener una pieza más compacta y firme.

El molde

El molde se sitúa en la boquilla o dado de la maquina extrusora donde termina el proceso de fundido del material, este molde recibe el material y le da la forma final a la pieza de mampostería en plástico poliestireno. El molde es una pieza de hierro forjado en forma alargada con diversas medidas con esta disposición del molde se obtiene una mayor sección de pieza y así de esta pieza mayor se sacan piezas más pequeñas reduciendo así el tiempo de producción además del consumo de energía.

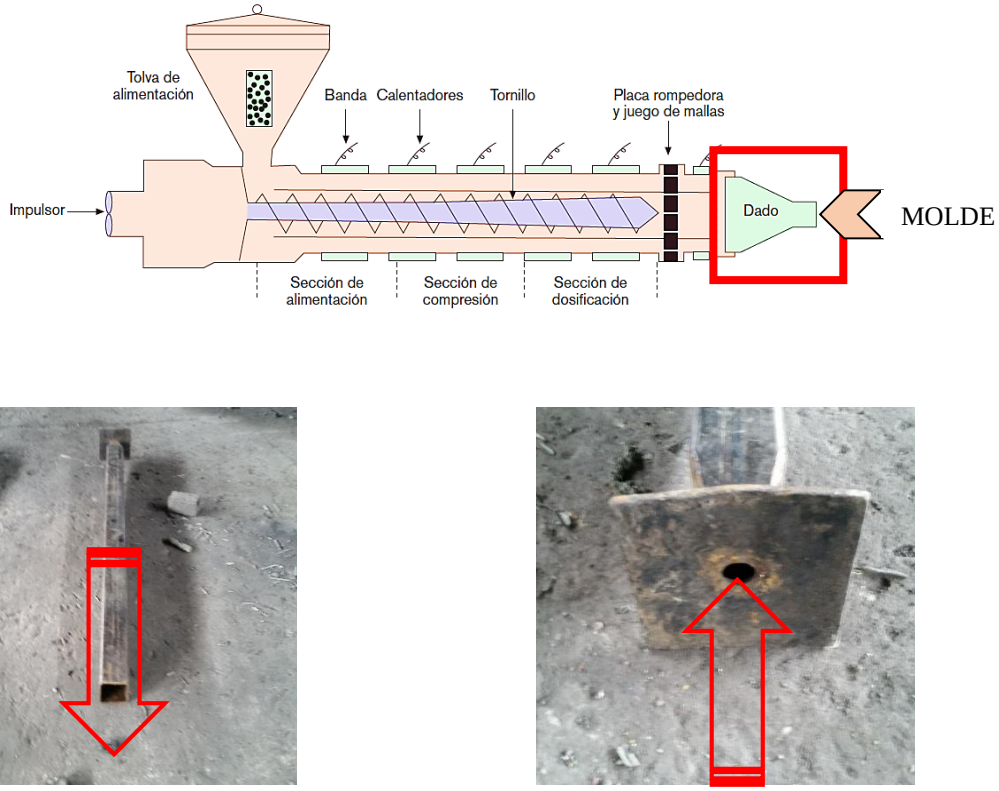


Figura 11. El molde.
Fuente. Propia.

Para retirar la pieza del molde esta se deja a temperatura ambiente por aproximadamente una hora para luego proceder a empujar la pieza contenida dentro del molde, igualmente la pieza también se deja a temperatura ambiente para lograr una solidificación optima y finalmente obtener las piezas de mampostería en plástico poliestireno. Cabe anotar que el molde está previamente proyectado con el fin de procesar las piezas con las medidas planteadas.

Pieza parcialmente terminada

La pieza moldeada y parcialmente terminada es una barra de 0.12 m X 0.12 m X 3.10m de largo, la cual tiene una gran ventaja que radica en que en su sección longitudinal puede adoptar diferentes dimensiones dependiendo de una modulación previamente descrita o según requerimiento de un cliente potencial.



Figura 12. Pieza parcialmente terminada.

Fuente: Propia.

Seccionado para pieza final

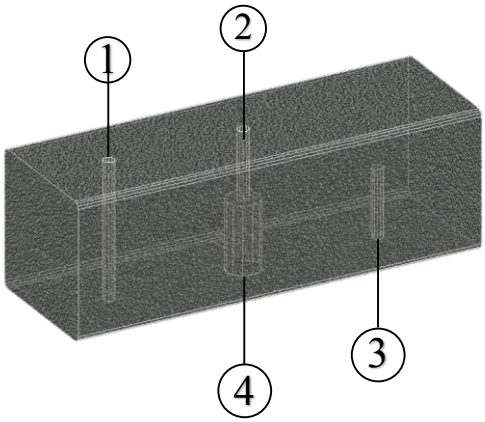
Para el dimensionado final de las piezas de mampostería en plástico poliestireno y para este caso se tomó una medida a lo largo de 36cm aprox. Y para lograr esta dimensión se utilizó una sierra tipo industrial para el corte transversal de las piezas.





Figura 13. Sierra y pieza final.

Fuente. Propia.



1 Perforación para varilla 3/8” X 12cm

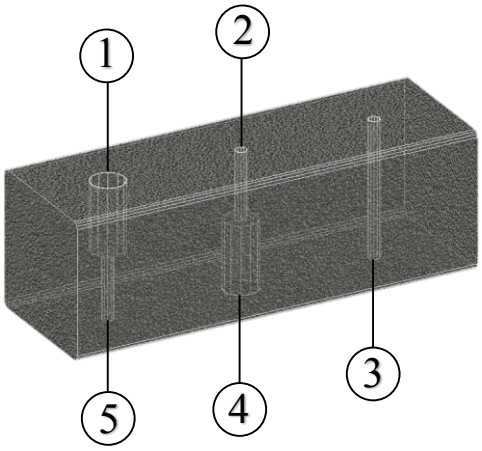
2 Perforación para perno 3/8” X 6cm

3 Perforación para varilla 3/8” X 6cm

4 Perforación para tuerca 1 1/4” X 6cm

Figura 14. Pieza para primera hilada.
Fuente. Propia.

.



1 Perforación para tuerca 1 1/4” X 6cm

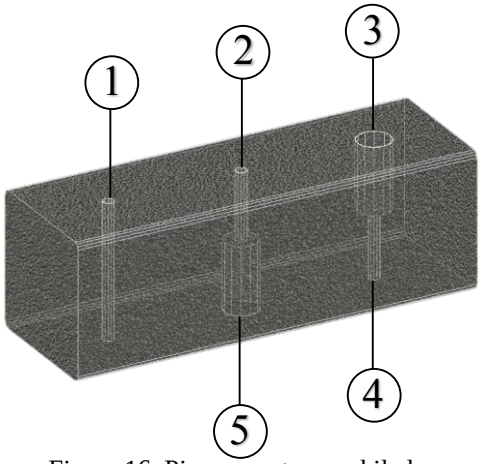
2 Perforación para perno 3/8” X 6cm

3 Perforación para varilla 3/8” X 12cm

4 Perforación para tuerca 1 1/4” X 6cm

5 Perforación para perno 3/8” X 6cm

Figura 15. Pieza para segunda hilada
Fuente. Propia.



1 Perforación para varilla 3/8” X 12cm

2 Perforación para perno 3/8” X 6cm

3 Perforación para tuerca 1 1/4” X 6cm

4 Perforación para perno 3/8” X 6cm

5 Perforación para tuerca 1 1/4” X 6cm

Figura 16. Pieza para tercera hilada.
Fuente. Propia

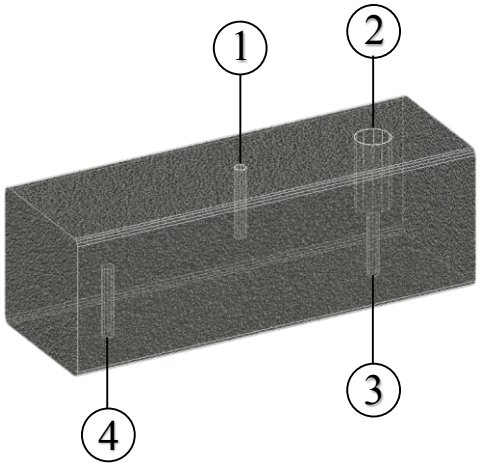


Figura 17. Pieza para remate de muro.
Fuente. Propia.

1 Perforación para pin de unión 3/8” X 6cm

2 Perforación para tuerca 1 1/4” X 6cm

3 Perforación para perno 3/8” X 6cm

4 Perforación para varilla 3/8” X 6cm

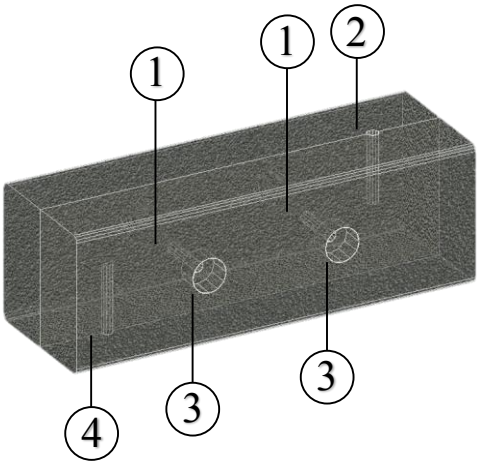


Figura 18. Pieza para cierre de muro.
Fuente. Propia.

1 Perforación para perno 3/8” X 8cm

2 Perforación para varilla 3/8” X 6cm

3 Perforación para tuerca 1 1/4” X 4cm

4 Perforación para pin de unión 3/8” X 6cm

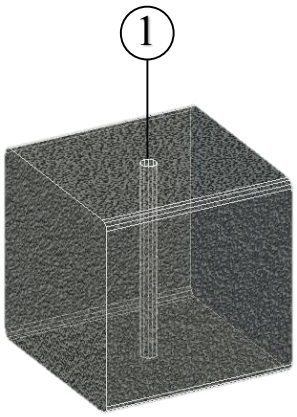


Figura 19. Pieza a 1/3 para terminados
Fuente. Propia.

1 Perforación para varilla 3/8” X 12cm

5. Sistema de unión mecánica

Para la unión de las piezas de mampostería en plástico poliestireno se utilizó un sistema de perno y tuerca el cual ajusta las piezas a medida que estos se van atornillando formando así muertes para la elaboración de muros divisorios. El perno o espárrago es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro, se diferencia del tornillo en que tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la tuerca los cuales se usan para sujetar piezas en una estructura por lo general de gran volumen.

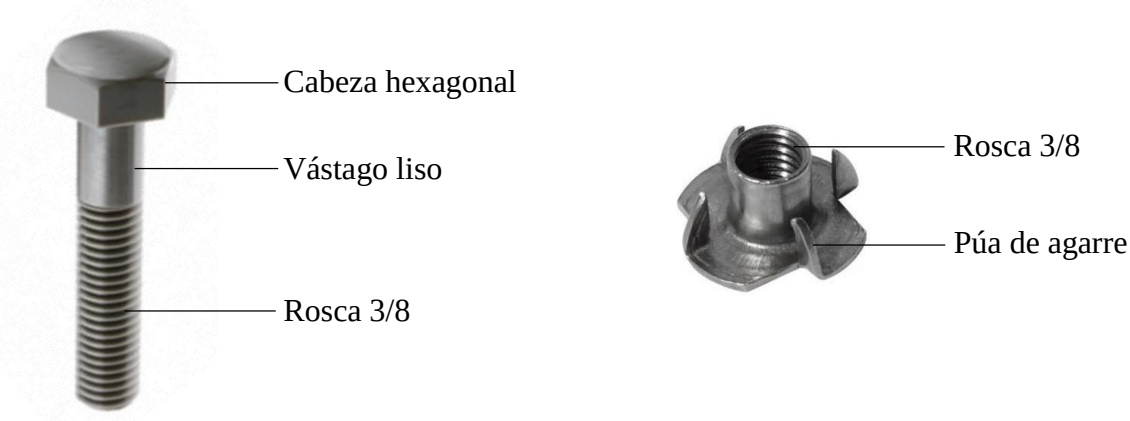


Figura 20. Perno y tuerca.
Fuente. Propia.

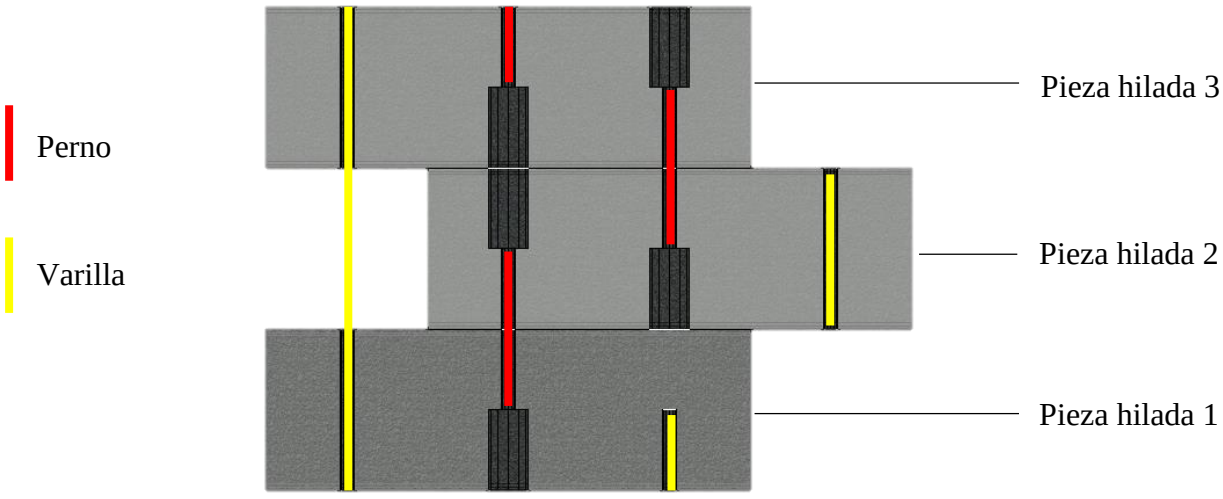
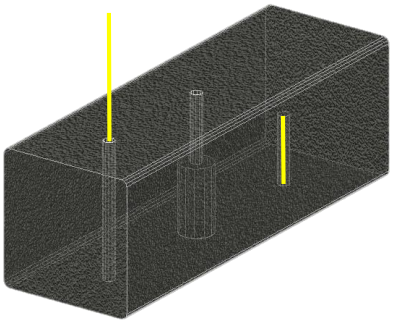


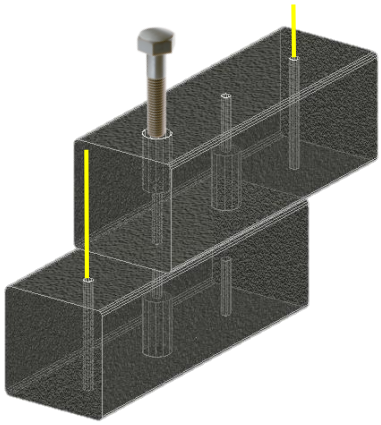
Figura 21. Murete.
Fuente. Propia.

6. Ensamble de muretes por unión mecánica "*a un tercio de soga*"



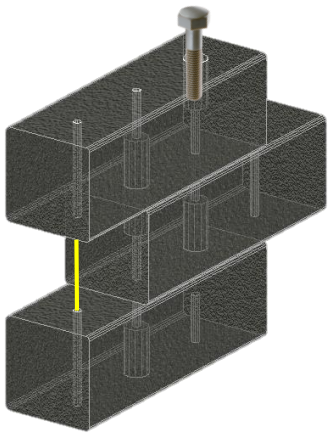
1 Para instalar la pieza número 1, esta se dispone sobre los refuerzos verticales "varilla de 3/8", en la perforación 1 y perforación 3.
Ver figura 14.

Figura 22. Instalación pieza primera hilada.
Fuente. Propia.



2 Para instalar la pieza número 2, esta se hace coincidir sobre las perforaciones de perno, previo encaje con el refuerzo vertical luego se enrosca el perno hasta lograr un ajuste óptimo.

Figura 23. Instalación pieza segunda hilada.
Fuente. Propia.



3 Para instalar la pieza número 3, de igual manera se encaja con el refuerzo vertical después se hace coincidir sobre las perforaciones de perno, luego se enrosca el perno hasta lograr un ajuste con la segunda pieza.

Figura 24. Instalación pieza tercera hilada
Fuente. Propia.

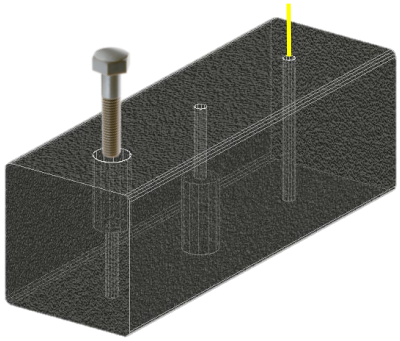


Figura 25. Inicio remate de muro.
Fuente. Propia.

4

Para iniciar con el remate de muro, se deben repetir los pasos 2 y 3 hasta lograr una altura de menos 24 cm con respecto a la altura total del muro, ubicando a esta altura una pieza número 2. La cual hará encaje con la pieza de remate de muro.

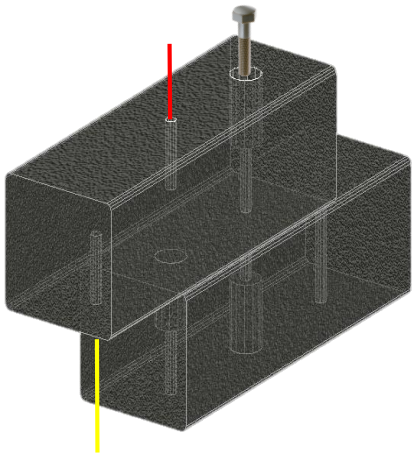


Figura 26. Instalación pieza de remate de muro.
Fuente. Propia.

5

La pieza para remate de muro se sitúa al final del refuerzo vertical y se ajusta con el perno de amarre a la pieza número 2. Luego se instala el pin de unión en su respectiva perforación.
Ver figura17.

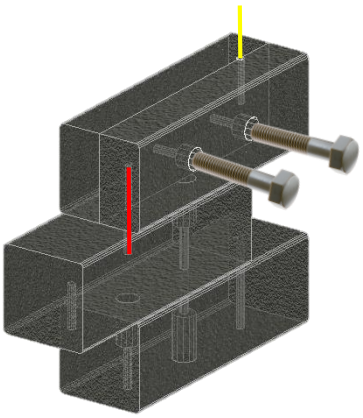


Figura 27. Instalación pieza de cierre de muro.
Fuente. Propia.

6

Para cerrar el muro se utiliza esta pieza la cual está dividida en su sección longitudinal, esta se hace coincidir con el pin de unión y con el refuerzo ubicado en el techo previamente. Para a continuación ser ajustada con los dos pernos de unión.

7. Pruebas

Pruebas a unidades de piezas de mampostería en plástico polietileno

Resistencia a compresión

Tabla 4.

RESISTENCIA A LA COMPRESION					
Pieza N°	Área bruta (cm²)	Área neta (cm²)	Carga máxima (kN)	(KgF/cm²)	(MPa)
1	226.8	226.8	150.3	67	6.60
2	225	225	148.6	67	6.60
3	225	225	149.3	68	6.66
4	226.8	226.8	151.1	68	6.66
5	225	225	148.2	67	6.60
Promedio	225.72	225.72	149.5	67.4	6.62

Como resultado final en la prueba de compresión se tiene un promedio de carga máxima de 149.5 kN sobre las 5 unidades y su conversión de 6.62 MPa o 67.4 kgF/cm², esto de acuerdo al promedio efectuado en 5 unidades como sugiere la NTC 4017.



Figura 28. Pieza sometida a compresión.
Fuente. Propia.

En la figura 28 se aprecia como la pieza sufre un agrietamiento como consecuencia de la presión ejercida por la máquina, tal fuerza llego hasta los 148.6 kN, además la pieza presenta un pandeo sobre la testa igualmente dicho pandeo se aprecia en la misma figura.



Figura 29. Carga máxima en kN.
Fuente. Propia.

La máxima capacidad de resistencia a compresión soportada por una pieza fue la presente en la pieza n° 4, la cual fue de 151.1 Kn.

Teniendo en cuenta que la fractura de la pieza se dio por una sola cara (testa), la misma cara por donde se da la porosidad se puede determinar un posible aumento de masa en los centro de la pieza para proporcionar un posible aumento de capacidad portante de resistencia a la compresión ejercida sobre la pieza constantemente como sería el caso de un muro existente.

Ensayo de flexión

Tabla 5.

ENSAYO DE FLEXION				
Pieza N°	Luz de ensayo (mm)	Carga máxima (kN)	(KgF/cm²)	(MPa)
1	220	29	134	13.13
2	220	29	134	13.13
3	220	29	134	13.13
4	220	29	134	13.13
5	220	29	134	13.13
Promedio	220	29	134	13.13

Como resultado final en la prueba de flexión se tiene un promedio de carga máxima de 149.5 kN sobre las 5 unidades y su conversión de 6.62 MPa o 67.4 kgF/cm², esto de acuerdo al promedio efectuado en 5 unidades como sugiere la NTC 4017.



Figura 30. Pieza sometida a flexión.
Fuente. Propia.

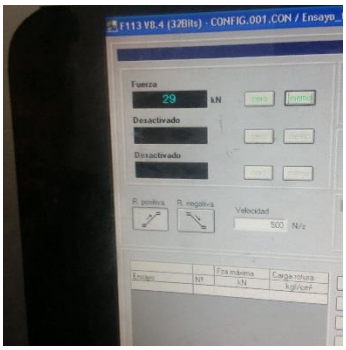


Figura 31. Carga máxima en kN a flexión.
Fuente. Propia.



Figura 32. Pieza quebrada luego de la máxima carga a flexión.
Fuente. Propia.

En la figura 32 se aprecia la pieza fracturada en dos partes luego de soportar una carga de 29 kN y su conversión a 13.13 MPa o 134 (KgF/cm²), ejercida por la presión constante de la maquina hasta lograr el propósito de quebrar la pieza.

Absorción de agua

Tabla 6.

ENSAYO DE ABSORCION DE AGUA			
Pieza N°	Masa seca (gr)	Masa saturada (gr)	Absorción (%)
1	1561	1631	4.48
2	1574	1644	4.45
3	1599	1669	4.38
4	1580	1650	4.43
5	1554	1624	4.50
Promedio	1573.4	1643.6	4.44

Los resultados arrojados por la prueba de absorción indican un promedio sobre 5 unidades de 4.44%, promedio que está dentro de los niveles exigidos dentro de las normas, NTC 4205-1, 4205-2 y 4203-3.

Tasa inicial de absorción

Tabla 7.

TASA INICIAL DE ABSORCION				
Pieza N°	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Área de contacto (mm^2)	T.I.A. ($g/cm^2/min$)
1	1583	1588	22680	0.02
2	1575	1579	22500	0.02
3	1605	1610	22500	0.02
4	1555	1559	22950	0.02
5	1578	1582	22500	0.02
Promedio	1579.2	1583.6	22626	0.02

Ensayo al fuego

Para el ensayo al fuego se expone la pieza a llama directa durante un tiempo determinado hasta que la pieza prenda llama por si sola. El tiempo transcurrido con llama directa hasta que prenda se midió en fracciones de segundo por cronometro digital.



Figura 33. Prueba de fuego.
Fuente. Propia.

La pieza expuesta a llama directa y con temperatura constante resisitio 124.78 segundos sin prender llama de fuego por si sola, sin presentar goteo de material, humareda, sin olor penetrante y sin presentar deformacion.

Pruebas de resistencia a muertes de piezas de mampostería en plástico poliestireno

Prueba de deformación

Tabla 8.

RESULTADOS PRUEBA DE DEFORMACION						
MM	KN	Kg/F	Kg/F (KN*kgF)	Área de deformación cm2	Esfuerzo KgF/cm2	MegaPascales (KgF/cm2)/10
0.5	0,54	101,97	55,06	96	0,57	0,057
1.0	1,69	101,97	172,33	96	1,80	0,180
1.5	3,56	101,97	363,01	96	3,78	0,378
2.0	6,08	101,97	619,98	96	6,46	0,646
2.5	9,10	101,97	927,93	96	9,67	0,967
3.0	12,05	101,97	1228,74	96	12,80	1,280
3.5	15,51	101,97	1581,55	96	16,47	1,647
4.0	18,38	101,97	1874,21	96	19,52	1,952
4.5	21,24	101,97	2165,84	96	22,56	2,256
5.0	24,03	101,97	2450,34	96	25,52	2,552
6.0	29,01	101,97	2958,15	96	30,81	3,081
7.0	33,66	101,97	3432,31	96	35,75	3,575
8.0	37,43	101,97	3816,74	96	39,76	3,976
9.0	40,71	101,97	4151,20	96	43,24	4,324
10.0	43,46	101,97	4431,62	96	46,16	4,616
11.0	45,92	101,97	4682,46	96	48,78	4,878
12.0	48,50	101,97	4945,55	96	51,52	5,152
13.0	48,72	101,97	4967,98	96	51,75	5,175
14.0	49,71	101,97	5068,93	96	52,80	5,280
15.0	50,90	101,97	5190,27	96	54,07	5,407
16.0	52,10	101,97	5312,64	96	55,34	5,534
17.0	53,10	101,97	5414,61	96	56,40	5,640
18.0	54,20	101,97	5526,77	96	57,57	5,757
19.0	55,10	101,97	5618,55	96	58,53	5,853
20.0	55,90	101,97	5700,12	96	59,38	5,938

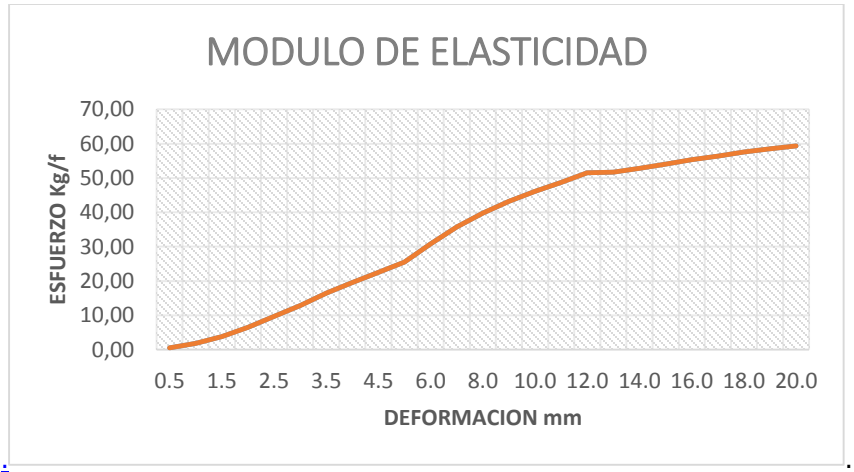


Figura 34. Grafico del módulo de elasticidad.
Fuente. Propia.

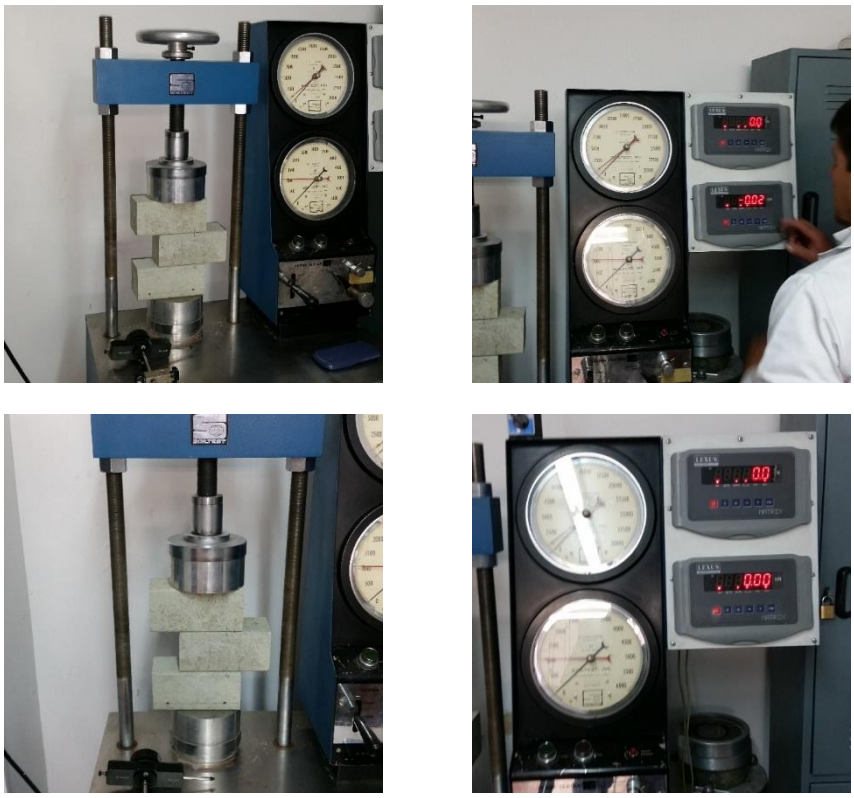


Figura 35. Registro fotográfico pruebas de deformación a muretes.
Fuente. Propia.

Prueba de flexión

Tabla 9.

RESULTADOS PRUEBA DE FLEXION			
MM	KN	Kg/F	
1	3,08	101,97	314,1
1,5	3,20	101,97	326,3
2	3,28	101,97	334,5
2,5	3,37	101,97	343,6
3	3,48	101,97	354,9
3,5	3,60	101,97	367,1
4	3,70	101,97	377,3
4,5	3,81	101,97	388,5
5	3,94	101,97	401,8
6	4,26	101,97	434,4
7	4,55	101,97	464,0
8	4,83	101,97	492,5
9	5,19	101,97	529,2
10	5,77	101,97	588,4
11	5,98	101,97	609,8
12	6,21	101,97	633,2
13	6,55	101,97	667,9
14	6,86	101,97	699,5
15	7,09	101,97	723,0



Figura 36. Registro fotográfico pruebas de flexión a muretes.
Fuente. Propia.

8. Análisis de costos

Tabla 10.

MAMPOSTERIA TRADICIONAL		vs	MAMPOSTERIA PLASTICA		=	DIFERENCIA	
Medidas	24x12x6 cm		Medidas	36x12x12 cm		12x0x6 cm	Gana área
Precio unidad	$ 663		Precio unidad	$ 1.250		$ 587	Pierdo
Unidad X m²	66		Unidad X m²	30		36	Gano
Precio X m²	$ 43.758		Precio X m²	$ 37.500		$ 6.258	Gano
Peso unidad	2.2 kg		Peso unidad	2.3 kg		0.1 kg	Pierdo
Peso X m²	145.2 kg		Peso X m²	69 kg		76.2 kg	Gano
Cemento	$ 500 kg		Tornillo unidad	$ 640		- - - - - -	
Arena	$ 19.430		Tornillo X m²	30		- - - - - -	
- - - - - - - -	- - - - - - - -		Precio X m²	$ 19.200		- - - - - -	
- - - - - - - -	- - - - - - - -		Varilla X ml	$ 2.000		- - - - - -	
- - - - - - - -	- - - - - - - -		Varilla X m²	4 und X m²		- - - - - -	
- - - - - - - -	- - - - - - - -		Precio X m²	$ 8.000		- - - - - -	
Mano de obra	$ 15.560		Mano de obra	$ 5.800		$ 9.760	Gano
TOTAL	$ 79.248		TOTAL	$ 70.500		$ 8.748	GANO

Para una comparación en cuanto al valor económico de las piezas de mampostería en plástico poliestireno y el posterior ensamble de muretes y la mampostería tradicional en arcilla cocida se obtuvieron precios por unidad de lo requerido para construir un metro cuadrado de muro tal y como se hace en un presupuesto de obra, por lo que se obtuvo una diferencia a favor de la mampostería plástica de $8.748 con respecto a la mampostería tradicional de esta diferencia se infiere que el producto estaría en los rangos de competitividad mercantil, cumpliendo así con el objetivo de brindar una opción más económica para los usuarios de vivienda de interés social (VIS) y vivienda de interés prioritario (VIP).

Conclusiones

Prueba resistencia a compresión

Según la NTC 4205-1:

En unidades para muro de mampostería reforzada con perforaciones verticales la norma indica en promedio de 5 unidades, 24.0 MPa o 240 KgF/cm², los resultados hechos a las piezas de mampostería hechas 100% en plástico poliestireno arrojaron 6.62 MPa o 67 (KgF/cm²) lo que quiere decir que en este ítem de la norma la pieza no cumple con lo mínimo establecido.

Por otro lado en lo que tiene que ver con unidades para muro de mampostería no reforzada indica la norma para perforaciones horizontales una resistencia minina de 5.0 MPa o 50 KgF/cm², para unidades de perforaciones verticales una resistencia mínima de 18.0 MPa o 180 KgF/cm² y para unidades macizas una resistencia mínima de 20.0 MPa o 200 KgF/cm², por lo anterior y de acuerdo a los resultados de las pruebas hechas a la pieza de mampostería se infiere que la pieza propuesta funciona para unidades de muro de mampostería no reforzada en las unidades de perforaciones horizontales mientras que para unidades de perforaciones verticales y unidades macizas la pieza propuesta no cumple con lo mínimo establecido.

Según la NTC 4205-2:

Para unidades de muro de mampostería no estructural la norma indica para unidades con perforaciones horizontales un mínimo de 3.0 MPa o 30 KgF/cm², para unidades con perforaciones verticales se establece un mínimo de 1.4 MPa o 14 KgF/cm², para unidades macizas un mínimo de MPa 1.4 o 14 KgF/cm² y en unidades livianas un mínimo de 2.0 MPa o 20 KgF/cm², por lo anterior resulta que la pieza propuesta de mampostería hecha 100% en plástico poliestireno funciona plenamente en lo que tiene que ver con mampostería NO ESTRUCTURAL, ya que la pieza obtuvo 6.62 MPa o 67.4 KgF/cm².

Prueba de flexión

De acuerdo a las NTC no se precisa un rango específico de máxima ni de mínima fuerza que las piezas de mampostería deban soportar en su módulo de flexión, sin embargo se aplicó el procedimiento descrito en la NTC 4017, donde las piezas de mampostería plástica soportaron un máximo de 29 Kn o su equivalencia de 13.13 MPa o 134 KgF/cm².

Prueba de absorción

Según la NTC 4205-1:

Se estable un máximo porcentaje de absorción de agua en promedio de 5 unidades del 13%, de acuerdo con el resultado de las pruebas de absorción en un promedio la pieza de plástico absorbe máximo un 4.44% por lo que la pieza cumple con la norma.

Según la NTC 4205-2:

En unidades para muro de mampostería no estructural la norma establece como máximo un 17% de absorción en promedio de 5 unidades, los resultados de las pruebas hechas a la pieza de mampostería plástica arrojaron un máximo de 4.44% en promedio de 5 unidades por lo que la pieza cumple con esta exigencia de la norma.

Prueba de tasa inicial de absorción

Según la NTC 4205-1:

Dentro de la tasa inicial de absorción la norma instaura un máximo de 0.10 g/cm²/min, según los resultados de la T.I.A aplicada sobre las piezas de mampostería plásticas se obtuvo como máximo un 0.02 g/cm²/min, decretando así que la pieza está dentro de la norma de T.I.A.

Ensayo al fuego

La pieza de mamposteria estuvo expuesta a llama directa y con temperatura constante durante 124.78 segundos sin prender llama de fuego por si sola, sin presentar goteo de material, humareda, sin olor penetrante y sin presentar deformacion, ademas los mas relevante durante la prueba fue que la llama no se propago simplemente se mantuvo hasta extinguirse, otro punto importante reveklado durante la prueba fue que la pieza no se deformo por el fuego.

Prueba de deformación a muretes

En la prueba de deformación aplicada a los muretes de mampostería en plástico poliestireno se observa una constante de resistencia en la fuerza aplicada en el rango de los 13mm hacia abajo en cuando a la presión ejercida por la máquina por lo que hace suponer que el conjunto de piezas se comporta de manera adecuada ante fuerzas ejercidas de este modo.

Prueba de flexión a muretes

En la prueba de flexión aplicada a los muretes de mampostería en plástico poliestireno, el murete soporto una carga constante ejercida sobre la unión mecánica (perno) la cual llevo al material a sufrir un deformación temporal de la cual se recuperó al dejar de ejercer sobre el la carga lo que denota una gran elasticidad del material y del conjunto ante fuerzas o cargas ejercidas en cualquier movimiento que provenga de cargas axiales.