

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe **Luis Enrique Rivera Martínez**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: "**Materiales alternativos para la elaboración de tabiques ecológicos**", en lo sucesivo "LA OBRA", misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Maestro en Ingeniería en Administración de la Construcción** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante "EL INSTITUTO", para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.



Luis Enrique Rivera Martínez

(Nombre y firma del autor)



**MATERIALES ALTERNATIVOS
PARA LA ELABORACIÓN DE
TABIQUES ECOLÓGICOS
TITULACIÓN POR TESIS**

Para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y
ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

Presenta

ARQ. LUIS ENRIQUE RIVERA MARTÍNEZ



Agradecimientos

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposa Zulma.

Por apoyarme y alentarme para salir adelante en momentos especiales y su apoyo moral para seguir superándome y tratando de sobresalir en esta vida en la que cada día aprendemos algo nuevo para superar nuestros obstáculos.

A mi madre Margarita.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Manuel.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.



Índice

Contenido de Tablas.....	5
Introducción	6
Capítulo I	9
1.1 Antecedentes	10
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivos generales:	16
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	16
1.4 Justificación.....	17
1.5 Delimitación del problema	18
Capítulo II	20
2.1 Marco Teórico	21
2.2 Tableros como ejemplos de materiales elaborados con diversos sustitutos.	24
2.2.1 <i>Tableros de Cemento</i>	24
2.2.2 <i>Investigaciones Relacionadas con Tableros Elaborados de Materiales Alternativos para compararlos con los tabiques</i>	27
2.3 Materias Primas.....	31
2.3.1 <i>Materia Prima PET</i>	31
2.3.2 <i>El Cemento.</i>	34
2.4 Procedimientos de Pruebas de Laboratorio Aplicadas al Tabique	38
2.4.1 <i>Prueba a la Compresión</i>	39



Capítulo III	42
3.1 Sujeto.....	43
3.2 Materiales	44
3.3 Procedimiento	45
3.3.1 <i>Elaborar molde para tabique.</i>	46
3.3.2 <i>Obtener material sustituto.</i>	47
3.3.3 <i>Fabricación de tabiques.</i>	48
3.3.4 <i>Pruebas de Laboratorio</i>	49
Capítulo IV	50
4.1 Resultados	51
4.1.1 <i>Resultado de molde para tabique.</i>	51
4.1.2 <i>Obtención de materias primas substitutas.</i>	54
4.1.3 <i>Elaboración de Tabiques de prueba</i>	57
4.1.4 <i>Pruebas de Laboratorio</i>	62
4.2 <i>Discusión de Resultados Pruebas de Laboratorio</i>	67
Capítulo V	72
5.1 Conclusiones	73
5.1.1 <i>Recomendaciones</i>	74
Anexos.....	76
Referencias.....	79

Tabla de Figuras

Figura 1. Tabiques de Adobe y Paja.	10
Figura 2. Elementos creados con cáscara de cacahuete.	13



Figura 3. Ejemplos de Materiales Cempanel.....	25
Figura 4. Cemplank en diferentes texturas.....	26
Figura 5. Detalle de Durock.....	27
Figura 6. Tableros de Chapilla, Viruta y Aserrín.....	29
Figura 7. Tabique de Aserrín y Cemento.....	30
Figura 8. Reciclaje de Botellas de PET.....	33
Figura 9. Cemento.....	35
Figura 10. Ejemplo de Prueba de Compresión.....	41
Figura 11. Elaboración de molde para Pruebas.....	51
Figura 12. Presentación de piezas.....	52
Figura 13. Armado de marco.....	52
Figura 14. Molde terminado.....	53
Figura 15. Molde aceitado.....	53
Figura 16. Cáscaras de coco para las pruebas.....	54
Figura 17. Corte de cáscaras de coco.....	55
Figura 18. Padecería de cáscara de coco.....	55
Figura 19. Hojuelas de PET.....	56
Figura 20. Homogenización del jal y cemento.....	57
Figura 21. Añadiendo material sustituto PET.....	58
Figura 22. Integración de materiales con agua.....	58
Figura 23. Terminando homogenización.....	59
Figura 24. Llenado de moldes.....	59
Figura 25. Pieza en reposo.....	60
Figura 26. Piezas estibadas para secado.....	60
Figura 27. Tabique de fibra de coco.....	61



Figura 28. Tabique de prueba con fallas.	62
Figura 29. Obtención de Peso.	63
Figura 30. Medición de Piezas.	64
Figura 31. Colocación de Yeso.	64
Figura 32. Piezas Terminadas.	65
Figura 33. Colocación de Tabiques en Prensa.	65
Figura 34. Lectura de la Medida Final.	66
Figura 35. Resistencia Tabiques de Jal Convencional.	68
Figura 36. Tabiques de Jal-Pet 30%.	69
Figura 37. Tabiques de Jal-Pet 50%.	70
Figura 38. Gráfica comparativa.	71

Contenido de Tablas

Tabla 1. Tipos de cemento.	36
Tabla 2. “Requisitos Físicos de los Bloques de Concreto”.	40
Tabla 3. Resultados de pruebas de compresión de tabiques de jal.	67
Tabla 4. Resultados de pruebas de compresión de tabiques de JAL-PET al 30%.	69
Tabla 5. Resultados de pruebas de compresión de tabiques de JAL-PET al 50%.	70



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Introducción

En estos tiempos en los cuales la cultura por el aprovechamiento de los materiales reciclados ha crecido, han provocado que los materiales y métodos empleados para la construcción empiecen a cambiar surgiendo nuevos materiales más resistentes y económicos.

Para abatir el calentamiento global el constructor ha buscado la forma de reciclar los materiales que se utilizan en la construcción, es decir, emplea materiales y sistemas que cumplen con los requerimientos técnicos para cada situación pero sin dejar atrás el aprovechamiento de materiales reciclados.

Un ejemplo de estos materiales es el tabique de jal, que es un elemento prefabricado y que por sus dimensiones cubre una superficie mayor con un menor número de piezas, cumpliendo con los requerimientos para la edificación; lamentablemente el alza en el precio del cemento y el jal, materias primas esenciales para su elaboración y cuyo impacto en el costo del mismo es del orden del 49 y 38 % respectivamente, ha incrementado su precio, haciendo de éste un material que está a expensas de dicha fluctuación, por lo que, la finalidad de este proyecto de investigación es encontrar un material que pueda sustituir al jal del tabique, sin sacrificar sus características de resistencia. Al ser empleado para el uso de materiales alternativos que sustituyan en forma parcial o total el jal.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Dentro de las opciones que se analizaron para cumplir con el objetivo, se encuentran las siguientes: como primera opción, sustituir el jal de forma parcial del 50% y 30 % por el pet; segunda, emplear cascara de coco que sustituye en forma parcial del 50% y 30 % al jal, para así obtener un material que se comportara de una manera muy similar a este.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Materiales Alternativos Para la Elaboración de Tabiques Ecológicos



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Capítulo I



1.1 Antecedentes

Los materiales compuestos se han conocido desde tiempos remotos, tenemos como ejemplo el uso de fibras vegetales en la antigüedad, como la paja, para incrementar la resistencia de los ladrillos del adobe (Soares André, 2007). Los materiales combinados son diversos y existen materiales de uso común que pueden considerarse compuestos por ejemplo el ladrillo, concreto, madera y hueso, también están los modernos sintéticos que existen en el mercado, como son los plásticos reforzados.



Figura 1. Tabiques de Adobe y Paja.



Las características de ligereza, fuerza y rigidez son las que determinan el que sean elegidos para un uso en específico. Tales propiedades los sitúan dentro del grupo de materiales compuestos de alto desempeño, por lo general se componen de fibras de carbono y resinas epóxicas, entre otros. Las propiedades que se busca obtener de los materiales mezclados, son baja densidad, rigidez, y resistencia, entre otros. En la actualidad son muchos los usos de los materiales sintéticos, que se pueden encontrar en la vida diaria: automóviles, trenes, industria química, medicina, y en la construcción (Dr. Pino, s.f.)

Las propiedades mejoradas de los materiales compuestos son un hecho comprobado, sin embargo, existen limitaciones de tipo tecnológico y económico que detienen el desarrollo de estas técnicas. Décadas atrás se inició la exploración en el uso de materias primas alternativas, diferentes a las que se usaban para producir los materiales. Tales materias alternativas son diversas, pero básicamente lo constituyen: Fibras vegetales, materias recicladas, y aglutinantes alternativos distintos a los de uso convencional. Con dichos materiales realizan diversas pruebas de sustitución parcial o completa de los agregados para la elaboración de tabiques ecológicos, los que deberán cumplir con los requerimientos de resistencia, térmicos y económicos.

En la actualidad, se racionalizan algunos recursos naturales, incrementando la utilización de materiales a base de fibras naturales, los materiales alternativos para la construcción de vivienda representa un plus.



En algunas ocasiones el material sustituto llega a ser más caro que los convencionales para la construcción, debido a que son productos elaborados mediante procesos ecológicos que generan un gasto extra

En México al momento de elegir materiales para su vivienda se opta por los materiales convencionales, sabemos que el tablero aglomerado aun no abarca una gran área dentro del ámbito de la construcción, y aun menos el tablero elaborado a base de material reciclado o esquilmos agrícolas.

Existen estudios para la sustitución de materiales en algunos campos de la construcción como el aprovechamiento de la cascara de cacahuete en paneles mezclados con poliéster y cemento. Argentina ocupa el segundo lugar en el mercado mundial de donde anualmente se producen alrededor de 400 mil toneladas de cacahuates, a la par se producen un 30% de cascara lo que nos da un total de 120 mil toneladas al año. (Centro Experimental de la Vivienda Económica s, f.).

Semejante volumen tiene un gran impacto al medio ambiente por combustión y agregación a los suelos, ya que su degradación es algo difícil debido a sus grandes volúmenes y su alto contenido de lignina y bajo contenido de nitrógeno.

Por lo cual se detectó una oportunidad de darle un destino sustentable a un recurso considerado desecho que se transforma en materia prima, para su aplicación en materiales para construcción de viviendas. Las características del nuevo material están dadas en bajo peso y



buenas capacidades aislación térmica en consecuencia, aptitud para ser utilizado en paneles de cerramiento y acondicionamiento de viviendas. (Gatani, Argüello y Berreta, s.f.).



Figura 2. Elementos creados con cáscara de cacahuate.

Se ha producido plafones para la construcción con la cascara de los cacahuates gracias a los estudios realizados en argentina por el Centro Experimental de Vivienda Económica (CEVE), se ha dedicado a los estudios de elementos de construcción y procesos constructivos para viviendas a personas de escasos recursos.

En México se ha llevado una lucha constante para que nuestras próximas generaciones crezcan con la conciencia de la utilización de materiales alternativos y tengan la posibilidad de vivir en una sociedad con más respeto a su entorno natural.



Existen diferentes investigaciones realizadas en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) en la elaboración de los tableros aglomerados con mayor o menor proporción de mezcla cemento-fibra, agregado inerte (arena) y agua, partiendo de un diseño experimental, que sirvan como base para su aplicación en el campo de la edificación de vivienda. Utilizando el bagazo de fibras de coco y agave en la elaboración del mezcal ya que son materiales altamente fibrosos los cuales cuentan con un gran desperdicio de materiales.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad existen aun gran auge por la conservación del medio ambiente pues hay una gran cantidad de materiales que pueden ser reutilizados por diferentes métodos de reciclaje uno de ellos es utilizándolos como substitutos de agregados en la construcción, puesto que los recursos naturales suelen agotarse con el paso del tiempo, también se tiene escases de materiales dependiendo su origen en este caso el jal es traído de los estados vecinos del sur Nayarit y Jalisco.

Durante la elaboración de tabique rojo recocido se contamina bastante, pues se utilizan en cada horno 1,200 troncos aproximadamente provocando densas columnas de humo que contaminan la zona y provoca que las personas que elaboran estos estén constantemente absorbiendo el humo que se produce trayendo consecuencias de salud para ellos tales como:



cáncer, malformaciones congénitas, problemas de fertilidad, cardiovasculares, pulmonares, de la piel, entre otras enfermedades graves y hasta la muerte, (Bradley, 2007) .

Los agregados le proporcionan la consistencia adecuada para que este obtenga ciertas propiedades las cuales varían según el tipo de material empleado y debido a los problemas de calentamiento global se está tratando de encontrar un material reciclado adecuado para ayudar a la conservación de nuestro medio ambiente y reducir el costo.

El tabique de jal cuenta con ciertas ventajas comparadas con el ladrillo recocido, dentro de los cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Proporciona un área mayor de construcción en un menor número de piezas.
- Tienen una producción constante durante el año sin importar la temporada.
- Se produce una menor utilización de mortero para su junta reflejándose en un costo menor.
- El costo por mano de obra disminuye, pues se logra una mayor superficie por jornal.

Podemos encontrar algunas desventajas lo que nos lleva a la investigación del presente trabajo.

- El costo varía según se aumenta el precio del cemento.
- No contar la cantidad suficiente del material alternativo para la producción de los tabiques.



Con base en lo anterior, se expresará el planteamiento del problema a través de la siguiente pregunta:

¿Cuál es el material alternativo más adecuado para la elaboración de tabiques ecológicos?

1.3 Objetivos

El objetivo de esta investigación sigue la tendencia de los materiales ecológicos, que es encontrar un material de uso común en la vida diaria que pueda ser reciclado para sustituir parcial o totalmente los agregados utilizados en la elaboración de tabiques como el jal o arenon.

1.3.1 Objetivos generales:

- Determinar el material alternativo para la elaboración de tabiques a través de pruebas de compresión para medir su resistencia, que permita disminuir el uso de recursos naturales e incrementar el de los materiales reciclables.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Elaborar un tabique ecológico que permita ayudar al medio ambiente utilizando materiales reciclados.



- Analizar cuál es el material reciclado más adecuado para su aprovechamiento en la elaboración de tabiques.

1.4 Justificación

La principal aportación de esta tesis de Maestría es el conocimiento que genere demostrando las bondades del reciclaje de algunos materiales que en combinación con el cemento nos proporciona una mezcla para el desarrollo de tabiques ecológicos para la construcción, lo cual nos proporcionará beneficios al medio ambiente y por lo consecuente con la población en general ya que esto se verá reflejada en el día a día.

El índice de marginación del municipio es muy bajo, comparado con otros municipios del estado ocupamos el lugar número 15 de dentro del contexto estatal. Por lo que se pudiera abatir esa marginación con empleos de recolectores de desechos sólidos para la elaboración de tabiques (Censo Nacional de Población, CONAPO 2010).

En Sinaloa se desecha 4 mil toneladas de plásticos al año, de esta basura el 70 por ciento desechos agrícolas, mientras el 30 por ciento restante viene de hogares y empresas.

En la actualidad se está tratando de ayudar con el reciclaje de materiales no degradables para disminuir el calentamiento global, una de las ramas en las que no se ha aplicado es la



construcción de viviendas, lo que nos impulsa a la elaboración de éste trabajo para darle un impulso y obtener recursos de la basura puesto que en la actualidad “La basura es dinero y la gente no lo sabe” (Ramírez, 2012), proporcionándole esto trabajo a personas de escasos recursos, no se tiene una cifra de personas dedicadas en el municipio a esta actividad, pero cada día se unen más personas de escasos recursos a la recolección de materiales reciclables.

En la actualidad existe un auge por los producto plásticos desechables como: botellas, envases, etc., los que son desechados y muy pocas veces reutilizados, ocasionando con esto una contaminación, china y la india son unos de los principales países que demandan el 70% de las 30 mil toneladas de plásticos de México. Observando que estos materiales tienen ciertas características que hacen posible que sean candidatos para ser los sustitutos del Jal.

Con base en lo anterior y tomando en cuenta que existen materiales con características para substituir los agregados se obtienen las bases necesarias para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.5 Delimitación del problema

Al delimitar el tema tenemos que tomar en cuenta los puntos que vamos a tratar para dicha investigación y el sector al cual se va aplicar.



El presente trabajo de investigación busca el aprovechamiento de elementos reciclables adecuados en la realización de tabiques para construcción, que se pretende utilizar botellas de plástico PET (Politereflalato de Etileno) y desechos agrícolas, se elaboraran un aproximado de (5) cinco piezas de cada uno de los materiales en estudio para obtener el volumen requerido ya que es lo que pide la Normas de Resistencia a la Compresión Método de Prueba (NMX-C-36-ONNCCE-2004), para la sustitución del agregado y cuál sería su sustitución adecuada, total o parcial.

Las investigación se realizará en un tiempo de aproximadamente 2 años en los cuales se investigaron los materiales más aptos para la recolección y elaboración de las piezas de prueba. Los recursos económicos para la investigación son limitados pues no se cuenta con ningún tipo de apoyo y se realizan particularmente, por lo que se hace esta investigación en el municipio de Ahome, Sinaloa, basándose en la ciudad de Los Mochis como principal mercado de los supuestos.

En el presente trabajo tenemos la limitante de que se está considerando solo las mezclas y el material que fuese más adecuado para la realización de los tabiques ecológicos, más no el cálculo del costo ya que es el próximo paso a seguir al obtener la cantidad y material más adecuado.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Capítulo II



2.1 Marco Teórico

En el presente tema se redactan algunos antecedentes de materiales alterativos para la construcción, en donde se podrán apreciar sus características para hacer comparaciones y las personas las cuales son las principales consumidoras o potenciales de adquirir una casa elaborada con este tipo de materiales puedan ver la potencialidad y beneficios que nos podrán traer utilizar este tipo de materiales que se está elaborando.

Con el tiempo, el cuidado por el medio ambiente en el que habitamos así como la necesidad de vivienda digna y sustentable han adquirido mayor fuerza, generando una variedad de propuestas de materiales en el área de la construcción, con el propósito de cubrir las necesidades básicas del diseño bioclimático, permitiendo un aprovechamiento de recursos.

Existen diversos organismos gubernamentales los cuales otorgan financiamientos para la construcción y adquisición de viviendas verdes. El Instituto Nacional de Fomento a la Vivienda (INFONAVIT) está fomentando a la vivienda verde tanto para constructores como para los derechohabientes.

El Infonavit asume su responsabilidad al otorgar créditos a los derechohabientes para que adquieran viviendas que sean más amables con el entorno, con quienes allí habiten, y la



generación de acciones que fomenten la sustentabilidad, la preservación y el mejoramiento de la vivienda en sí, en tres ámbitos interrelacionados -ambiental, económico y social- cuyo éxito individual dependerá necesariamente, del fortalecimiento mutuo y de no afectar a los otros (INFONAVIT, 2011).

El descubrimiento de los recursos con los que el hombre podía obtener elementos para refugiarse trajeron consigo además, la implementación de nuevas mezclas para dar una mayor durabilidad, que daban paso a disminuir los impactos sufridos por los elementos naturales, así como el asimilar e incorporar los cambios climáticos.

La dinámica de aprendizaje y utilización supera la naturaleza, las tendencias de generación y regeneración de la naturaleza y las repercusiones de esto en la sociedad es lo que hoy conocemos como el problema ambiental.

En la actualidad se cuenta con un sinnúmero de elementos que en su creación tuvieron sus ventajas y desventajas. Por lo que se pretende realizar sus ejemplos de manera más eficiente.

La tendencia de conservar el medio ambiente y ayudar a generar espacios dignos en el que todos los seres humanos podamos habitar es una de las prioridades para todo profesionista y ser humano de la actualidad que desean un mundo lleno de vida para todos.

“En el transcurso de las próximas décadas, la población del país completará una fase de la transición demográfica, que dará como resultado un claro predominio de los grupos de la población de 15-16 años de edad. Este perfil de la dinámica demográfica



permitirá el arribo de generaciones numerosas a la edad de contraer matrimonio o de formar hogar independiente.”(Secretaría de Gobernación, 2011).

La relación construcción medio ambiente es para muchos un tema que elimina la posibilidad de conservar reservas ecológicas como patrimonio de las siguientes generaciones.

Durante el paso del tiempo las grandes ciudades van absorbiendo el campo y dejando atrás las grandes extensiones de tierra que ayudan al confort de nuestro medio ambiente, por esto diferentes empresas y organismos realizan estudios en busca de alternativas nuevas para construcción que utilicen materiales no agresivos a la naturaleza, solucionar el problema de vivienda no es fácil, pero encontrar la manera de utilizar tecnologías que dependan en menor escala de los recursos naturales y que se incluyan materiales reciclados pueden llegar a ser más económicos que los convencionales y a la vez disminuir los basureros.

El caso de (Rodríguez, 1998) “Tecnologías para la vivienda popular específica”, en donde realiza un planteamiento de la contribución para la solución de la problemática de vivienda en México. Se pueden encontrar críticas u observaciones de las perspectivas del libro como las siguientes:

“Uno de los atributos de esta es que propone una tecnología relacionada con lo bondadoso y ecológico que resulta la construcción con tierra como paneles y prefabricados, dadas sus características. La tecnología sustenta, promueve y apoya la participación comunitaria que requiere la autoconstrucción.” (Fedevivienda, 2011)



2.2 Tableros como ejemplos de materiales elaborados con diversos sustitutos.

El tablero de aglomerado es un material en forma plana el cual es elaborado de pequeñas astillas de madera o algún otro material lignocelulósico fibroso, aglutinado por medio de un adhesivo bajo la acción de presión y calor durante un tiempo determinado (Fuentes, 1989).

Se denomina tablero al producto madera y posterior agregación en piezas estandarizadas, agregando en forma optativa elementos químicos que mejoran sus propiedades, (Lagos, 1993).

Con la elaboración de los tableros se da un ejemplo de que es posible la sustitución de materiales para variar la elaboración de tabiques ecológicos y pueden llegar a ser de igual o mayor resistencia que los convencionales.

2.2.1 Tableros de Cemento

El cemento actúa como aglutinante, actualmente en este tablero el cual tiene mucha aceptación en el ramo de la construcción, en donde es utilizado como muro divisorio en zonas húmedas, además para la construcción de casas prefabricadas.

Cempanel. Tablero de fibrocemento para revestir fachadas y construcciones de vanguardia. Forma parte de la línea de paneles de fibrocemento NT (nueva tecnología),



fabricados a base de cemento Portland, fibras naturales y aditivos seleccionados que, después de ser sometidos a procesos de autoclave, adquieren las propiedades requeridas. Flexible a diseños curvos, resulta idóneo en muros interiores en condiciones de humedad, (Folleto Cempanel, 2011).



Figura 3. Ejemplos de Materiales Cempanel.

Cemplank. Tabla de fibra cemento mayormente utilizada en los últimos cinco años de vivienda. Esta hecho del mismo material que el Cempanel, sólo que tiene tabletas de 12 cm. de ancho, las cuales se instalan traslapadas una con otra (estilo siding) en los muros de las fachadas. Presenta dos tipos de acabado: liso o imitación madera, (Folleto Cemplank, 2010).

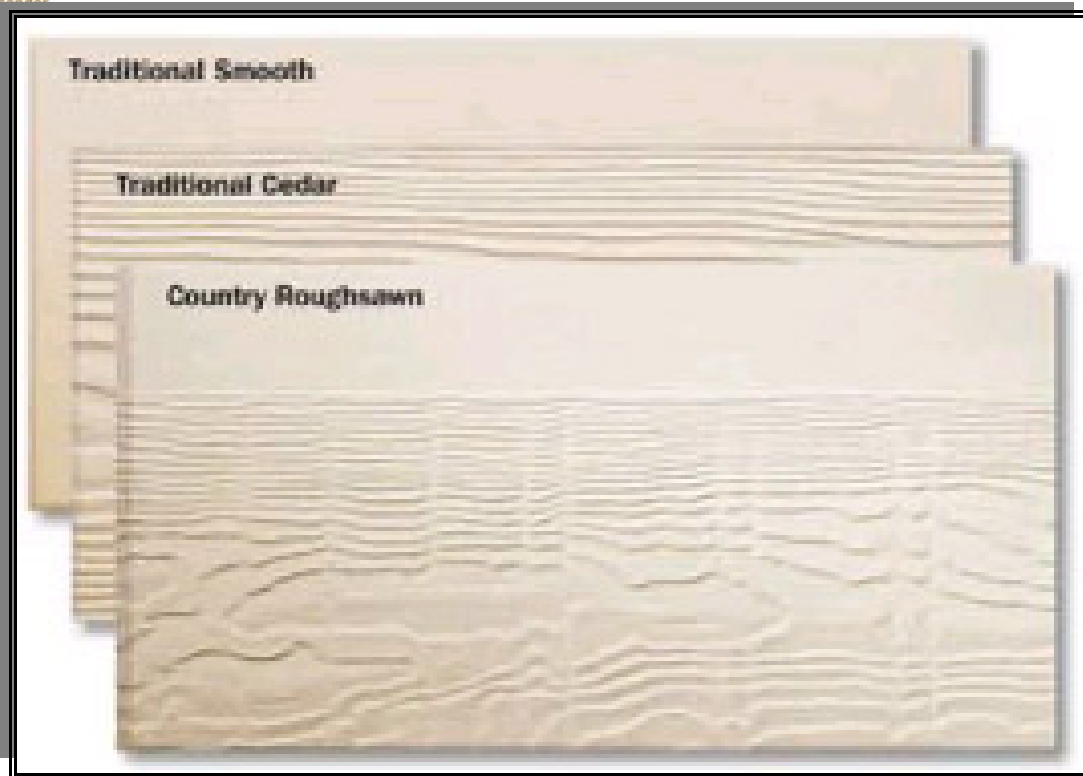


Figura 4. Cemplank en diferentes texturas.

Durok. Losa de cemento que se forma en un proceso continuo de lechada de cemento Portland en bordes y superficies anteriores y posteriores completamente rodeados de malla de fibra de vidrio y recubierta de polímero. Los bordes son suaves, los extremos son cortados en escuadra. Posee una base suave y segura para mosaicos de vidrio y cerámicos, es adecuada para aplicarse en armazones de madera o acero con espaciamiento de 16” en construcciones nuevas o en remodelaciones. Es ideal para el uso de paredes, pisos y techos en áreas secas y húmedas. No se deteriora en presencia de agua de modo que es altamente durable en áreas de alta humedad como baños, regaderas, cocinas y cuartos de lavado, (Manual Técnico Durock, 2011).

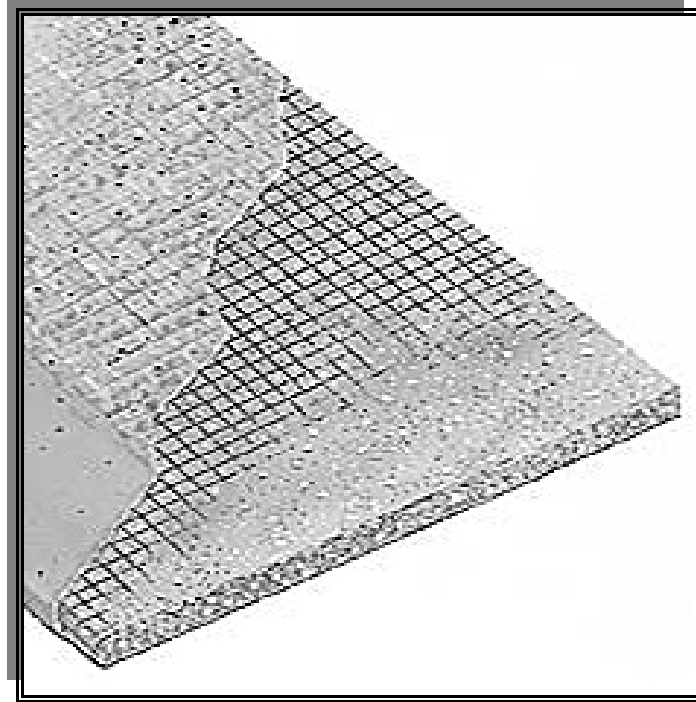


Figura 5. Detalle de Durock.

2.2.2 Investigaciones Relacionadas con Tableros Elaborados de Materiales Alternativos para compararlos con los tabiques

En México, como en varios países han sido investigadas desde hace años los materiales plásticos y las fibras vegetales como una alternativa destinada a la vivienda de interés social; principalmente por su bajo costo y su utilización como desecho de otras actividades económicas y apoyo al medio ambiente, (Grellmann, 2010).

El crecimiento constante de la población y el aumento de las necesidades de vivienda han creado la necesidad de experimentar en el área de los tabiques ecológicos.



2.2.2.1 Chapilla, Viruta y Aserrín

Por ejemplo en Colombia, se utiliza la chapilla, la viruta y el aserrín para la elaboración de un tablero aglomerado combinando todos los elementos a densidades, pesos y volúmenes (Velasco, 2005)

Se realizan las combinaciones del material (virutas, aserrín, hojuelas) y se pasa a una mezcladora por pulverización en donde se empapan de una resina formaldehído y así los residuos quedan mojados y uniformes.

En el proceso final se coloca el material en marcos para ser moldeada y se pasa sobre la mezcla de arriba hacia abajo un rodillo que nivela y presiona (con una prensa hidráulica caliente a 150 °C de 450 ton, con una presión máxima de 300 Kg. /cm.) la masa de desperdicios dándole cuerpo y calibrando de acuerdo a la altura que se desee. (Colorado, 1999).



Figura 6. Tableros de Chapilla, Viruta y Aserrín.

2.2.2.2 Cemento y partículas mineralizadas de madera

En nuestro país, la Compañía Prefabricados Estructurales Guadiana Bison, S.A. de R.L., filial de Grupo Guadiana en Durango, invirtió varios años de trabajo hasta obtener un material que afirman, es un avance en la tecnología de la construcción, una disminución en el manejo de materiales y la posibilidad de reproducirlo industrialmente, (Novoa, 2005).

Se determinan las propiedades por sus insumos básicos: el cemento y las partículas mineralizadas de madera. Del primero, utilizado en una proporción del 71% del peso, adquiere su resistencia al clima, fuego, hongos, polilla y termitas. Del segundo, asimila su elasticidad, bajo peso y su facilidad para trabajarlo.



Figura 7. Tabique de Aserrín y Cemento.

2.2.2.3 Cemento, Acero y Plástico.

En Europa el sistema de Duo-Massiv es un método que se basa en “emparedados compuestos que contienen aglomerado con cemento, sujetadores, barras de acero de refuerzo y espaciadores de plástico”, los paneles son planos y lisos.

El uso de este tablero a base de madera en esta técnica de construcción ayuda a aumentar la ganancia del mercado de la madera al reemplazar el bloque 100% de concreto utilizados. “Provee a los procesadores de madera de un mercado para sus desechos de madera” (Ferry, s.f.).



Lo más importante, quizás, es la precisión en sus formas, el cual asegura que todos los elementos de construcción encajan a la perfección, con las tolerancias reducidas a milímetros, requerido por muchos métodos convencionales.

El tiempo de construcción en sitio es de 30% a 50% menos que con los métodos convencionales, por lo tanto obtenemos una reducción en mano de obra.

2.3 Materias Primas

Chips de material Tereftalato de polietileno (PET) el cual se puede obtener fácilmente de las botellas de plástico las cuales están dando una nueva cultura para el reciclado de estas, los cuales se deben de triturar para así ser utilizadas.

2.3.1 Materia Prima PET

Polietileno Tereftalato (PET): Es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, y conservación del sabor y aroma de los alimentos. Es una barrera contra los gases, reciclable al 100%. (Feed Pack News, 2012).



Contaminación: Sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio irreversible (no siempre), en un ecosistema, medio físico o ser vivo. Una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, que se genera como consecuencia de la actividad humana. Para que ésta exista, la sustancia contaminante debe estar en cantidad suficiente para provocar desequilibrio (Webster Online Dictionary, 2011).

Reciclar: Proceso que consiste en someter una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto (Webster Online Dictionary, 2011) (Figura 7). También se conoce como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida. Se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales o el deterioro de los mismos.



Figura 8. Reciclaje de Botellas de PET.

Hoy en día, debido a la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo, la cantidad de basura que generamos en México y el mundo ha crecido de manera considerable, y aunado a su ineficiente manejo, la contaminación ocasiona problemas de salud y daño al medio ambiente; además de conflictos sociales y políticos. Anteriormente, gran parte de la basura era quemada, lo que ocasionó una explosión incontrolable de Dióxido de Carbono; por ser llevada a tiraderos, se generó una sobrepoblación de basura que en estos momentos representa un gran problema, pues la capacidad de los denominados tiraderos sanitarios, ha sido rebasada con mucho, (Petmexico, s.f.).



2.3.2 El Cemento.

El **cemento** es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua (Figura 9), (Diccionario de la lengua española, 2005).

Mezclado con agregados pétreos y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada hormigón o concreto. Su uso está muy generalizado en construcción.

Cuenta con propiedades adhesivas y cohesivas las cuales dan la capacidad de aglutinar otros materiales para formar un todo, sólido y compacto.

Su uso se remonta a la antigüedad, desde la época de los egipcios, griegos y romanos, ellos iniciaron por mezclar arena, agua y piedra triturada, por lo que se puede decir que este fue el primer concreto de la historia.

Se obtiene a partir de la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos, así como de otros que contengan sílice, aluminio y óxidos de fierro. Es un mineral finamente molido, usualmente de color grisáceo extraído de rocas calizas, que al triturarse hasta convertirse en polvo y ser mezclado con agua, tiene la propiedad de endurecer.

Su fabricación consiste en la trituración fina, mezclada en ciertas proporciones y calcinada en un horno rotatorio de gran dimensión, a una temperatura de 1400 °C, donde el material se sintetiza y se funde parcialmente formando bolas conocidas como Clinker, que cuando se enfría el material, se tritura hasta obtener un polvo fino al que se le añade un poco



de yeso para obtenerse, como producto final, el cemento Portland (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, s.f.).



Figura 9. Cemento.

2.3.2.1 Cemento Portland

El cemento Portland debe su nombre a la semejanza, en color y calidad, con la piedra de Portland, una caliza obtenida de una cantera en Dorset, Inglaterra. Este cemento empezó a ser desarrollado por Joseph Aspin, en 1824, (Gallo, Espino y Olvera, 2003).

La definición del Cemento Portland Compuesto, según la Norma Oficial Mexicana, dice que es conglomerantes hidráulico que resulta de la pulverización de clinker frío, a un grado de finura determinado y al cual se le añaden agua y sulfato de calcio natural.



Según el grado de trituración, el cemento puede alcanzar un peso específico bastante elevado.

Existen varios tipos de cemento dependiendo de su uso específico. En relación con su color general, se encuentran los cementos grises y blancos.

La clasificación general para diferentes tipos de cemento de acuerdo con su propósito específico es la siguiente (Tabla 1), (Gallo, Espino y Olvera, 2003).

Tabla 1. Tipos de cemento.

Tipo	Características
1	Todo propósito
2	Resistentes a sulfatos
3	Resistencia rápida
4	Bajo calor de hidratación
5	Resistencia a la acción de sulfatos pesados

Cemento tipo 1(Para todos los propósitos). Se usa este tipo de cemento para mezclas de concreto en las que no se requieren de propiedades especiales, sobre todo cuando los elementos estructurales no están expuestos a la acción de sulfatos.

Cemento tipo 2(Resistente a los sulfatos). Este cemento tiene un propósito específico. Se recomienda su uso en estructuras que van estar expuestas a la acción de cantidades no muy importantes de sulfatos.



Cemento tipo 3(De resistencia rápida). Este cemento logra alcanzar a la resistencia en poco tiempo (una semana o quizá menos) y nos permite optimizar tiempos de construcción. Se usa en pisos, caminos, baqueta, etc.

Cemento tipo 4 (De baja temperatura de hidratación). Este tipo de cemento se usa primordialmente en estructuras masivas, tales como presas, donde las temperaturas que se desarrollan durante el fraguado puedan dañarlas.

Cemento tipo 5 (De alta resistencia a los sulfatos). Se usa en estructuras expuestas a la acción de sulfatos como, por ejemplo, el agua del subsuelo, que tiene gran contenido de este material.

Sus Usos

El cemento es un elemento muy útil en la construcción, en la mayoría de los casos insustituible en muchos trabajos. Cuando lo mezclamos con agua formamos una lechada que utilizamos para los techos de las construcciones. En combinación con arena y agua podemos obtener un mortero para utilizarse en el pegado de ladrillo, tabique, tabicón, piedra, de igual manera se puede utilizar como aplanado en muros interiores y exteriores. Cuando mezclamos el cemento con grava, arena y agua formamos el concreto.

Como podemos observar el cemento nos sirve para pegar (tabique, block, etc.), lechar azoteas, fabricar tabique, aplanar, de igual manera se utiliza para fabricar mosaicos, muebles de baño, tuberías, pisos de rodamiento vehicular, losas, muros, etc.



Pero no sólo se le utiliza en la vivienda, sino también para construir caminos, aeropuertos, puentes, fábricas, etc.

Además, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, drenajes y acueductos se hace con este producto.

El cemento es un excelente estabilizante de residuos tanto municipales como industriales, que deben ser tratados antes de ir a rellenos sanitarios. La industria del cemento puede colaborar también para mejorar el ambiente.

Su mejor aporte en este sentido consiste en la utilización de los hornos de fabricación de clinker para eliminar de una manera segura y definitiva una gran cantidad de residuos. Los hornos tienen la característica de aceptar como combustible muchos subproductos que tienen energía térmica (generan calor), municipales, llantas, plásticos, finos de coque, residuos hospitalarios (IMCYC, 2011).

2.4 Procedimientos de Pruebas de Laboratorio Aplicadas al Tabique

De las pruebas que se mencionan en Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. conocido por sus siglas ONNCCE.

Dentro de estas normas se encuentran las aplicables a BLOQUES, TABIQUES Ó



LADRILLOS y TABICONES, se utilizará la prueba Resistencia a la Compresión Método de Prueba (NMX-C-36-ONNCCE-2004). Por lo que a continuación se describe el proceso de la prueba a la compresión según lo indicado en la mencionada Norma.

2.4.1 Prueba a la Compresión

Para realizar la prueba se deberán considerar los siguientes aspectos:

A).- Para realizar la prueba se deberán probarse, cuando menos cinco (5) especímenes por cada 1000 piezas, lo más recomendable son 5 de cada 10000 - 40000.

B).- Los tabiques para esta prueba deben consistir en tabiques con sus extremos aproximadamente planos y paralelos. Puede obtenerse un tabique completo si las caras aparentemente planas del espécimen de prueba tienen depresiones, éstas deben rellenarse con una pasta de mortero de azufre con una resistencia mínima de 350kg/cm² dejándose fraguar el tiempo necesario para que este adquiera su resistencia adecuada para la prueba.

C).- Todos los tabiques deberán probarse apoyándolos sobre sus caras mayores; la carga deberá aplicarse en la dirección del espesor del tabique. Posteriormente se deberá centrar sus superficies que van a recibir la carga alineado verticalmente con el centro del bloque de carga de acero de la máquina de prueba

D).- Aplicar la mitad de la carga que se espera como máximo, a una velocidad conveniente después de la cual se ajustan los controles de la máquina lo necesario para dar una velocidad uniforme de traslado de la cabeza móvil, de tal modo que la carga restante no se aplique en menos de uno ni más de dos minutos.



Deberá usarse un bloque soporte de metal, endurecido, abajo del tabique a fin de reducir al mínimo la abrasión de la platina inferior de la máquina. Las superficies de soporte de los bloques entre los cales esta la resistencia a la compresión de cada tabique se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Resistencia a la compresión} = P/A$$

En donde:

La resistencia a la compresión está expresada en kilogramos por centímetro cuadrado.

P = Carga máxima, indicada en kilogramos, en la máquina de prueba.

A = Promedio de las áreas netas de las superficies de soporte superior e inferior del espécimen, en centímetros cuadrados.

Se reportará el promedio de la resistencia a la compresión de todos los especímenes ensayados como la resistencia a la compresión del lote de tabique sujeto a consideración.

Tabla 2. “Requisitos Físicos de los Bloques de Concreto”.

Subtipo	Resistencia Mínima de Ruptura a la compresión sobre el área bruta kg/cm ²		Absorción máxima en 24 horas en agua kg/m ³	Tolerancia de la relación entre el peso seco y el peso nominal por ciento.	
	Promedio de 5 Piezas	Pieza Individual			
Huecos	A1	70	56	220	+/- 8
	A2	60	48	240	+/- 8
	B	40	32	200	+/- 8
	C	23	18	-	+/- 12
Sólidos	D	100	80	240	+/- 8
	E	70	53	290	+/- 8
	F	40	32	-	+/- 12



Por lo tanto los criterios que deberán cumplir, en lo que se refiere a la resistencia a la compresión, los tabiques experimentales serán los que a continuación se mencionan:

1. La resistencia a la compresión mínima necesaria por pieza del total muestreado será de 53 kg/cm², y por último
2. La resistencia a la compresión mínima necesaria del promedio de las 5 piezas muestreadas no será menor de 70 kg/cm².

Por lo que si los tabicones experimentales no cumplen con los anteriores requisitos serán desechados totalmente. (ONNCCE, 2004)



Figura 10. Ejemplo de Prueba de Compresión.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Capítulo III



3.1 Sujeto

En este apartado se presenta la metodología de investigación cuya base es la revisión de los procedimientos a seguir para la elaboración de los tabiques, en donde se encontraron variables para cada ensayo y métodos de experimentación para la aplicación del diseño adecuado y la obtención de la mayor cantidad de información con el menor número de ensayos posibles.

Uno de los objetivos de este trabajo fue evaluar las propiedades mecánicas por la variación de sus factores principales: 1) baja densidad, 2) rigidez y 3) resistencia.

En este capítulo se plasma la esencia del proyecto. En él se muestran los pasos que se siguieron para desarrollar los diseños de las mezclas realizadas con los cementantes y agregados sustitutos para formar los tabiques experimentales. Además, se indica el proceso de fabricación de las muestras y se decidirá, si cumplen con la resistencia en las pruebas de laboratorio.

A continuación se describen los pasos que se siguieron para llevar a cabo el experimento:

- **Definición de los especímenes:** se muestran las diferentes mezclas que se realizaron para llevar a cabo el desarrollo de los tabiques, se indica la nomenclatura



que se le asigna a cada uno, la descripción de cómo está formada la mezcla y el tipo agregado empleado.

- **Síntesis del proceso de fabricación:** se habla de forma breve de cómo se elaboraron los tabiques experimentales, así como del equipo y maquinaria empleada para tal fin.
- **Descripción de las observaciones:** obtenidas en las pruebas de laboratorio en los especímenes y análisis de los resultados aplicados a los tabiques en lo que respecta a la resistencia, para definir las piezas que si cumplen con lo buscado en el trabajo de investigación.

3.2 Materiales

Los tabiques experimentales nacen de la mezclas de cementante con agregados. Para fines prácticos, las mezclas se hicieron en grupos de ensayos, cada uno de ellos formado por tabiques que son definidos por la forma en que se realizo su mezcla, es decir, si se sustituyó el jal de manera parcial o total por otro agregado.

Los tabiques fueron identificados con una nomenclatura del tipo numérica para identificarlos al momento de realizar las pruebas de compresión. Los tabiques se elaboraron del período de enero del año 2013 a junio del año 2013.



A continuación se detalla cada una de las mezclas realizadas para los tabiques.

1. El primer grupo consistió en la sustitución total y parcial del jal por hojuelas de plástico PET dentro de los cuales tenemos, las siguientes mezclas.

- A1.- Sustitución al 50% del jal por hojuelas de plástico PET.
- B1.- Sustitución al 25% del jal por hojuelas de plástico PET.

2. El segundo grupo consistió en sustitución total y parcial del jal por bagazo de fibras naturales como coco y caña. Dentro de estos tenemos.

- A2.- Sustitución al 50% del jal por bagazo de fibras naturales como coco y caña.
- B2.- Sustitución al 25% del jal por bagazo de fibras naturales como coco y caña.

3.3 Procedimiento

La fabricación de los tabiques de prueba se realizó en casa, debido a que por seguridad ninguna empresa quiso prestar su equipo para realizar los experimentos, por lo que se llegó a la conclusión de realizar las piezas para los experimentos de manera rudimentaria. Utilizando el siguiente equipo que consistió en una pala, molde de madera para tabiques, varilla para picar la mezcla en los moldes y evitar burbujas de aire en las piezas.



3.3.1 Elaborar molde para tabique.

El molde fue hecho en casa con madera para realizar las pruebas, del mismo modo que se realizan los tabiques de adobe y ladrillo rojo; se realizaron los siguientes pasos:

1. Primeramente se cortaron 2 piezas de madera de 33.5" x 4" x 1" y 6 piezas de 11" x 4" x 1", las cuales son las necesarias para formar el molde para 5 tabiques que es lo que nos recomienda la norma de Resistencia a la Compresión Método de Prueba (NMX-C-36-ONNCCE-2004).
2. Como segundo paso se revisaron las piezas de madera para comprobar que todas estuvieran de la misma medida y utilizando una escuadra corroboramos que no tuvieran un descuadre a la hora de armar el molde.
3. Presentadas las piezas de madera procedimos a marcar en donde irían cada una de estas, para así poder hacer una perforación con una broca de 1/16" que nos serviría de guía para las pijas.
4. Una vez hechas todas las perforaciones para las pijas se procedió a ensamblar el marco exterior utilizando un taladro con punta de cruz para fijar las pijas y apoyándonos con la escuadra para que la madera no se descuadrara.
5. Posteriormente se ensamblaron las piezas del centro las cuales son las que dividen a los tabiques de prueba.
6. Al tener armado el molde se procede a dar un baño de aceite quemado para evitar que el cemento se pegue y las piezas se destruyan a la hora de hacer los tabiques de prueba y desmoldarlos para su secado.



3.3.2 Obtener material sustituto.

Para la obtención de las hojuelas de plástico PET se acudió a una empresa Recicladora de Plásticos la cual tiene como nombre “Plásticos del Noroeste” y se ubica en calle Ángel Flores #2160 Norte, Colonia Las Fuentes, en la ciudad de Los Mochis, Sinaloa., se les hizo una solicitud de venta de material, pero dicha empresa comento no dedicarse a la venta de este material, por otra parte la empresa proporcionó una cubeta de este material para la elaboración de los tabiques de prueba.

Primeramente se buscó ayuda con la compañía azucarera del Ingenio Mochis, la cual se encarga de procesar la caña de azúcar para obtener sus derivados y como consecuencia de esto se obtiene gabazo de caña, pero se negaron a proporcionar este material, por lo que se optó por hacer las pruebas con cáscara de coco la cual cuenta con una consistencia muy parecida a la caña. Y para la obtención de los materiales sustitutos se busco ayuda en negocios dedicados a la venta de cocos preparados y se buscaron desechos de este mismo los cuales se trituraron con la ayuda de un machete y un cuchillo para partir las piezas más grandes y transformarlas en elementos pequeños que nos permitieran su maniobrabilidad durante la elaboración de los tabiques de prueba.

1. El primer paso fue conseguir los desechos de coco para proceder a su trituración.
2. En segundo paso se utilizó un machete y pedazos de madera para hacer los cortes de la cáscara de coco y no dañar el filo del machete al golpear el piso.
3. Al cortar con el machete se obtenían piezas grandes de la cáscara de coco por lo que se utilizó un cuchillo para hacer pedazos más pequeños de entre 2-4 cm.



4. Ya con los pedazos de cáscara de coco se deja orear en el sol para que no se inicie la descomposición de la materia, al ya tenerla algo seca se procede a su almacenamiento.

3.3.3 Fabricación de tabiques.

En este procedimiento se explica los pasos a seguir y la dosificación empleada, para la fabricación de los tabiques tradicionales así como los de la investigación, consiste en la siguiente:

1. En primer lugar se agrega 3.5 botes de Jal, equivalente a 0.0665 m³ ó al material sustituto, en seguida se añade el 6.75 kg de cemento y el agua, esta última con una dosificación de 10 litros. Esta cantidad de materia es para una revolvedora de la cual salen aproximadamente 30 piezas.
2. Una vez hecha la homogenización de los materiales, se procede a rellenar los moldes con la mezcla, esparciéndola por medios manuales para llenar uniformemente
3. Terminado lo anterior se procede a picar con una varilla para llenar todas las cavidades para compactar los tabiques.
4. Realizada una buena compactación se procede a retirar los moldes, logrando con esto que las piezas sean colocadas en su lugar de reposo.
5. Una vez en su sitio de reposo, las piezas se deben dejar descansar 3 (tres) días al sol para el fraguado y luego ser estibadas, puesto que debido al uso de materiales alternos al jal no se considero apropiado que fueran sumergidas en agua para la prueba.



3.3.4 Pruebas de Laboratorio

Las pruebas de laboratorio se deben de realizar cumpliendo con una edad de elaboración de 28 días, las pruebas se realizaron Control de Calidad y Construcción FILOVA el cual se encuentra ubicado en Privada Febrero # 1339, Col. Raúl Romanillo de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa., aplicando el procedimiento indicado en las norma (NMX-C-36-ONNCCE-2004), método de prueba, resistencia a la compresión, bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines, mencionadas en el capítulo de generalidades.

Los pasos que se sigue para realizar las pruebas son los siguientes:

1. Se toman las dimensiones de las piezas completa, para obtener con esto el área de contacto del tabique con las placas de la prensa, no se usaron medias piezas debido a que era un material nuevo y no se sabía cuál sería su comportamiento al momento de hacer el corte.
2. Se limpia perfectamente con una espátula la superficie de las piezas para quitar todo tipo de desperfectos que pudieran afectar el comportamiento de esta ante la prensa.
3. Una vez concluido los pasos anteriores, se coloca la pieza en la prensa cubriéndolas en ambas caras a las que se les aplicara la fuerza con unas placas metálicas con las cuales se distribuirá uniformemente la carga.
4. Se aplica la carga en forma constante, sin que esta sea muy rápida para evitar una ruptura inesperada en los elementos de prueba.
5. Se toma la lectura cuando la aguja del manómetro ya no registra movimiento.
6. Con el valor indicado en el manómetro y el área de la pieza se obtiene su esfuerzo máximo a la compresión ($f'c.$).



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Capítulo IV



4.1 Resultados

La fabricación de los ensayos se realizó en casa, debido a que por seguridad ninguna empresa quiso prestar su equipo para realizar los experimentos; por lo que se llegó a la conclusión de realizar las piezas para los experimentos de manera rudimentaria.

El equipo que se empleó consistió en una pala, molde de madera para tabiques, varilla para picar la mezcla en los moldes para hacerla que baje y evitar burbujas de aire en las piezas.

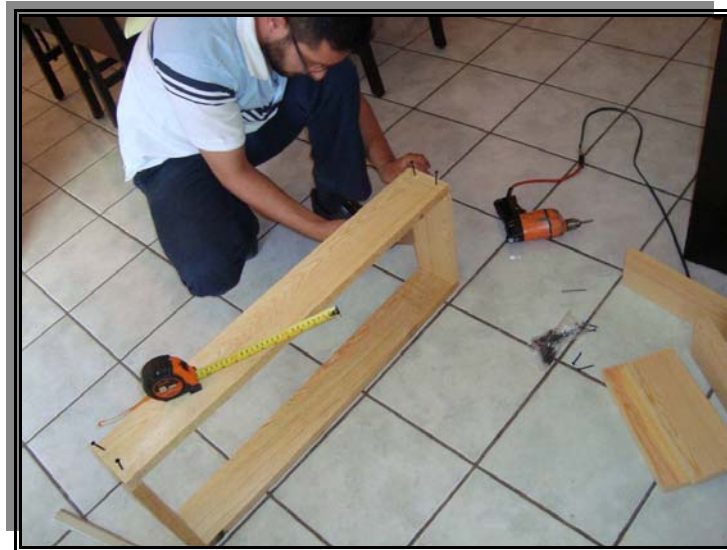


Figura 11. Elaboración de molde para Pruebas.

4.1.1 Resultado de molde para tabique.

El molde para la elaboración de las piezas de prueba está hecho de madera y dichas pruebas se realizaron en casa, utilizando herramientas de uso común en el hogar como desarmadores, taladro, escuadras y pijas, se midió y escuadró a la perfección para darles el



escuadre correcto y evitar imperfecciones, finalizado los pasos se le dio un recubrimiento de aceite quemado para ayudar a su conservación al encontrarse en contacto con la humedad de la mezcla de los diferentes materiales con lo que fueron realizadas las piezas.



Figura 12. Presentación de piezas.

El tiempo aproximado de elaboración del molde fue de 2 horas, ya que se hizo todo minuciosamente para evitar algún fallo en la elaboración de las piezas de prueba.

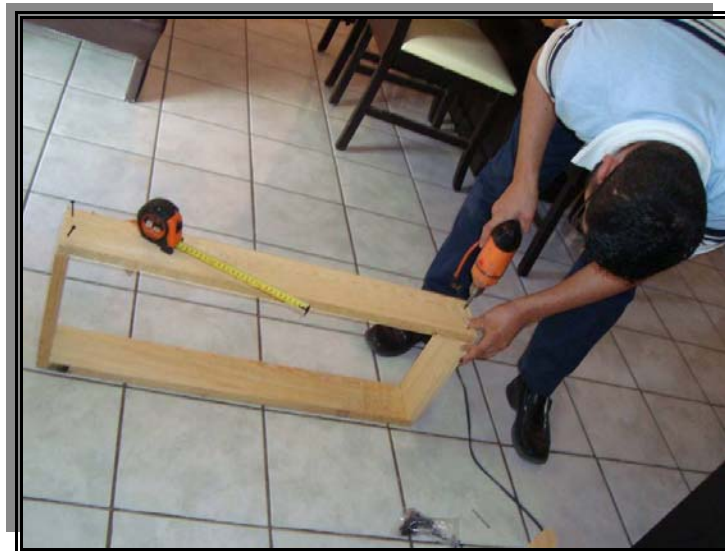


Figura 13. Armado de marco.

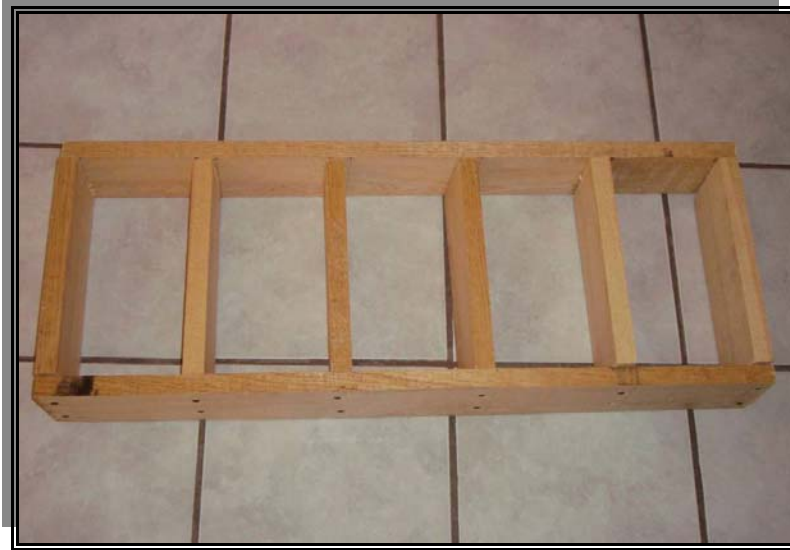


Figura 14. Molde terminado.

Tomo una hora más para el recubrimiento de aceite quemado, ya que había que esperar un tiempo considerable para que la madera absorbiera bien el aceite quemado y así dar una segunda capa para obtener un recubrimiento uniforme y adecuado.



Figura 15. Molde aceitado.



4.1.2 Obtención de materias primas substitutas.

Para la obtención de los materiales substitutos se buscó ayuda en negocios dedicados a la venta de cocos preparados y de igual forma se buscaron desechos de coco, los cuales se trituraron con la ayuda de un machete y un cuchillo para partir las piezas más grandes, en elementos pequeños que nos permitan su maniobrabilidad.



Figura 16. Cáscaras de coco para las pruebas.

Al contar con los desechos de los cocos se procedió a triturar las cáscaras colocándolas en un trozo de madera, y cortándolos con el machete en trozos de 4-5 cms, una vez obtenidas las piezas en las dimensiones dadas, se procedió a cortar los pedazos mas grandes con el cuchillo y obtener piezas de fibra más pequeñas las cuales pudieran ser manejables.



Figura 17. Corte de cáscaras de coco.

Al obtener las dimensiones deseadas se procedió a dejar secarlas al sol durante unos días para quitar el exceso de humedad, y evitar que se iniciara la descomposición de la materia orgánica una vez seca.



Figura 18. Padecería de cáscara de coco.

Para la obtención de las hojuelas de plástico PET se acudió a una empresa Recicladora de Plásticos del Noroeste que se ubica en la calle Ángel Flores #2160 Norte, Colonia Las



Fuentes, en la ciudad de Los Mochis, Sinaloa., se les hizo una solicitud de venta de material, pero al no dedicarse a la venta de este, no se obtuvo lo necesario; pero por parte de la empresa se proporcionó una cubeta de dicho material para la elaboración de los tabiques de prueba.

Por lo que se encuentra otra oportunidad de iniciar con el reciclaje de PET a baja escala para el abasto de material y posteriormente realizar una estrategia en la cual se hagan convenios con escuelas para una mayor captación de materia prima y su procesamiento.



Figura 19. Hojuelas de PET.



4.1.3 Elaboración de Tabiques de prueba

La dosificación empleada para la fabricación de los tabiques tradicionales así como los de investigación, consiste en la siguiente: 6.75 kg de cemento, 3 botes de Jal, 3/4 partes de un bote de arenon, 4 litros de agua aproximadamente, en ocasiones se necesita un poco más dependiendo de los requerimientos de cada material.



Figura 20. Homogenización del jal y cemento.

Se realizaron diferentes dosificaciones utilizando el mismo procedimiento descrito. En la primera mezcla se utilizó jal y hojuelas de PET, el cual sustituía un 30% al material principal, agregando la misma cantidad de arenon y cemento que se utiliza en la elaboración de una pieza común.

Se realizó una segunda mezcla más en donde se utilizó un 50% de PET en sustitución del jal en donde los resultados fueron un poco menos alentadores a la hora de la prueba de laboratorio.



Figura 21. Añadiendo material sustituto PET.

Primeramente se mezclan las materias primas principales que son el jal, cemento, arenon y el PET para dar una uniformidad en la unión de los materiales, posteriormente se inicia agregando humedad poco a poco, para obtener humidificación adecuada en toda la mezcla.



Figura 22. Integración de materiales con agua.



Figura 23. Terminando homogenización.

Una vez hecha la homogenización de los materiales, se procede a rellenar los moldes con la mezcla, esparciéndola por medios manuales o incrustando los elementos generadores de vacío a estos y terminado lo anterior se procede a picar con una varilla para llenar todas las cavidades para compactar los tabiques.



Figura 24. Llenado de moldes.



Cuando se tiene una compactación adecuada se procede a retirar los moldes logrando con esto que las piezas sean colocadas en su lugar de reposo al sol para un secado lento y darle el tiempo necesario para que el cemento adquiriera su máxima resistencia a los 28 días.



Figura 25. Pieza en reposo.

Pasados de 3 a 4 días de secado al sol, las piezas son manejables y se pueden estibar en un lugar que no se maltraten, para evitar alguna fractura no deseada.



Figura 26. Piezas estibadas para secado.



Para los tabiques con cáscara de coco se realizó el mismo procedimiento que con el PET, pero con este material se obtuvieron resultados fallidos, ya que las fibras no se entrelazaron bien y los tabiques se desmoronaban al desmoldarse; por lo que el análisis no fue de mucha ayuda, ya que las piezas de ensaye no subieron para realizar las pruebas de laboratorio como se muestra en algunas imágenes en donde se realizaron mezclas de un 30% de fibra de coco reemplazando al jal y en una segunda prueba se realizó una sustitución de un 50% de la materia prima substituta.



Figura 27. Tabique de fibra de coco.



Figura 28. Tabique de prueba con fallas.

Con esto se termina de explicar el proceso de fabricación que se empleó para la elaboración de los tabiques de prueba en donde se substituyeron la materia prima que era el jal por materiales alternativos como lo es el PET y la fibra de coco.

4.1.4 Pruebas de Laboratorio

Las pruebas de laboratorio se deben de realizar cumpliendo con una edad de elaboración de 28 días, las pruebas se realizaron en el laboratorio de Control de Calidad y Construcción FILOVA el cual se encuentra ubicado en Privada Febrero # 1339, Col. Raúl Romanillo de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa., aplicando el procedimiento indicado en la norma (NMX-C-36-ONNCCE-2004), método de prueba, resistencia a la compresión, bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines, mencionadas en el capítulo de generalidades.



Los pasos durante las pruebas de laboratorios se realizaron como se hacen comúnmente difiriendo en algunos pasos con los de la normas ya que se considero que sería más adecuado debido a los tipos de materiales empleados para elaborar las piezas: primeramente se procedió a pesar las piezas para obtener la densidad de cada unos de los materiales y las mezclas utilizadas durante la elaboración de los diferentes ensayos de materiales alternativos.



Figura 29. Obtención de Peso.

Una vez pesadas las piezas se toman sus dimensiones, para poder obtener el volumen y el área de contacto del tabique con las placas de la prensa.



Figura 30. Medición de Piezas.

Se realizó una mezcla de yeso, la cual se colocó con una espátula para quitar todo tipo de desperfectos que pudieran afectar el comportamiento de esta ante la prensa, esto después de limpiar muy bien las caras que se utilizarán para la prueba.



Figura 31. Colocación de Yeso.



Figura 32. Piezas Terminadas.

Ya concluidos los pasos anteriores, se deben colocar las piezas en la prensa una a una, se comienza a aplicar una carga constante de una manera lenta para que pueda ser distribuida por los elementos de prueba.



Figura 33. Colocación de Tabiques en Prensa.



Cuando los elementos se rompen y las agujas dejan de moverse se toma la lectura del manómetro ya que se detendrá en la carga final que soportaron las piezas y nos permitirá obtener el es el esfuerzo máximo de compresión ($f'c$) de esta.



Figura 34. Lectura de la Medida Final.

Ya con el valor indicado en el manómetro y las medidas obtenidas en los pasos anteriores se puede obtener el resultado al esfuerzo máximo de compresión en este elemento el cual se denomina $f'c$, posteriormente se deberá de promediar con los otros resultados para obtener un promedio de resistencia de la mezcla.

Expresión para obtener el $f'c$ = $\text{Peso de Carga} / \text{Área cm}^2$



4.2 Discusión de Resultados Pruebas de Laboratorio

Una vez que fueron analizando los resultados de los ensayos en las piezas elaboradas con jal, arenon y cemento, podemos apreciar que se obtuvieron resistencias de 38.40 kg/cm² como mínima a 56.12 kg/cm² máxima en la compresión, dando un promedio de 46.20 kg/cm² como se aprecia en la Tabla 3., esto por debajo de lo solicitado por la NMX-C-36-ONNCCE-2004, respectivamente como se indican en la Tabla 2. Estos valores de resistencia se debieron básicamente a que no se agregó la cantidad adecuada de cemento para la realización de las piezas de jal.

Tabla 3. Resultados de pruebas de compresión de tabiques de jal.

Informe de Pruebas Físicas						
Tabiques de Jal						
IDENTIFICACIÓN	Número de Ensayo	1	2	3	4	5
	Número de Tabique	X1	X2	X3	X4	X5
	Para Emplearse en	Muros				
DIMENSIONES	Largo en cm	27.70	28.00	27.90	27.90	28.00
	Ancho en cm	14.10	13.70	14.00	14.00	14.00
	Espesor en cm	10.10	10.00	10.00	10.10	10.20
	Peso en kg	4.15	3.74	4.06	4.00	3.75
PRUEBAS EFECTUADAS	Cargas Kg	18000.00	15000.00	15000.00	20000.00	22000.00
	Áreas cm ²	390.57	383.60	390.60	390.60	392.00
	Resistencia kg/cm ²	46.09	39.10	38.40	51.20	56.12
PROMEDIO DE RESISTENCIA					46.2 kg/cm ²	

Los resultados antes descritos fueron obtenidos de los datos de que fueron proporcionados por la empresa FILOVA en su hoja de análisis de compresión como se aprecia en el Anexo 1.

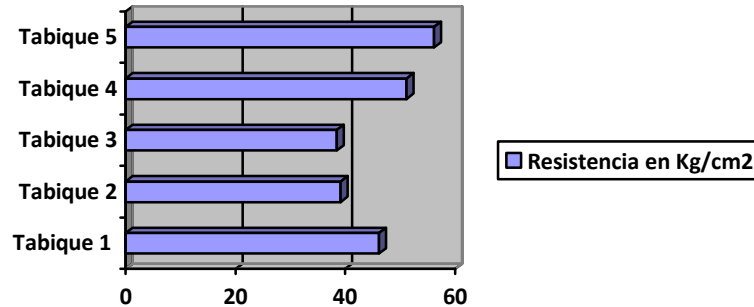


Figura 35. Resistencia Tabiques de Jal Convencional.

Se observó que las piezas eran sólidas, pero no cubren las necesidades básicas para pasar la norma, la cual es de 53 kg/cm² como lo indica la Tabla 2 de requisitos físicos método de prueba, resistencia a la compresión, (NMX-C-36-ONNCCE-2004), bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines.

En las piezas realizadas con Jal –PET al 30% en donde se obtuvieron los siguientes resultados de compresión que arrojaron una resistencia mínima de 10.20 kg/cm² y una máxima de 20.41 kg/cm² lo que arrojó un promedio de 17.40 kg/cm² tal y como se aprecia en la Tabla 4 de los resultados de pruebas, la cual está muy por debajo a la permitida por la Norma método de prueba, resistencia a la compresión, (NMX-C-36-ONNCCE-2004), bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines.



Los tabiques experimentales fabricados con PET molido al 30% utilizaron las siguientes proporciones; 5 kg de cemento, 8 lts de PET molido, 6 litros de arenon y una cubeta de 19 lts de jal, esta dosificación es para una producción equivalente a 6-8 piezas. Los resultados pueden ser comparados con los resultados del Anexo 2.

Tabla 4. Resultados de pruebas de compresión de tabiques de JAL-PET al 30%.

Informe de Pruebas Físicas						
Tabiques de Jal conPet al 30%						
IDENTIFICACIÓN	Número de Ensayo	1	2	3	4	5
	Número de Tabique	A1	A2	A3	A4	A5
	Para Emplearse en	Muros				
DIMENSIONES	Largo en cm	28.00	28.00	27.90	28.00	28.00
	Ancho en cm	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Espesor en cm	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Peso en kg	3.75	3.50	2.55	3.58	3.69
PRUEBAS EFECTUADAS	Cargas Kg	8000.00	4000.00	7000.00	8000.00	7000.00
	Áreas cm2	392.00	392.00	390.60	392.00	392.00
	Resistencia kg/cm2	20.41	10.20	17.92	20.41	17.85
PROMEDIO DE RESISTENCIA					17.40 kg/cm2	

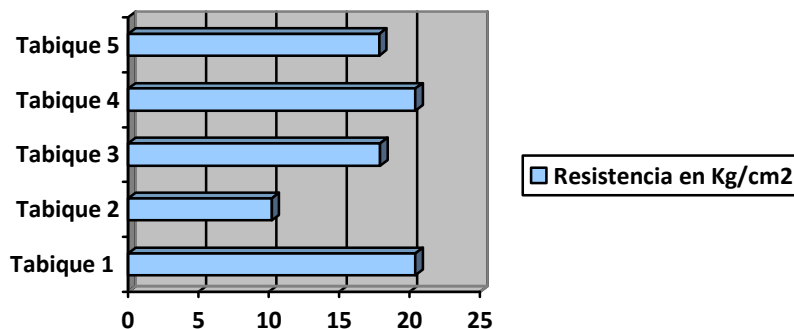


Figura 36. Tabiques de Jal-Pet 30%.

Con una dosificación de PET a un 50% como única variante con respecto a la prueba anterior, utilizando las siguientes proporciones: 5 kg de cemento, 12 lts de PET molido, 6



litros de arenon y una cubeta de 19 lts de jal, en donde no obtuvimos los resultados esperados, ya que se redujo el peso pero no se obtuvo la resistencia adecuada de acuerdo a la norma (NMX-C-36-ONNCCE-2004), expresada en la Tabla 2, en estos ensayos obtuvimos una resistencia mínima de 7.65 kg/cm² y una máxima de 17.35kg/cm² lo cual nos arroja un promedio de 12.60 kg/cm² tal y como se aprecia en la Tabla 5 muy por debajo de los 53 kg/cm² requeridos. Podemos realizar la comparación de resultados y cómo se llegó a los datos obtenidos en el Anexo 3.

Tabla 5. Resultados de pruebas de compresión de tabiques de JAL-PET al 50%.

Informe de Pruebas Físicas						
Tabiques de Jal conPet al 50%						
IDENTIFICACIÓN	Número de Ensaye	1	2	3	4	5
	Número de Tabique	B1	B2	B3	B4	B5
	Para Emplearse en	Muros				
DIMENSIONES	Largo en cm	28.00	28.00	27.90	28.00	28.00
	Ancho en cm	14.00	14.50	14.00	14.00	14.00
	Espesor en cm	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Peso en kg	3.22	2.93	2.90	3.13	2.99
PRUEBAS EFECTUADAS	Cargas Kg	6800.00	5000.00	5000.00	5000.00	3000.00
	Áreas cm ²	392.00	406.00	390.60	392.00	392.00
	Resistencia kg/cm ²	17.35	12.32	12.76	12.76	7.65
PROMEDIO DE RESISTENCIA					12.60 kg/cm ²	

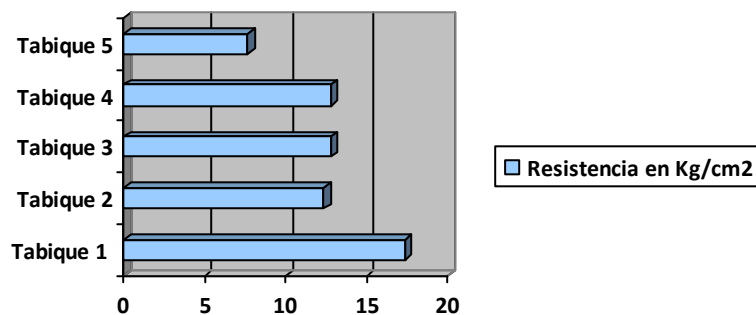


Figura 37. Tabiques de Jal-Pet 50%.



Por último podemos apreciar la Figura 38, la cual es una gráfica comparativa de las diferencias entre las dos tipos de mezclas obtenidas para la realización de tabiques y los elaborados por de jal, cemento y arenon para hacer la comprobación de las resistencias, entre los convencionales y los de estudio a base de materiales substitutos.

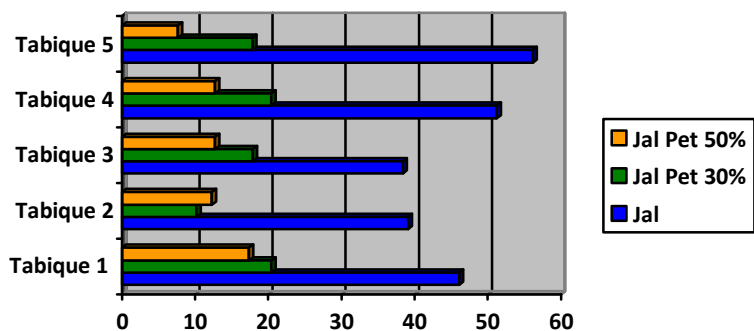


Figura 38. Gráfica comparativa.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Capítulo V



5.1 Conclusiones

En este capítulo se evaluará si pudimos o no obtener la respuesta a la pregunta planteada.

Para este fin, se recordará la pregunta, la cual se menciona a continuación:

¿Cuál es el material alternativo más adecuado para la elaboración de tabiques ecológicos?

Para verificar si ésta fue acertada se tomó como base el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos anteriormente valorados. De dicha evolución se deduce que ninguno de los ensayos cumplió con los criterios de aceptación y por lo tanto se rechazan las tres pruebas.

Se hizo la observación que las piezas convencionales no llegaron a la resistencia adecuada debido a una deficiencia en la cantidad de cemento necesario para obtener la resistencia deseable, ya que al parecer no se agregaba la dosificación de cemento adecuada, la cual fue utilizada en este estudio, que proporciona la dureza de a los elementos analizados.

En el caso de los tabiques de jal al 30% se pudo apreciar que la resistencia es baja debido a la poca adherencia que se tienen entre el plástico y el cemento natural, debido a esto se obtuvo una muy baja resistencia de los ensayos.



En los ensayos realizados con PET al 50 % Se concluye que no cumplen para nada en lo requerido, pues el contenido de plástico es mayor y su adherencia es menor.

Este tipo de materiales pudieran llegar a utilizarse como piezas divisorias, más nunca estructurales, ya que no soporta las cargas. Para que este material pudiera llegar a ser utilizado en elementos de carga se tiene que realizar una investigación más exhaustiva a base de algún aditivo epóxico o un tipo de fibra que le proporcione una rigidez adecuada como para cumplir las normas (NMX-C-36-ONNCCE-2004).

En la actualidad existen diversos materiales epóxicos que nos pudieran ayudar a obtener las piezas que estamos buscando para lograr encontrar un material alternativo para la sustitución del jal.

Se pudo concluir que la cáscara de coco no fue adecuada para la elaboración de los ensayos, ya que no se logro la obtención de piezas adecuadas, puesto que eran muy inestables y frágiles, pudiéndose lograr obtener solamente unos 2 tabiques debido a su mal comportamiento con el cemento, obteniendo la conclusión muy semejante a la de los tabiques de jal-PET que es encontrar un epóxico que le brinde una rigidez adecuada para ser utilizado en la elaboración de tabiques.

5.1.1 Recomendaciones

Se recomienda seguir con la investigación haciendo nuevas mezclas de cemento, Jal y PET pero agregando algún tipo de epóxico o fibra para lograr un material ecológico, el cual



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

nos ayude a conservar el medio ambiente, ya que se tienen casos de éxito en la utilización de materiales reciclados y ayuda a nuestro medio ambiente y a la sociedad con mas trabajos puesto que se generarían empleos al empezar la recolección de dichos materiales y su reutilización en otro elementos de uso en la vida diaria.



Anexos



FILOVA

CONTROL DE CALIDAD Y CONSTRUCCIÓN

CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y LABORATORIO

INFORME DE PRUEBAS FÍSICAS

OBRA:	ENSAYES No.:
LOCALIZACIÓN:	FECHA DE RECIBO: 02/05/2013
	FECHA DE INFORME: 07/05/2013

TIPO DE BLOCK	JAL
---------------	-----

IDENTIFICACIÓN	Num. De Ensaye Num. De Tabique Para Emplearse en	1	2	3	4	5
		X1	X2	X3	X4	X5
DIMENSIONES	Largo en cm	27.70	28.00	27.90	27.90	28.00
	Ancho en cm	14.10	13.70	14.00	14.00	14.00
	Espesor en cm	10.10	10.00	10.00	10.10	10.20
	Peso en kg	4.15	3.74	4.06	4.00	3.75
	P. Específico kg/m ³	L	L	L	L	L
PRUEBAS EJECUTADAS	Cargas kg	18000	15000	15000	20000	22000
	Areas cm ²	390.57	383.6	390.6	390.6	392
	Resistencia kg/cm ²	46.09	39.10	38.40	51.20	56.12

PROMEDIO DE RESISTENCIA	46.2	kg/cm ²
-------------------------	------	--------------------

OBSERVACIONES:
RESISTENCIA OBTENIDA EN EL LABORATORIO A LOS 28 DIAS

LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORIO
TEC. RAFAEL MEZA VILLARREAL	ING. FABIOLA VALENZUELA PEÑUELAS

Anexos 1. Resultado de Ensayos Tabiques de JAL.



FILOVA

CONTROL DE CALIDAD Y CONSTRUCCIÓN

CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y LABORATORIO

INFORME DE PRUEBAS FÍSICAS

OBRA:	ENSAYES No.:
LOCALIZACIÓN:	FECHA DE RECIBO: 02/05/2013
	FECHA DE INFORME: 07/05/2013

TIPO DE BLOCK **JAL CON PET**

IDENTIFICACIÓN	Num. De Ensaye Num. De Tabique Para Emplearse en	1	2	3	4	5
		A1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5
DIMENSIONES	Largo en cm	28.00	28.00	27.90	28.00	28.00
	Ancho en cm	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Espesor en cm	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Peso en kg	3.75	3.50	2.55	3.58	3.69
	P. Específico kg/m ³	L	L	L	L	L
PRUEBAS EJECUTADAS	Cargas kg	8000	4000	7000	8000	7000
	Areas cm ² .	392	392	390.6	392	392
	Resistencia kg/cm ²	20.41	10.20	17.92	20.41	17.86

PROMEDIO DE RESISTENCIA	17.4	kg/cm ²
--------------------------------	------	--------------------

OBSERVACIONES:
RESISTENCIA OBTENIDA EN EL LABORATORIO A LOS 28 DIAS

LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORIO
TEC. RAFAEL MEZA VILLARREAL	ING. FABIOLA VALENZUELA PEÑUELAS



FILOVA

CONTROL DE CALIDAD Y CONSTRUCCIÓN

CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y LABORATORIO

INFORME DE PRUEBAS FÍSICAS

OBRA:	ENSAYES No.:
LOCALIZACIÓN:	FECHA DE RECIBO: 02/05/2013
	FECHA DE INFORME: 07/05/2013

TIPO DE BLOCK

JAL CON PET

IDENTIFICACIÓN	Num. De Ensaye Num. De Tabique Para Emplearse en	1	2	3	4	5
		B1	B1-2	B1-3	B1-4	B1-5
DIMENSIONES	Largo en cm	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Ancho en cm	14.00	14.50	14.00	14.00	14.00
	Espesor en cm	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Peso en kg	3.22	2.93	2.90	3.13	2.99
	P. Especifico kg/m ³	L	L	L	L	L
PRUEBAS EJECUTADAS	Cargas kg	6800	5000	5000	5000	3000
	Areas cm ²	392	406	392	392	392
	Resistencia kg/cm ²	17.35	12.32	12.76	12.76	7.65

PROMEDIO DE RESISTENCIA

12.6

kg/cm²

OBSERVACIONES:

RESISTENCIA OBTENIDA EN EL LABORATORIO A LOS 28 DIAS

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

PA.

FS

FS

TEC. RAFAEL MEZA VILLARREAL

ING. FABIOLA VALENZUELA PEÑUELAS



Referencias

- Centro Experimental de la Vivienda Económica [CEVE]. Documento consultado en septiembre del 2011. en <http://www.ceve.org.ar/>
- Colorado C. A. (1999).El mueble y la madera.- Tableros de madera aglomerada “*El uso inteligente de los desechos*”, Revista M&M, N° 28.
- Diccionario de la lengua española (2005) Editorial Espasa-Calpe
- Fedevivienda, Base de datos. Documento recuperado en agosto de 2011, en <http://www.fedevivienda.org.co>
- FeedPack, (2012). El PET es 100% reciclable [Versión electrónica] Feed Pack News. Documento recuperado en abril del 2012. En <http://www.feedpacknews.com/>
- Mexalit, Folleto Cempane. Documento recuperado en agosto del 2011. En http://plamutex.com.mx/cempanel/folleto_cempanel.pdf
- Mexalit, Folleto Cemplank, Recuperado en agosto 2011. En http://www.mexalit.com/3d/FOLLETOS/folleto_cemplank.pdf
- Gallo O.G.O., Espino M.L.I, Olvera M.A.E., (2003) DISEÑO ESTRUCTURAL DE CASAS HABITACION 1ª. Edición, Mc Graw Hill, México.
- González, (1983), “*Bloques de Concreto* “. Revista IMCYC,. Pág. 42.
- INFONAVIT, (2011) “*Informe anual de sustentabilidad*”, Documento Documento recuperado en Febrero del 2010 recuperado en [http:// www. Infonavit.org.mx](http://www.Infonavit.org.mx)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, (2011) documento recuperado en <http://www.ieca.es/>

Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC), Documento recuperado en Febrero del 2010. En [http:// www.imeyc.com](http://www.imeyc.com).

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C (2004). Norma (NMX-C-36-ONNCCE-2004), Método de Prueba, Resistencia a la Compresión, Bloques, Tabiques o ladrillos, Tabicones y Adoquines. Documento recuperado en Septiembre del 2013. <http://www.onncce.org.mx/>

Nova C. M. A. (2005). “*Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento*” (Tesis de maestría), Universidad de Colima, Colima, México.

Secretaría de Gobernación, Base de Datos, Edo. México, México, (2011). Documento Recuperado en agosto del 2012 en <http://www.edomex.gob.mx/ssg>

USG México, (2011). “*Manual Técnico Durock*”, Documento recuperado en Agosto del 2012. <http://www.usg.com.mx/recursos/ManualDurock2011low.pdf>