



**UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN**

**DISEÑO DE BLOQUES DE CONCRETO-CAUCHO  
APLICADOS A MUROS DE CARGA PARA VENTILAR  
ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS**

**Tesis Profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño**

**Presenta:**

**IDALIA SERRA ALAVEZ**

**Con la dirección de:**

**Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez**

**Codirección:**

**Dr. Axel Villavicencio Torres**

**LOMA BONITA, OAXACA, NOVIEMBRE 2013.**

# Dedicatoria

**Esta tesis se la dedico con todo cariño a:**

## **DIOS**

Por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y permitirme estar en este momento tan importante de mi formación, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad, y haber puesto en mi camino a personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi carrera.

## **MIS PADRES**

Con mucho cariño, ya que este es un logro más que quiero compartir con ustedes, les doy las gracias por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, y sobre todo por sus esfuerzos, su incondicional apoyo, por su confianza y por creer en mí.

## **MIS HERMANOS**

Marcos, Nallely y Gladys por ser parte importante de mi vida, por contar con su apoyo y entusiasmo en todo momento, y sin lugar a duda por su paciencia.

## **MIS MAESTROS**

Que de alguna forma son parte esencial de lo que ahora soy, ya que gran parte de mis conocimientos se los debo a ellos por prepararme para un futuro competitivo.

# Agradecimientos

A la **Universidad del Papaloapan** por haberme brindado el apoyo para lograr esta meta académica.

Agradezco al **fondo sectorial CONAVI-CONACYT** a través del proyecto 102139 por su apoyo, y por beneficiarme como becario, dándome la oportunidad de realizar este proyecto de tesis.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la **Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez**, mi directora de tesis, por haber confiado en mí, por su valiosa guía, dedicación, motivación y asesoramiento para la realización de esta tesis.

Al **M. Arq. José Hugo Tlachi García** por su apoyo en la selección de mi tema de tesis y al **Dr. Axel Villavicencio Torres** por su gran ayuda, dedicación y paciencia en el desarrollo de este proyecto.

A mis revisores de tesis, **M.C. Edwin Aquino Bolaños**, **Dr. Roberto Suárez Orduña** y al **Dr. José Octavio Vázquez Buenos Aires** que por sus acertados comentarios y observaciones contribuyeron a las mejoras de este proyecto, y sobre todo por su disposición de tiempo.

A mis compañeros por confiar en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias inolvidables.

Por último pero no menos importante, doy gracias a todas aquellas personas que han sido pieza clave en mi formación universitaria y que me ayudaron y animaron en este largo camino y que me brindaron su ayuda en la realización de esta tesis.

A todos ustedes, ¡**Gracias!**

# RESUMEN

El objetivo general planteado fue diseñar bloques de concreto adicionados con caucho que permitan la ventilación hacia el interior de las viviendas, y en esta tesis se explica el proceso de las mezclas, diseño y fabricación de los bloques, así como también los estudios de compresión y flexión realizados a especímenes de prueba.

Los resultados obtenidos de las pruebas mecánicas realizados en intervalos de 7, 14, 21 y 28 días de curado mostraron la necesidad de analizar la influencia que provocó la adición de las fibras de caucho en el concreto, y el uso de los reactivos acetona y metanol en el tratamiento que se le proporcionó al caucho antes de su uso en el concreto, debido a que los resultados muestran una disminución de valores en la pruebas mecánicas en comparación al concreto convencional.

La parte experimental se llevó a cabo mediante el estudio de las variaciones en las proporciones para la elaboración del bloque de concreto-caucho y observando los cambios que se fueron generando. A partir de las propuestas de diseño que se realizaron, se fabricó un bloque versátil, el cual aparte de permitir ventilar los espacios dentro de las viviendas, contara con la ventaja de ser una elemento ecológico, ligero, modular y ensamblable.

Finalmente definida la forma del bloque, se recurrió al diseño y elaboración de la cimbra eligiendo para su manufactura el acero, ya que este material permitirá la realización de una cimbra resistente y duradera.

# ABSTRACT

The general objective is to design a rubber added concrete block to vent closed rooms in dwellings; this thesis explains the process of mixtures, design and manufacture of it, as well as the specimens' post- studies and tests of compression and bending.

The results obtained from mechanical tests (obtained from 7,14, 21 and 28 days intervals) showed a need to analyze the influence of adding rubber fibers into concrete, and also the use of reagents as acetone and methanol in the treatment provided to the rubber before its adding. The obtained values in comparison to conventional concrete showed a declining.

The experimental part is carried out through the study of variations in proportions to the preparation of the rubber added concrete block noticing and registering the obtained differences. From early design another objective was to manufacture a versatile block shape, which besides from allowing ventilation in to dwellings' spaces, it could have an advantage of a new ecological, lightweight, modular and easy assembled concrete block.

With a new defined block shape, the design and development of a mold to its manufacture was made on Steel because its resistance and durability.

# Índice

ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI

## PARTE I: ANTECEDENTES

<b>CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO .....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL CEMENTO .....	5
2.2 ANTECEDENTES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO .....	7
2.3 BLOQUES DE CONCRETO .....	8
2.3.1 <i>Definición</i> .....	8
2.3.2 <i>Proceso de elaboración de los Bloques De Concreto</i> .....	9
2.3.3 <i>Características</i> .....	11
2.3.4 <i>Acabado</i> .....	12
2.4 CAUCHO .....	12
2.4.1 <i>Componentes del Neumático</i> .....	12
2.4.2 <i>Perspectiva Nacional de los Neumáticos en Desuso</i> .....	13
2.5 MUROS DE CARGA.....	15

## PARTE II: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

<b>CAPÍTULO 3: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE CAUCHO EN EL CONCRETO.....</b>	<b>17</b>
3.1 PROCESO DE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO-CAUCHO .....	17
3.2 TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL CAUCHO.....	18
3.3 PROPORCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LA MEZCLA .....	20

<b>CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL BLOQUE.....</b>	<b>21</b>
4.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACION DEL DISEÑO DEL BLOQUE.....	21
4.2 DESARROLLO DE PROTOTIPOS PARA EL BLOQUE DE CONCRETO- CAUCHO .....	21
4.2.1 Propuesta 1 .....	22
4.2.2 Propuesta 2 .....	23
4.2.3 Propuesta 3 .....	25
4.2.4 Propuesta 4 .....	27
<b>CAPÍTULO 5: DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>30</b>
5.1 DESARROLLO DE PRUEBAS PRELIMINARES DEL BLOQUE CON VARIACIÓN EN LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO-CAUCHO.....	30
5.1.1 Bloque 1.....	30
5.1.2 Bloque 2.....	31
5.1.3 Bloque 3.....	33
5.1.4 Bloque 4.....	35
5.1.5 Bloque modelado en AutoCAD.....	36
5.1.6 Bloque Final Fabricado con Concreto-Caucho .....	38
<b>CAPÍTULO 6: PRUEBAS MECÁNICAS.....</b>	<b>41</b>
6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	44
6.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN .....	45
<b>CAPÍTULO 7: DISEÑO Y DESARROLLO DE LA CIMBRA.....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
8.1 CONCLUSIONES.....	54
8.2 RECOMENDACIONES .....	54
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>60</b>

# Índice de Figuras

<b>FIGURA 1.</b> PRIMERAS FORMAS DE VIVIENDAS DEL HOMBRE PRIMITIVO ANTES DE LA APARICIÓN DEL HORMIGÓN. ....	5
<b>FIGURA 2.</b> BLOQUES DE CONCRETO. ....	9
<b>FIGURA 3.</b> NÚMERO DE NEUMÁTICOS QUE SE RECOLECTAN POR AÑO Y PORCENTAJES CORRESPONDIENTES A SU PROCEDENCIA. ....	14
<b>FIGURA 4.</b> DESTINO DE LOS NEUMÁTICOS. ....	15
<b>FIGURA 5.</b> PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CONCRETO-CAUCHO. ....	18
<b>FIGURA 6.</b> CAUCHO MOLIDO CON MOLINO INDUSTRIAL. ....	19
<b>FIGURA 7.</b> CAUCHO ELABORADO CON 2 REACTIVOS DIFERENTE. ....	20
<b>FIGURA 8.</b> METODOLOGÍA. ....	21
<b>FIGURA 9.</b> FABRICACIÓN EN YESO DE LA PRIMERA PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL BLOQUE. ....	23
<b>FIGURA 10.</b> VISTAS A DETALLE DE LA SEGUNDA PROPUESTA DE DISEÑO DEL BLOQUE REALIZADA CON CARTÓN. ....	24
<b>FIGURA 11.</b> EN LAS IMÁGENES SE MUESTRA DE FORMA GRÁFICA UN PARTE DE UN MURO FABRICADO CON ESTA PROPUESTA DE BLOQUES. ....	25
<b>FIGURA 12.</b> PROCESO DE FABRICACIÓN Y VISTAS DEL PROTOTIPO DE CARTÓN CORRUGADO OBTENIDA. ....	26
<b>FIGURA 13.</b> FOTOGRAFÍA DEL PROTOTIPO REPRESENTANDO UN MURO SÓLIDO Y MURO INTERCALANDO BLOQUES SÓLIDOS Y BLOQUES PERFORADOS. ....	26
<b>FIGURA 14.</b> FABRICACIÓN DE LA CIMBRA DE MADERA MDF, REALIZACIÓN DE CORTE Y DETALLADO DE CADA UNA DE LAS PIEZAS. ....	27
<b>FIGURA 15.</b> DESCIMBRADO Y RESANADO DEL PROTOTIPO DE YESO OBTENIDO. ....	28
<b>FIGURA 16.</b> CUARTO PROTOTIPO ELABORADO EN YESO. ....	28
<b>FIGURA 17.</b> FOTOGRAFÍAS DONDE SE MUESTRAN LAS CORRECCIONES QUE SE LE REALIZARÁN AL BLOQUE. ....	29
<b>FIGURA 18.</b> PRIMER BLOQUE DE PRUEBA ELABORADO CON CONCRETO-CAUCHO. ....	31
<b>FIGURA 19.</b> SEGUNDO BLOQUE DE PRUEBA ELABORADO CON CONCRETO-CAUCHO. ....	33
<b>FIGURA 20.</b> MEZCLADO DE LOS MATERIALES EN LA REVOLVEDORA. ....	34
<b>FIGURA 21.</b> TERCER BLOQUE DE PRUEBA ELABORADO DE CONCRETO-CAUCHO AUN EN ESTADO HÚMEDO. ....	34
<b>FIGURA 22.</b> CUARTO BLOQUE DE PRUEBA ELABORADO. ....	35
<b>FIGURA 23.</b> VISTAS ORTOGONALES E ISOMÉTRICA DEL BLOQUE FINAL. ....	37
<b>FIGURA 24.</b> BLOQUE MODELADO EN 3D MAX. ....	37
<b>FIGURA 25.</b> MODELADO DE UN MURO UTILIZANDO LA PROPUESTA DEL BLOQUE FINAL. ....	38
<b>FIGURA 26.</b> DESCIMBRADO DEL BLOQUE DE CONCRETO-CAUCHO. ....	39
<b>FIGURA 27.</b> BLOQUE FINAL DESCIMBRADO. ....	39
<b>FIGURA 28.</b> BLOQUE CONCRETO-CAUCHO CON MEMBRANA. ....	40

<b>FIGURA 29.</b> MEDICIÓN DEL REVENIMIENTO EN LA MEZCLA. ....	41
<b>FIGURA 30.</b> RESULTADO FINAL DE LA ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO-CAUCHO. .....	42
<b>FIGURA 31.</b> PROCESO FINAL DE LA ELABORACIÓN DE CILINDROS. ....	42
<b>FIGURA 32.</b> PROCEDIMIENTO PARA EL CABECEO DE LOS CILINDROS PARA SU PRUEBA DE COMPRESIÓN. ....	43
<b>FIGURA 33.</b> PRUEBA DE COMPRESIÓN AL CILINDRO EN PRENSA HIDRÁULICA. ....	44
<b>FIGURA 34.</b> RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS 3 MUESTRA DE CONCRETO ELABORADAS. .....	45
<b>FIGURA 35.</b> MEDICIÓN DEL REVENIMIENTO Y PREPARACIÓN DEL MOLDE PARA EL VACIADO. ....	46
<b>FIGURA 36.</b> VACIADO DEL CONCRETO AL MOLDE. ....	46
<b>FIGURA 37.</b> ENRASADO DE LA SUPERFICIE. ....	47
<b>FIGURA 38.</b> CURADO DE LAS VIGAS. ....	47
<b>FIGURA 39.</b> PRUEBA DE FLEXIÓN A LA VIGA EN PRENSA HIDRÁULICA. ....	48
<b>FIGURA 40.</b> MODELADO VIRTUAL DE LA CIMBRA. ....	51
<b>FIGURA 41.</b> PROCESO DE MANUFACTURA DE LOS CONOS TRUNCADOS QUE SE OCUPARON EN LAS PLACAS DE ACERO. ....	52
<b>FIGURA 42.</b> RESULTADO DE LAS PIEZAS EN ACERO FABRICADAS EN EL TORNO. ....	52
<b>FIGURA 43.</b> DETALLE DE LA UNIÓN DE LAS PLACAS DE ACERO Y LAS PIEZAS CÓNICAS. ....	53

# Índice de Tablas

<b>TABLA 1.</b> ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS PARA EL BLOQUE DE CONCRETO. ....	12
<b>TABLA 2.</b> COMPONENTES Y PESO DE UN NEUMÁTICO.....	13
<b>TABLA 3.</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS.....	19
<b>TABLA 4.</b> PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES.....	20
<b>TABLA 5.</b> PROPORCIONES DE MATERIALES.....	30
<b>TABLA 6.</b> MATERIAL EMPLEADO POR CADA BLOQUE.....	32
<b>TABLA 7.</b> MATERIAL EMPLEADO PARA LA SEGUNDA MUESTRA DEL BLOQUE.....	32
<b>TABLA 8.</b> PROPORCIONES DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL TERCER BLOQUE FABRICADO.....	33
<b>TABLA 9.</b> PROPORCIÓN PARA EL MORTERO UTILIZADO EN EL BLOQUE.....	35
<b>TABLA 10.</b> MATERIALES EMPLEADOS PARA EL BLOQUE FINAL.....	38

# INTRODUCCIÓN

Cada año según información de la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas (Andellac) en México se desechan alrededor de 25 millones de neumáticos, es por ello que la aplicación de caucho reciclado es una alternativa bastante viable para su eliminación, debido a que cada año esta cantidad va en aumento.

El uso de caucho reciclado en el concreto no es una aplicación nueva, ya que se han realizado diversos estudios sobre este tipo de mezcla. Una investigación muestra que al usar un solvente en un 50% de su volumen disminuye la resistencia a la compresión del concreto en comparación a la mezcla donde no se aplica ningún tratamiento al caucho, pero que usando un 10% de caucho y un 50% de solvente se obtiene un aumento en su compresión **[1]**.

Sin embargo al utilizar el caucho como reemplazo de los agregados en el concreto se puede modificar sus propiedades, como sucede cuando se sustituye el 100% al agregado grueso por caucho su resistencia baja un 90%, y cuando se sustituye en un 50 y 100% agregado fino por caucho su resistencia baja en un 80% **[2]**, dejando claro que no es factible sustituir en grandes porcentajes el caucho por los agregados.

Con base a lo anterior, la siguiente investigación se llevó a cabo con la finalidad de abordar el empleo de fibras de caucho con un porcentaje de 10% en volumen en relación a la arena en el concreto, esto bajo un tratamiento realizado al caucho con dos tipos solventes para alterar su área superficial y permitir la unión entre el caucho y concreto. Los estudios a esta mezcla se realizaron en el laboratorio, mediante de la fabricación de especímenes cilíndricos y de vigas, los cuales se sometieron a pruebas de compresión y flexión para estudiar sus propiedades mecánicas.

El concreto-caucho obtenido se utilizará para la fabricación de bloques modulares que cuenten con perforaciones para que faciliten el acceso del aire, esto con el fin de ventilar las áreas interiores de las viviendas.

**PARTE I**  
**ANTECEDENTES**

# Capítulo 1

## PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO

En los últimos años la población ha ido creciendo de forma descontrolada, haciendo que aumente la necesidad de crear lugares que cuenten con características idóneas para resistir los factores ambientales presentes en zonas con clima cálido-húmedo.

Los bloques de concreto por años han sido el material idóneo para la construcción de viviendas, gracias a su bajo costo y rápida elaboración. Estos bloques han ido cambiando de tamaño, forma, textura, color y en un dado caso hasta en sus características gracias a la adición de otros materiales.

Estas piezas de concreto funcionan bien, pero es posible que pueda haber una mejoría en sus propiedades mecánicas añadiendo a sus materias primas comunes (agregado grueso, agregado fino, agua y cemento) el uso de materiales alternativos dependiendo de la dosificación empleada dentro de su composición, pero sin dejar a un lado el hecho que sean elementos resistentes, de fácil uso y duraderos.

Sin embargo, con base a lo anterior se pretende desarrollar un bloque modular y ensamblable que pueda favorecer la ventilación en los espacios internos de las viviendas y que sean aplicables para la construcción de muros de carga. La mezcla utilizada para la fabricación de este bloque estaría compuesta por concreto y fibras de caucho.

Además, el uso del caucho en el concreto ofrece una alternativa contra la inadecuada disposición que se les da a los neumáticos una vez desechados, ya que el almacenamiento de estos genera diversos problemas para la salud y el medio ambiente.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad a pesar de los grandes avances en la construcción, se ha descuidado el brindar una mejora a los productos utilizados en la fabricación de viviendas e infraestructura.

La elaboración de un nuevo bloque permitirá un avance primordial en el sector de la construcción, ya que no solo se modificará en tamaño y forma, sino también se modificará su función. Estos bloques gracias a su diseño permitirán el paso del aire hacia el interior de la vivienda.

La búsqueda del uso de nuevos materiales alternativos forma parte primordial para el proceso de elaboración de estos nuevos bloques. Esta búsqueda trae consigo el diseño, desarrollo y calidad adecuada del bloque gracias a las características que el caucho genera al unirse con el concreto convencional, y las cuales darán como resultado la creación de piezas constructivas adecuadas para lograr viviendas más confortables.

El concreto convencional por si solo es un adecuado material para la construcción, sin embargo, se está analizando la forma en que el caucho logre una buena adherencia con el concreto y poder así estudiar sus propiedades mecánicas para mejorar su optimización, y obtener un material con una mayor resistencia, aparte de lograr que sea un poco más ligero.

En este proyecto se propone el uso del caucho, este material se obtendrá mediante el reciclado de neumáticos desechados. En la industria de la construcción se pretende mejorar la calidad de las estructuras, y esto se logrará ya que el nuevo producto constará con mejores características que permitan la disminución térmica hacia el interior de la vivienda, así mismo se establece el desarrollo de bloque "autoalineables", los cuales tienen como cualidad el ensamble sin necesidad de mortero. La utilización del concreto se prevé únicamente en elementos de cerramiento de los muros y en castillos.

Por otro lado, se espera que los bloques sean más resistentes, o al menos con una resistencia comparable a los bloques convencionales y que tengan una mayor capacidad para sufrir deformación elástica.

Con este proyecto se pretende generar una alternativa viable y ecológica para la utilización de neumáticos usados que se encuentran en grandes cantidades en tiraderos clandestinos y que usualmente son usados como combustibles para la generación de energía, trayendo como consecuencia la contaminación del medio ambiente.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar bloques de concreto adicionados con caucho que permitan la ventilación hacia el interior de las viviendas.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las características y manejo del caucho.
- Fabricar bloques que puedan ensamblarse entre ellos mismo, disminuyendo de esa forma el uso del mortero.
- Elaborar especímenes con concreto-caucho y realizar pruebas mecánicas para compararlas con las del concreto convencional.
- Aumentar la calidad del bloque de concreto utilizando caucho como materia prima.
- Reducir el uso de materiales para elaborar concreto convencional compensándolo con caucho.
- Diseñar y construir un módulo experimental para observar sus ventajas y desventajas.

# Capítulo 2

## MARCO TEÓRICO

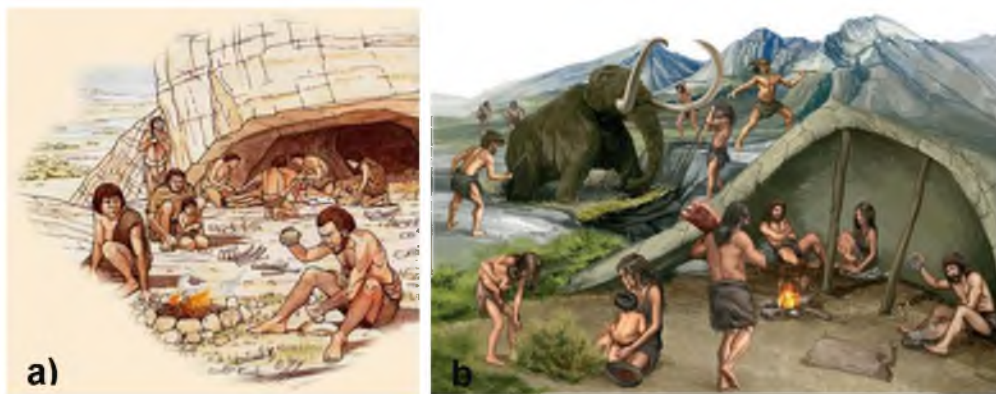
### 2.1 ANTECEDENTES DEL CEMENTO

La subsistencia del ser humano, desde su origen hasta nuestros días, ha dependido de tres factores principales tales como: Alimentación, Vestimenta y Vivienda.

Para satisfacer estas necesidades, el hombre ha usado todo su ingenio y así, en los primeros animales que cazó, encontró la respuesta a sus problemas de alimentación y vestido; las cuevas naturales fueron la primera solución a sus problemas de vivienda.

La necesidad imperiosa de protegerse de las inclemencias del tiempo hizo del hombre un buscador de los medios más adecuados para refugiarse.

Su afán de superación lo condujo a utilizar los materiales que proporciona la naturaleza, como tierra, piel, madera y hielo para construir las primeras viviendas de forma artesanal como se muestra en la Figura 1 [3].



**Figura 1.** Primeras formas de viviendas del hombre primitivo antes de la aparición del hormigón.  
**a)** Adaptación de las cuevas como viviendas<sup>1</sup>, **b)** Construcción de viviendas con pieles de animales<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Imagen obtenida en: [http://www.lacittadelluomo.it/pagina\\_sez02\\_06a.htm](http://www.lacittadelluomo.it/pagina_sez02_06a.htm)

<sup>2</sup> Imagen obtenida en: <http://www.meteoweb.eu/2013/07/salute-facciamo-un-tuffo-nella-storia-per-scoprire-le-diverse-abitudini-alimentari-dei-vari-popoli/217378/>

No se tiene certeza quien descubrió o utilizó por primera vez el concreto. Es probable que al mismo tiempo que el hombre dominó el fuego también descubrió el concepto de concreto. Se puede imaginar al hombre primitivo junto a su fogón, ubicado en una cavidad, en la cual existen piedras calcáreas, yeso y arcilla. La alta temperatura logra carbonatar la piedra, que se transforma en polvo. Luego al caer un poco de agua, el polvo y las piedras se convierten en una masa sólidamente unida. Hallazgos contemporáneos en Lepensky, junto al Danubio, permiten afirmar que durante la edad de piedra, hace 7.500 años, los habitantes construían el suelo de sus viviendas uniendo tierra caliza, arena, grava y agua. Esta mezcla puede ser considerada como un concreto rudimentario.

Los Egipcios por su parte, utilizaron como aglomerante, yeso cocido. Excavaciones permiten establecer que hace 4.500 años, los constructores de la pirámide de Keops, utilizaron concreto primitivo.

Los Griegos, hace más de 2.300 años, utilizaron como aglomerante, tierra volcánica que extrajeron de la isla de Santorín. También existen indicios para decir que utilizaron caliza calcinada que mezclaron con arcilla cocida y agua.

Por su parte el pueblo Romano también usó hormigón en sus construcciones, para lo cual utilizaron cal como aglomerante. Se puede mencionar la construcción del alcantarillado de Roma, hace 2.300 años y, aunque su sistema público de agua no fue el primero, fue uno de los más complejos e influyentes. Los primeros conductos de esta estructura estaban hechos de piedra y otros materiales. Después, en lugar de la piedra, se introdujo el concreto y varias combinaciones de bloques y ladrillos, mezclados con escombros **[4]**.

Posteriormente, hacia el año 200 a. de C., se produjo un significativo avance en la optimización de los aglomerantes para construcción: el cemento Romano. Desde un lugar cercano al Vesubio obtuvieron la Puzolana, constituida básicamente por sílice. Este material mezclado con cal y agua permite conformar un aglomerante hidráulico **[5]**. En América, los mayas y los aztecas usaron un tipo de cemento hidráulico fabricado con caliza **[6]**.

## 2.2 ANTECEDENTES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

A lo largo del tiempo los bloques de concreto han demostrado ser uno de los materiales de construcción más usados, y ha servido como base fundamental en la construcción de viviendas, vías e infraestructuras, entre otros.

Alrededor del año 200 a.C. se evidenció el uso del concreto por los romanos con el fin de adherir piedras para la edificación de sus construcciones. Para el año 37-41 d.C. durante el reinado del emperador romano Calígula, se utilizaron pequeños bloques de concreto prefabricados como material de construcción en la región en torno a la actual Nápoles, Italia. Gran parte de la tecnología del concreto desarrollada por los romanos se perdió después de la caída del Imperio Romano en el siglo V.

No fue sino hasta 1824 que el albañil inglés Joseph Aspdin desarrolló y obtuvo la patente del cemento Portland, el cual se convirtió en unos de los principales componentes del concreto usado actualmente [7].

Para 1890 Harmon S. Palmer diseñó el primer bloque de concreto en los Estados Unidos, y en 1900 después de 10 años de experimentación patentó su diseño. Estos bloques de Palmer fueron de 20.3 x 25.4 x 76.2 cm, y eran tan pesados que tenían que ser levantados en su lugar con una pequeña grúa. Hacia 1905, se estima que 1.500 empresas estaban fabricando bloques de cemento en los Estados Unidos. Estos bloques eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante.

Sin embargo, con la escasez de otros recursos y el costo de los materiales de la época, hizo que los bloques de concreto se convirtieron en la principal fuente de materiales de construcción [8]. Los primeros bloques fueron hechos a mano y la evolución en el uso de ellos fue lento, hasta la llegada de la era mecánica [9].

A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos. La ligereza de estos nuevos bloques significó, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores. La demanda de bloques de concreto, igual que la de prefabricados en general, es cada vez mayor, pues la estandarización provoca que la productividad aumente y los costos bajen [3].

La fabricación de bloques de concreto en México se remonta a las dos primeras décadas del siglo XX, cuando se inició su producción a escala muy reducida. La fase de industrialización principal ocurrió a mediados de los cuarenta, y tuvo como resultado un crecimiento muy importante a finales de los cincuenta. Inicialmente, la fabricación de bloques de concreto en México se limitó a los tamaños normales que correspondía a un bloque de 20 x 20 x 40 cm; sin embargo, las crecientes demandas del mercado obligaron a los fabricantes a diversificar sus productos. Ahora se produce una gran variedad de bloques de concreto que difieren entre sí en cuanto a resistencia, dimensiones, permeabilidad, grado de absorción, peso, acabado, textura y color. El constructor cuenta hoy en día con el material idóneo para cada proyecto, tanto en el aspecto estructural como en el arquitectónico.

Por lo general, las primeras máquinas utilizadas por los incipientes fabricantes eran simples moldes metálicos, en los cuales se compactaba la mezcla manualmente, método productivo que siguió aplicándose hasta pasadas las dos primeras décadas del siglo XX, cuando surgieron los equipos con martillos adicionados mecánicamente. Más tarde, se descubrió que era mejor una compactación lograda mediante la vibración y la compresión, en tanto luego se estableció el sistema de vibrocompresión **[10]**.

## **2.3 BLOQUES DE CONCRETO**

### **2.3.1 Definición**

La Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2005 define al bloque de concreto como un componente para uso estructural de forma prismática, que se obtiene por moldeo del concreto o de otros materiales. Los bloques pueden ser sólidos o huecos y se usan en la construcción de muros interiores y exteriores, de carga o de rellenos y en registros, entre otros. Los bloques huecos tienen el propósito de mejorar las condiciones de aislamiento térmico y acústico, así como de alojar los elementos de refuerzo y tuberías, en la Figura 2 se muestra un ejemplo de estos bloques **[11]**.



**Figura 2.** Bloques de Concreto<sup>3</sup>.

### **2.3.2 Proceso de elaboración de los Bloques De Concreto**

Los bloques de concreto son piezas requeridas para la fabricación de los muros de una casa, estos brindan la rigidez y soporte a las estructuras.

Para la producción de los bloques de concreto es necesario elaborar una mezcla conformada de cemento portland, agua, arena y grava. Esto produce un bloque de color gris claro con una textura de la superficie fina y una alta resistencia a la compresión. Un bloque de concreto pesa entre 17.2 y 19.5 kg [7]. Para la fabricación de la mezcla se deben usar agregados con granulometrías continuas, para conseguir así una densidad superior en la mezcla y lograr piezas con superficies cerradas, de textura fina. Si se utilizan agregados con un porcentaje mayor de finos se obtendrá una superficie con acabado liso. Si por el contrario se usa un porcentaje más alto de agregado grueso se tendrá una superficie más rugosa pero se ganará resistencia. [12].

La calidad del producto final dependerá de la forma en que se lleve a cabo el proceso de transformación, así como el cumplimiento correcto de las especificaciones que marcan las normas.

---

<sup>3</sup> Imagen obtenida en: <http://www.mundoarquitectura.org/bloques-de-hormigon-ventajas-en-su-uso/>

A continuación se describen las etapas del proceso para la elaboración de los bloques de concreto:

**Selección y almacenamiento de materiales:** Las materias primas deben de estar libres de materia orgánica y de impurezas, así como mantenerse en condiciones óptimas para no alterar la calidad final del bloque.

**Dosificación de la mezcla:** Se necesita de una báscula de precisión para cuantificar adecuadamente los materiales. La dosificación debe ser tal que pueda obtenerse un bloque con las características siguientes:

- Cohesión en estado fresco para ser desmoldados y transportados sin que se deformen o dañen.
- Máxima compactación para que su absorción sea mínima.
- Resistencia esperada según uso y acabado superficial deseado.
- Acabado superficial deseado.

Es necesario dosificar muy cuidadosamente el contenido de agua en la mezcla, para que ésta no resulte ni muy seca ni demasiado húmeda. En caso que no respete las proporciones de agua se corre el peligro del desmoronamiento del bloque recién fabricado, o que el material se asiente deformando la geometría del bloque.

**Elaboración de la mezcla:** La mezcla se puede elaborar de dos formas, ya sea manual o con maquinaria.

Para realizar manualmente este proceso, se mezclan los materiales y se revuelven hasta lograr un compuesto homogéneo.

Y si en caso contrario se hace uso de una revolvedora se debe adicionar primeramente el cemento y los agregados (finos y gruesos), y después añadir el agua obteniendo así una mezcla uniforme. Si los agregados son muy absorbentes se sugiere agregar la mitad o  $2/3$  de agua antes de incluir el cemento, y después adicionar lo restante.

**Elaboración del bloque:** Una vez obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico, el cual previamente fue recubierto con aceite quemado para evitar que se le pegara el concreto. El llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una

varilla para que se pueda ir acomodando lo mejor posible la mezcla, se deja fraguar y luego se desmolda.

**Fraguado del bloque:** Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. Para el periodo de fraguado se recomienda dejar los bloques de un día para otro.

**Curado:** El curado consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto. Para esta parte de curado se opta por el proceso mejor se adapte a nuestra necesidades.

**Almacenado:** Obtenidos los bloques se busca un lugar o se asigna una zona para mantenerlos secos y protegidos de la humedad antes de los 28 días, que es su periodo de endurecimiento.

### **2.3.3 Características**

Existen dos tipos de bloques de concreto, el tipo macizo y el hueco. La Norma Mexicana NMX-C-404-1997-ONNCCE menciona que los bloques de concreto huecos tienen una área neta menor al 75% de su área total, pero mayor al 40%, y las paredes exteriores deben ser de 2.5 cm como mínimo. Las dimensiones mínimas que deben de tener los bloques son de 10 cm de altura, 10 cm de ancho y 30 cm de largo, las tolerancias en las dimensiones de las piezas no deben ser mayores de  $\pm 3$  mm en la altura y  $\pm 2$  mm en el largo y en el ancho.

Otras características que se presentan en los boques se determinan bajo la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2005, de la cual se ha tomado la información que se muestra a continuación en la Tabla 1.

<b>Tipo de Pieza</b>	<b>Absorción máxima de agua en % durante 24 h</b>	<b>Absorción inicial g/min</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco. kN/m<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Bloque de concreto hueco	12	5	60	17(1700)

**Tabla 1.** Especificaciones y tolerancias para el bloque de concreto.

### 2.3.4 Acabado

Todos los bloques de concreto deben estar exentos de cuarteaduras, desportilladuras y defectos que puedan dificultar su manejo y debilitar la resistencia de la construcción.

En aquellos casos en que los bloques vayan a ser utilizados en forma aparente, las caras expuestas deben ser libres de imperfecciones, fisuras u otros defectos.

## 2.4 CAUCHO

El caucho es un polímero que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica [13], y surge a partir del tratado químico que se le da al látex, el cual se obtiene de las emulsiones lechosas de algunas plantas tropicales como la *Hevea brasiliensis* [14].

### 2.4.1 Componentes del Neumático

Un neumático llega a alcanzar más de 200 componentes, los cuales forman parte de las diferentes mezclas presentes en su producción. Se puede reducir la composición de un neumático a sus elementos principales, que varían en función del vehículo al que estén destinados [15], y los cuales se mencionan en la Tabla 2. Con base a estos datos se puede determinar aproximadamente lo que vendría siendo la cantidad de caucho reciclado que se obtendría de un neumático.

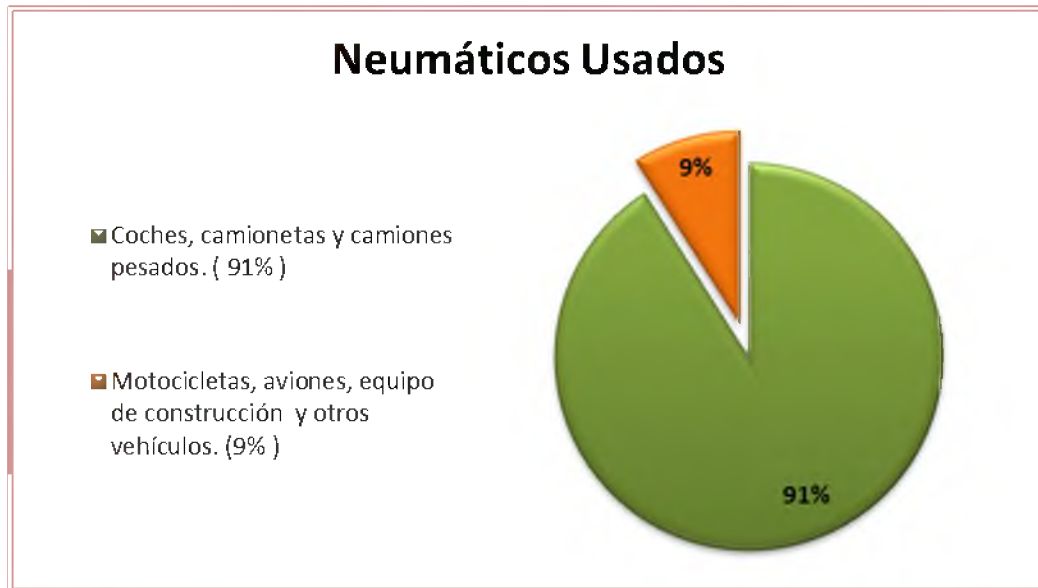
COMPONENTES	TIPOS DE VEHÍCULOS		FUNCIÓN
	Automóviles % en peso	Camiones % en peso	
Caucho y Elastómeros	48	43	Estructura deformación
Negro de Humo	22	21	Mejora oxidación
Metal	15	27	Esqueleto estructural
Materia Textil	5	0	Esqueleto estructural
Óxido de Zinc	1	2	Catalizador
Azufre	1	1	Vulcanización
Aditivos	8	6	Antioxidantes para el caucho
Peso de la llanta nueva	11.35 kg	54.48 kg	
Peso de la llanta usada	9.08 kg	45.40 kg	

**Tabla 2.** Componentes y peso de un Neumático.

#### 2.4.2 Perspectiva Nacional de los Neumáticos en Desuso

La Cámara Nacional de la Industria Hulera (CNIH), estima que actualmente se generan en la República Mexicana alrededor de 25 millones de neumáticos viejos como promedio anual, y de los cuales el 20% de estos, alrededor de 5 millones 500 mil son generados en el Distrito Federal. La Dirección General de Servicios Urbanos del DF, encargada del manejo de la basura en la capital, recoge diariamente alrededor de 3 mil neumáticos usados [16].

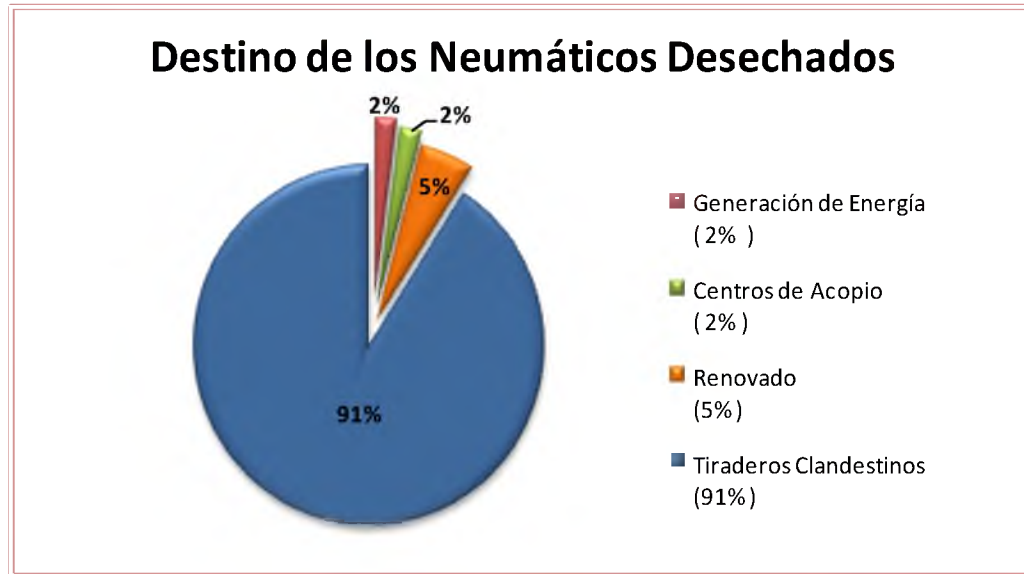
Del total de neumáticos recolectados el 91% proviene de coches, camionetas y camiones pesados, y el 9% restante procede de neumáticos especiales para motocicletas, aviones, equipo de construcción y otros vehículos [17]. En la Figura 3 se observa como los neumáticos que tienen un mayor desperdicio son las de coches debido a que cada vez que se hace un cambio de neumáticos por desgaste se cambian los cuatro.



**Figura 3.** Número de neumáticos que se recolectan por año y porcentajes correspondientes a su procedencia.

Las empresas Goodyear y Apasco participan en un caso específico de reaprovechamiento de neumáticos. Los neumáticos en desuso son recolectados en los 500 centros de acopio de la empresa llantera y entregados a la empresa cementera, la cual incinera los neumáticos para aprovechar su poder calorífico en los hornos de sus plantas de producción del Estado de México [18].

Sin embargo según información de la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas y Plantas Renovadoras, A.C. (Andellac) de los 25 millones de neumáticos que se desechan en México, como se muestra en la Figura 4 el 2% se utiliza para generar energía, el otro 2% se deposita en centros de acopio autorizados, el 5% es renovado y el 91% que es la mayor parte termina en tiraderos clandestinos.



**Figura 4.** Destino de los Neumáticos.

## 2.5 MUROS DE CARGA

Se llaman muros de carga aquellos que además de soportar su propio peso llevan otras cargas verticales provenientes del entrepiso y de la cubierta, estos son elementos trabajan a compresión. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical **[19] [20]**.

El espesor de estos muros se relaciona directamente con el peso que soportan y la fatiga de trabajo de sus componentes. Los materiales para construir un muro de carga son: piedra, ladrillos, concreto armado, tabique de barro, de cemento, piedra artificial, block de cemento, hueco y adobe **[21]**.

**PARTE II**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

# Capítulo 3

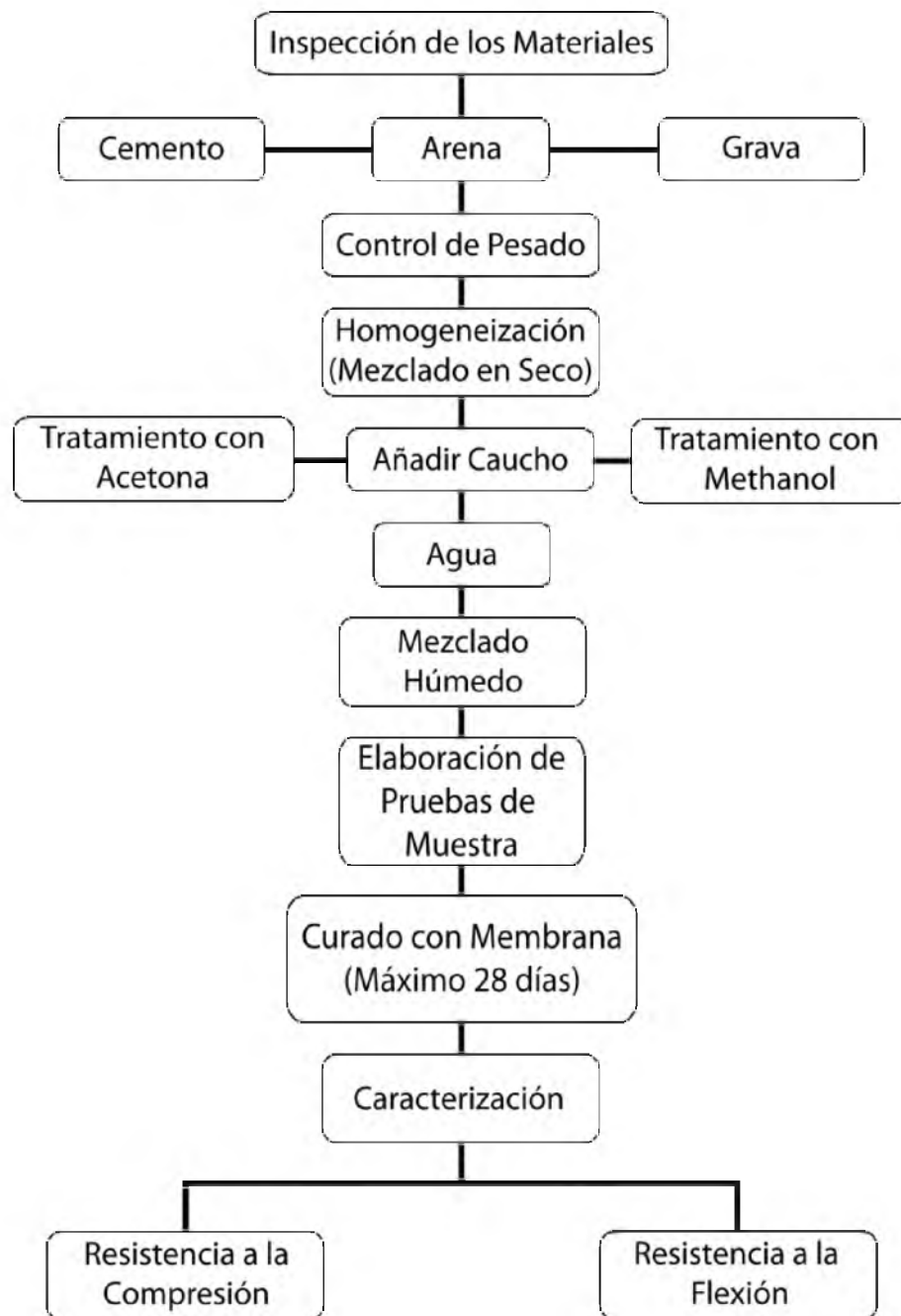
## INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE CAUCHO EN EL CONCRETO

### 3.1 PROCESO DE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO-CAUCHO

El desarrollo del proceso para la elaboración del concreto-caucho constó de unir primeramente el cemento, la arena y la grava (la utilizada fue de 3/4") hasta lograr que se mezclaran y se unieran perfectamente. Una vez logrado esto se le adicionó el caucho (en presentación de tiras de aproximadamente 1 cm), hasta lograr que se homogeneizaran, y finalmente se procedió a agregar el agua lentamente a la mezcla hasta que se obtuviera la consistencia y el revenimiento adecuado para utilizar, y poder realizar las muestras necesarias, todo se realizó bajo el control de peso de los materiales usados.

Este proyecto contó con la elaboración de dos tipos distintos de mezcla, uno que corresponde a Caucho tratado con Acetona y otro tipo que contiene Caucho tratado con Metanol, este tratamiento previo del caucho es de suma importancia, ya que la adición del reactivo provoca que el área superficial del caucho se altere y logre que se incorpore con mayor facilidad al concreto, logrando una mezcla homogénea. En ambas mezclas se siguió el mismo procedimiento, en la Figura 5 se muestra el esquema del proceso de fabricación del compuesto concreto-caucho.

A continuación se explica de una forma más clara todo el proceso que se llevó a cabo para la realización del concreto-caucho.



**Figura 5.** Proceso de fabricación del Concreto-Caucho.

### 3.2 TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL CAUCHO

El caucho utilizada para esta investigación fue proporcionado por la Empresa Genbruger S.A. de C.V. ubicada en la Ciudad de México, esta empresa también se

encarga del reciclado de diversos tipos de materias, como son cartón, plástico, vidrio, llantas, maderas, entre muchos más.

El caucho es procesado por la empresa y se obtiene del reciclado de neumáticos de automóviles. Dichos neumáticos se someten a numerosos procesos para de ahí sacar materiales útiles.

Las partículas de caucho empleada contaban de un tamaño promedio de 1 cm aproximadamente, como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6.** Caucho molido con molino industrial.

El Methanol y el Acetona son los reactivos que se utilizaron para darle el tratamiento previo al caucho, a continuación en la Tabla 3 se muestran las características con las que cuentan:

<b>Methanol ( <math>\text{CH}_4\text{O}</math> )</b>	<b>Acetona ( <math>\text{C}_3\text{H}_6\text{O}</math> )</b>
<b>Marca: Fisher Scientific</b>	<b>Marca: Sigma-Aldrich</b>
<b>Pureza: 99.9%</b>	<b>Pureza: 99.5%</b>
<b>Grado Reactivo</b>	<b>Grado Reactivo</b>

**Tabla 3.** Características de los Reactivos.

La preparación del caucho requiere 3 días (72 horas), y la sustancia que se le aplica se conforma de un 75% agua y un 25% del reactivo. El mismo porcentaje de sustancias se

ocupó para los dos tratamientos utilizados en el caucho como se observa en la Figura 7, en el cual a simple vista no se logra apreciar la diferencia entre ambos resultados.



**Figura 7.** Caucho elaborado con 2 reactivos diferente.  
A la derecha se presenta la proporción con Metanol y a la derecha con Acetona.

### 3.3 PROPORCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LA MEZCLA

Las proporciones que se emplearon para el desarrollo del concreto con caucho es la que se muestra a continuación en la Tabla 4:

<b>Materiales</b>	<b>kg</b>
Arena	12.67
Grava	21.38
Caucho	0.13
Cemento	8.0
Agua	4.0 l

**Tabla 4.** Proporción de los materiales.

Estas proporciones se hicieron a base de una relación volumétrica de caucho/arena de 0.03.

# Capítulo 4

## DISEÑO DEL BLOQUE

### 4.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACION DEL DISEÑO DEL BLOQUE

El diagrama de la Figura 8 presenta la metodología empleada para la elaboración de los bloques de concreto-caucho de la presente investigación:



Figura 8. Metodología.

### 4.2 DESARROLLO DE PROTOTIPOS PARA EL BLOQUE DE CONCRETO-CAUCHO

En esta etapa de desarrollo se llevó a cabo la realización de 4 pruebas del bloque, con la finalidad de analizar cada una y poder obtener una pieza apropiada que ayude a

resolver el problema de ventilación en la viviendas mediante perforaciones, tomando en cuenta que el área de aberturas para locales habitables y cocinas domesticas no será inferior al 5% del área total [22].

El diseño del bloque debe dar como resultado la fabricación de piezas versátiles, resistentes, ligeras, y que sean módulos ensamblables.

A continuación se describe cada una de las propuestas que se fueron desarrollando y examinando hasta obtener un diseño final del bloque que se fabricará.

#### **4.2.1 Propuesta 1**

Una vez estudiadas las características con las que debe de contar este bloque, y ver los pro y contra del diseño se generó esta propuesta.

Primeramente se delimito el tamaño del bloque dejándolo de 15x15x30 cm, y se le adicionaron perforaciones de formas cilíndricas en sentido vertical de un diámetro de 5.08 cm en dos caras de 15x30 cm, en la cara donde se encuentra un extremo de las perforaciones se le hicieron 2 hendiduras cilíndricas de 7.62 cm de diámetro y 0.6 cm de espesor, y en el otro extremo se le agregaron 2 anillos uno por cada agujero, las piezas fueron de 7.62 cm de diámetro externo y 5.08 cm de diámetro interno librando el área de la perforación.

En las otras 2 caras restantes de 15x30 cm ocurrió lo mismo, en una se le colocaron 2 piezas cilíndricas de 7.62 cm de diámetro y 0.4 cm de espesor y en la otro se le hicieron 2 hendiduras de 7.62 cm de diámetro y 0.6 cm de espesor. Estas formas añadidas al bloque se le realizaron con la finalidad de crear piezas modulares ensamblables.

Para la elaboración de este bloque se fabricó una cimbra en MDF, la manufactura de la pieza se realizó en yeso simulando con este el concreto, y ver los problemas que se presentaban. Como resultado se dedujo que sería una pieza demasiado pesada y muy difícil para su manejo y traslado, debido a que las perforaciones eran demasiado pequeñas y distantes. En la Figura 9 se observa la pieza resultante.



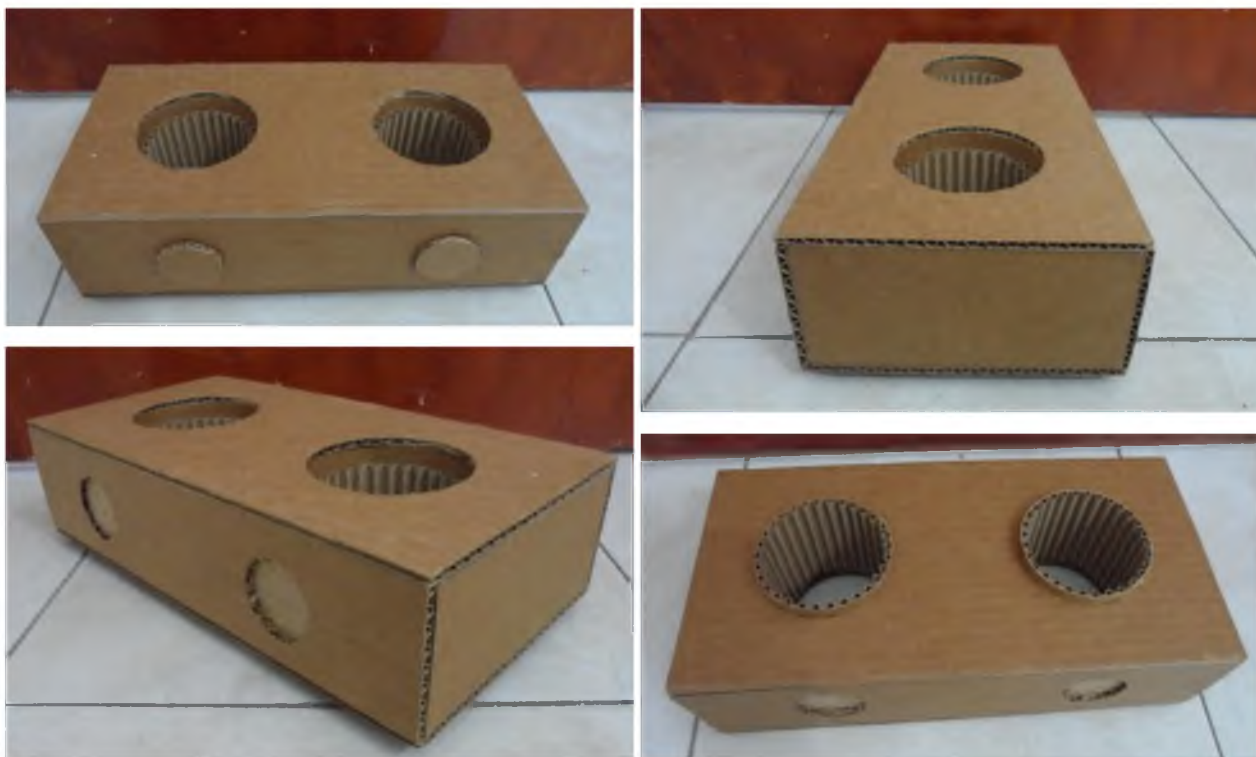
**Figura 9.** Fabricación en yeso de la primera propuesta de diseño para el bloque.

#### **4.2.2 Propuesta 2**

Basándose en la primera propuesta realizada y observando que los resultados no eran los esperados, ya que dicha pieza al fabricarse en concreto alcanzaría demasiado peso, y sería difícil de cargar, y no cumpliría con la característica de ser ligera. Con base a estos detalles se replanteo el diseño, y se optó por desarrollar un nuevo prototipo, pero ahora realizado con cartón y papel corrugado, para ser analizado nuevamente y estudiar mejor su forma.

Con base a su tamaño y peso se modificaron las medidas en este bloque quedando ahora de 15 cm de ancho, 7.5 cm de alto y 30 cm de largo. Las perforaciones también sufrieron modificaciones pero solo en tamaño resultando ahora de un diámetro de 7.62 cm. En una de las caras de 7.5 cm de alto x 30 cm de largo se le realizaron 2

hendiduras de 3.81 cm de diámetro y 0.5 cm de profundidad, en la otra cara con las mismas dimensiones se le colocaron 2 piezas cilíndricas de 3.81 cm de diámetro y 0.5 cm de altura como se muestra en la Figura 10, con la propósito de que al sobreponer piezas estas se pudieran ensamblar perfectamente.



**Figura 10.** Vistas a detalle de la segunda propuesta de diseño del bloque realizada con cartón.

Este diseño propone como ventaja construir muros sólidos con perforaciones para permitir el paso del aire hacia el interior de la vivienda, ver Figura 11, pero la desventaja de estas piezas es que no se pueden intercalar para construir al mismo tiempo un muro sólido y un muro con perforaciones, debido a las dimensiones empleadas y del diseño propuesto.

Debido a que este bloque cuenta con las características para obtener un bajo peso, fácil ensamblaje, y contar con un diseño ergonómico se optó por tomarlo como referencia para lo que será el diseño del bloque.



**Figura 11.** En las imágenes se muestra de forma gráfica un parte de un muro fabricado con esta propuesta de bloques.

### 4.2.3 Propuesta 3

Obteniendo un resultado no muy certero anteriormente la propuesta se rediseño modificando las dimensiones frontal, lateral y superior de las piezas. Este bloque se realizó de igual manera como prototipo con la ayuda de cartón y papel corrugado, para observar su forma y funcionalidad.

Esta pieza prismática cuenta con perforaciones y hendiduras como en los diseños antes propuestos. Las 2 perforaciones que se realizaron en la cara superior midieron 7.62 cm de diámetro y atravesaron en su totalidad a la pieza como se muestra en la Figura 12, pero agregando en un extremo de la perforación una hendidura de 0.5 cm de profundidad y por el otro extremo un pequeño anillo de 7.62 cm de diámetro y 0.4 cm de altura.



**Figura 12.** Proceso de fabricación y vistas del prototipo de cartón corrugado obtenida.

En una cara frontal de 15x30 cm se realizaron 2 hendiduras de 0.5 cm de profundidad y un diámetro de 7.62 cm, y en la cara opuesta a esta se le colocaron 2 cilindros de 7.62 cm de diámetro y 0.4 cm de altura. Este prototipo permite que al intercalarlos se puedan fabricar muros completamente sólidos y muros con perforaciones ayudando a mantener los espacios interiores de las viviendas ventilados, como se aprecia en la Figura 13, donde se simuló un muro fabricado con bloques de cartón.



**Figura 13.** Fotografía del prototipo representando un muro sólido y muro intercalando bloques sólidos y bloques perforados.

#### 4.2.4 Propuesta 4

Tomando como base la propuesta de diseño anterior, y debido a que sus medidas ya cumplen con la función de intercalar piezas solo se modificó el diámetro de las perforaciones para aligerar el peso, y el tamaño de las demás formas circulares puestas en las laterales de la pieza, alcanzando ahora los 10.16 cm de diámetro, esto con la finalidad de que al unir dos módulos o más se obtenga un resultado favorable y una unión perfecta entre las piezas.

Una vez realizadas todas las correcciones se recurrió al desarrollo físico de esta nueva propuesta de bloque pero primeramente en yeso para determinar, si hay alguna falla o errores que no se habían percibido anteriormente. La fabricación de la cimbra para el vaciado se elaboró con madera MDF, como se muestra a continuación en la Figura 14.



**Figura 14.** Fabricación de la cimbra de madera MDF, realización de corte y detallado de cada una de las piezas.

Pasado el tiempo de fraguado del yeso dentro de la cimbra, se desmoldó el bloque producido, al momento de quitar cada una las caras de la cimbra el yeso quedo pegado

en la madera y las partes donde se localizaban las formas circulares quedaron incompletas, como se ve en la Figura 15. Se resanaron las partes dañadas para poder usar la pieza completa quedando como se muestra en la Figura 16.

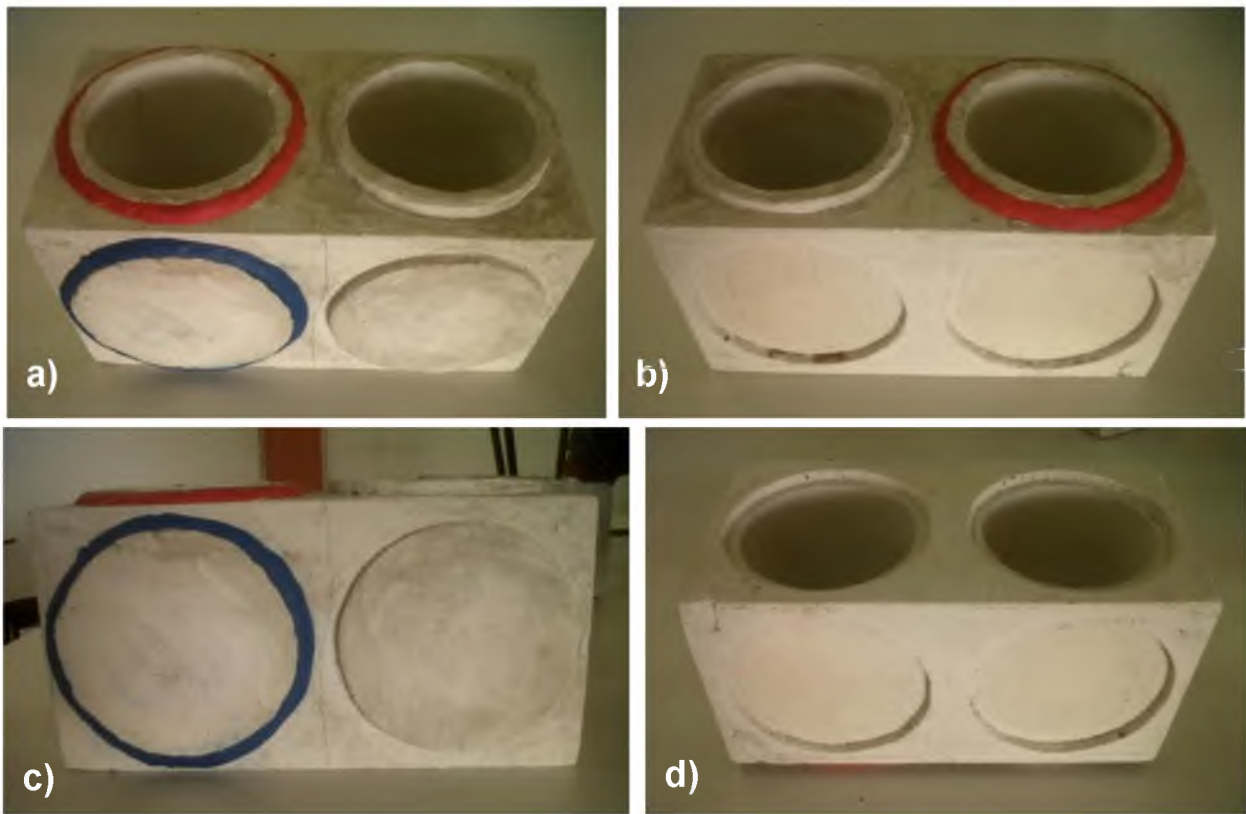


**Figura 15.** Descimbrado y resanado del prototipo de yeso obtenido.



**Figura 16.** Cuarto prototipo elaborado en yeso.

Con base en los resultados obtenidos se pudo observar que el diseño propuesto aun no es el ideal, ya que al momento de querer fabricar el bloque su desarrollo no es posible, debido a errores de ensamble que se presentan. En la Figura 17 se muestran las correcciones que se realizarán y en que parte del bloque a partir de la pieza de yeso resultante.



**Figura 17.** Fotografías donde se muestran las correcciones que se le realizarán al bloque.

**a)** Se observa la cara superior y frontal, **b)** Cara superior y posterior, **c)** Vista frontal, en esta vista y en las dos anteriores se corregirán las caras en las zonas marcadas con azul y rojo, el ángulo de inclinación siendo anteriormente de  $90^\circ$  se modificará y se a completarán para que puedan ser ahora de  $45^\circ$ , y **d)** Cara inferior y posterior, en estas caras en vez de completar se le eliminara una parte para permitir la realización de ángulos de  $45^\circ$ .

# Capítulo 5

## DISEÑO EXPERIMENTAL

### 5.1 DESARROLLO DE PRUEBAS PRELIMINARES DEL BLOQUE CON VARIACIÓN EN LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO-CAUCHO

Las pruebas mecánicas se realizaron con 4 bloques muestra, en los cuales se fueron variando las proporciones de los materiales empleados, hasta poder obtener una mezcla concreto-caucho útil para la fabricación de los bloques.

#### 5.1.1 Bloque 1

En la elaboración del primer bloque de concreto-caucho se empleó la siguiente proporción de materiales (ver Tabla 5), la grava utilizada fue de 3/4" de tamaño:

Materiales	Cantidad
Cemento	2 Kg
Arena	3.137 kg
Grava	5.337 kg
Caucho	0.032 kg
Agua	1 l

**Tabla 5.** Proporciones de materiales.

En este primer intento no se logró el producto esperado, debido a que la mezcla no tuvo el asentamiento deseado y de que la grava utilizada era muy grande, y al momento de hacer el vaciado en la cimbra esta no logro pasar en su totalidad y generó que el bloque no se llegara a forma bien y quedara incompleto por partes. En la Figura 18 se muestra

el bloque obtenido. Esta primera prueba sirvió para checar la consistencia de la mezcla y ver si se estaban utilizando las proporciones adecuadas o se tendrían que hacer correcciones para generar una nueva mezcla.



**Figura 18.** Primer bloque de prueba elaborado con Concreto-Caucho.

### **5.1.2 Bloque 2**

Para esta segunda muestra las formas que sobresalen y las hendiduras dejaron de ser solo cilíndricas y se cambiaron por formas cónicas, esto para facilitar el descimbrado de la pieza, ya que en el bloque anterior se logró ver este problema al momento de sacar la pieza de la cimbra. Así que se elaboró una nueva cimbra para este bloque, en donde las proporciones de materiales se modificaron totalmente.

Inicialmente se había tomado en cuenta elaborar 90 bloques por cada bulto de cemento (sabiendo que cada bulto contiene 50 kg), en donde por cada bloque se estarían ocupando las siguientes proporciones (ver Tabla 6):

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	0.55 kg
Arena	3.70 kg
Grava	6.24 kg
Caucho	0.046 kg
Agua	1 l

**Tabla 6.** Material empleado por cada bloque.

A estas proporciones se le hicieron ajustes y se decidió agregar 0.55 grs más de cemento quedando ahora en un total de 1.100 kg y de igual forma se agregó más caucho quedando en 0.20 grs. Debido a que en la muestra anterior la grava no había dado buenos resultados se decidió por eliminarla en su totalidad en esta nueva muestra, y los bloques ahora se fabricarían solamente de mortero.

Entonces se optó mejor por fabricar 70 bloques por cada bulto de cemento. El peso que se tenía de grava fue lo que se agregó como peso total de arena, y lo que pesaba en total la arena y el caucho se convirtió solo en el peso general del caucho, y la cantidad de agua empleada se mantuvo constante.

Fue así como las proporciones finales que se muestran en la Tabla 7 se emplearon para esta segunda muestra del bloque de concreto-caucho quedó de la siguiente manera:

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	0.714 kg
Arena	6.24 kg
Caucho	3.9 kg
Agua	1 l

**Tabla 7.** Material empleado para la segunda muestra del bloque.

La mezcla obtenida tuvo una mejor consistencia e ideal para su manejo y colocación dentro de la cimbra, logrando con esto que el bloque quedara mejor elaborado y sus

formas un poco mejor definidas gracias a que se sometió a un mayor golpeteo. El descimbrado de los tubos se realizó inmediatamente.

De igual manera el bloque obtenido no fue de gran ayuda, ya que se fracturó por una de sus caras, en la Figura 19 que se observa a continuación se muestra el bloque resultante.



**Figura 19.** Segundo bloque de prueba elaborado con Concreto-Caucho.

### 5.1.3 Bloque 3

Para la tercera muestra del bloque se volvieron a modificar las proporciones de los materiales que se utilizaron quedando como se muestra en la Tabla 8:

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	1.359 kg
Arena	9.839 kg
Caucho	0.300 kg
Agua	2 l

**Tabla 8.** Proporciones de materiales utilizados en el tercer bloque fabricado.

Una vez reunidos los materiales se dio paso a colocarlos en la revolvedora, pero durante el proceso de mezcla se presentó un inconveniente, ya que la mezcla se

empezó a agrupar en pequeños fragmentos formando piezas esféricas de aproximadamente 1.5 cm de diámetro, sin lograr por más que se mezclara que se desvanecieran las pequeñas esferas, como se ve en la Figura 20.



**Figura 20.** Mezclado de los materiales en la Revolvedora.

Estas proporciones fueron las menos adecuadas para el bloque de todas las muestras realizadas hasta el momento, ya que como consecuencia el bloque quedo demasiado poroso y débil, y esto provocó que se rompiera muy fácilmente como se aprecia en la Figura 21, aparte de que las pequeñas piezas esféricas no se unieron y provoca una mala construcción del bloque.



**Figura 21.** Tercer bloque de prueba elaborado de Concreto-Caucho aun en estado húmedo.

#### 5.1.4 Bloque 4

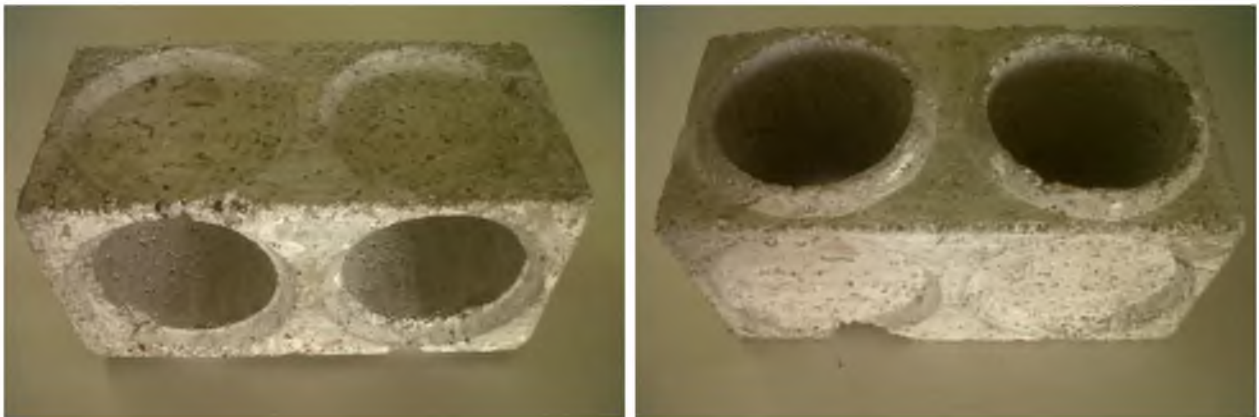
En la Tabla 9 se muestra las proporciones modificadas nuevamente, con base a los resultados incorrectos que se han obtenido hasta el momento:

Materiales	Cantidad
Cemento	2 kg
Arena	7.64 kg
Caucho	0.086 kg
Agua	1 l

**Tabla 9.** Proporción para el mortero utilizado en el bloque.

Siguiendo estas proporciones la pieza resultante que se obtuvo logro buenos resultados, ya que la consistencia de la mezcla fue adecuada para la fabricación del bloque, y se logró realizar un descimbrado al instante, y las formas quedaron bien detalladas, con el único inconveniente que no se utilizó grava, generando con esto la elaboración de mortero y no concreto, descartando con eso el uso de la proporción propuesta.

Una vez descimbrada la pieza se recurrió a cubrirla con la membrana de curado. En la Figura 22 se muestra el bloque resultante en esta prueba.



**Figura 22.** Cuarto bloque de prueba elaborado.

### 5.1.5 Bloque modelado en AutoCAD

A partir de la última propuesta realizada se decidió corregir los errores encontrados y con base a eso se obtuvo una propuesta de lo que sería el bloque final.

Al finalizar de realizar las pruebas a los bloques elaborados de concreto-caucho, se modificó por última vez el diseño del bloque, ya que las perforaciones de 10.16 cm de diámetro dejaban muy delgadas las paredes exteriores y no se respetaba el espesor de que debía tener.

Este nuevo diseño se reduce el diámetro de las perforaciones quedando ahora de 8.3 cm de diámetro, la formas colocadas en los extremos de las perforaciones se mantendrán en piezas cónicas, en donde las piezas que sobresalen del bloque tendrán como diámetro mayor 10.46 cm, un diámetro menor de 8.46 cm, una altura de 0.9 cm y una inclinación a 45°.

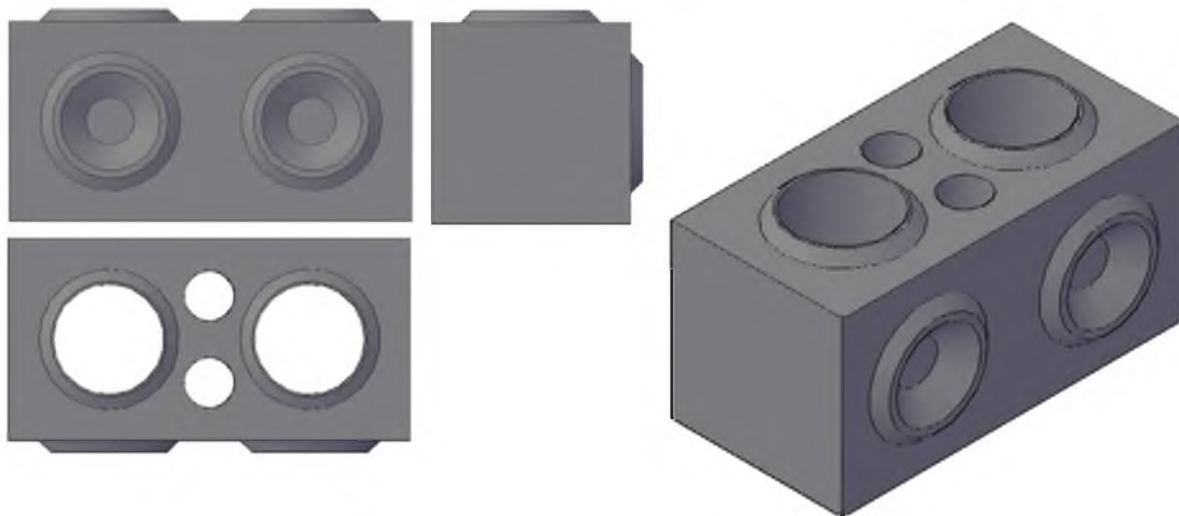
Por otro lado el tamaño de las hendiduras tendrán por dimensiones 10.66 cm de diámetro mayor, 8.66 cm de diámetro menor, 1 cm de altura y de igual manera contarán con una inclinación a 45°.

El tamaño de las piezas cónicas vario debido a que se dejó un espacio de 0.1 cm para lograr que al unir los bloques estos puedan embonar perfectamente sin problema alguno. Y para compensar lo que se redujo en las perforaciones, se le realizaron 2 perforaciones más con un menor diámetro, el cual corresponde a 3.81 cm (equivalente a  $1\frac{1}{2}$ "), y lograr que la pieza conserve su ligereza. Para una mejor comprensión del bloque que se propone se incluye el plano en el Anexo I.

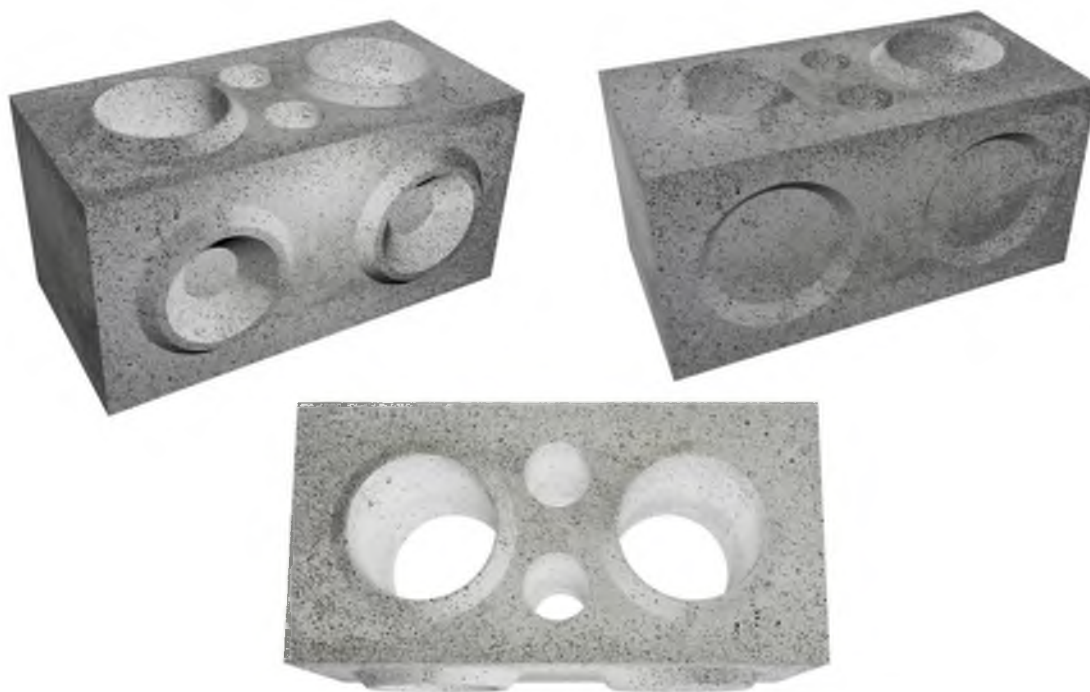
En la Figura 23 se muestra un modelado virtual realizado en AutoCAD de cómo quedaría la pieza ya fabricada con las correcciones realizadas.

Para hacer la pieza más realista se realizó el modelado del bloque en 3D Max, aplicándole un material simulando el concreto, con esto se tendría una percepción de cómo se observará el bloque una vez fabricado.

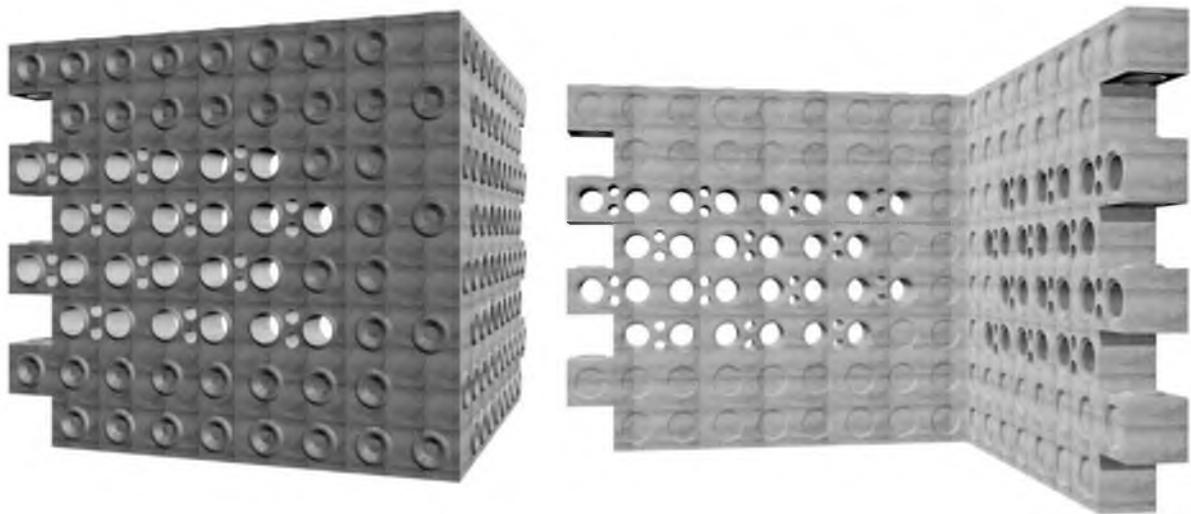
En la Figura 24 se observa el resultado obtenido, y en la Figura 25 se muestra un muro fabricado virtualmente de cómo se colocarían los bloques y como se vería una vez construido.



**Figura 23.** Vistas Ortogonales e Isométrica del bloque final.



**Figura 24.** Bloque modelado en 3D Max.



**Figura 25.** Modelado de un muro utilizando la propuesta del bloque final.

### 5.1.6 Bloque Final Fabricado con Concreto-Caucho

Para finalizar esta etapa de pruebas preliminares se realizó una corrección por última vez con base a los resultados que se fueron obteniendo en las pruebas realizadas anteriormente, pero ahora incluyendo entre los materiales grava. Es así como las nuevas proporciones quedaron de la siguiente manera:

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cemento</b>	3 kg
<b>Arena</b>	4.750 kg
<b>Grava</b>	8.005 kg
<b>Caucho</b>	0.0487 kg
<b>Agua</b>	1.5 l

**Tabla 10.** Materiales empleados para el bloque final.

Este bloque se desarrolló con la ayuda de la cimbra final, y con la última propuesta del bloque rediseñado, para corroborar que funcione correctamente y se obtengan los resultados planeados.

Mientras la mezcla compuesta con caucho se realizaba se armó la cimbra y se le colocó desmoldante para facilitar el proceso.

Una vez lista la mezcla se vació al molde y se procuró compactarla para lograr formar la pieza completamente y no quedaran huecos. Después de haber terminado de llenar la cimbra se dejó fraguar. La cimbra se quitó por partes como se logra apreciar en la Figura 26, para lograr que el bloque resultara intacto y se obtuviera una buena pieza, sin desperfectos, como se observa en la Figura 27.



**Figura 26.** Descimbrado del Bloque de Concreto-Caucho.

Finalmente se curó con membrana el bloque, y se pasó a pesar, alcanzando un peso total de 10.920 kg, permitiendo contar con un peso soportable para una persona.



**Figura 27.** Bloque final descimbrado.



**Figura 28.** Bloque Concreto-caucho con membrana.

Obtenido buenos resultados con estas proporciones de elementos, se le realizaran las pruebas mecánicas para conocer que tan factible es el uso de estas proporciones y principalmente del caucho utilizado.

# Capítulo 6

## PRUEBAS MECÁNICAS

Este capítulo se centra en la elaboración de especímenes con los dos tipos de mezclas de concreto-caucho (una con caucho-metanol y otra con caucho-acetona), los cuales una vez elaborados se someterán a dos pruebas, una es a compresión y la otra es a flexión, finalizadas dichas pruebas se analizarán y se valorarán los resultados obtenidos en cada una de las pruebas.

Una vez determinadas las proporciones a utilizar, se procedió a preparar la mezcla de todos los componentes para elaborar los especímenes de concreto que se emplearon para ejecutar las pruebas de compresión. Esta mezcla compuesta a base de arena, grava, cemento y un 10% de caucho, fue elaborada en una etapa húmeda, y en la cual se utilizó como agente de hidratación y fraguado agua potable.

La etapa de mezclado de los elemento se realizó en una revolvedora eléctrica CM-150 Max-Mix-Joper, para lograr una mejor unión de todos los elementos. Ya teniendo el concreto-caucho preparado se pasó a colocarlo en el cono de Abrams para determinar el revenimiento de la mezcla previo al llenado de los moldes como se observa en la Figura 29.



**Figura 29.** Medición del Revenimiento en la mezcla.

Ya obtenida una buena consistencia en la mezcla se pasó a colocarla en 4 moldes cilíndricos que tenían una dimensión de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, se hizo el vaciado con ayuda de un cucharón, y se recurrió de nuevo a usar la varilla para compactar la mezcla, retomando el mismo procedimiento utilizado con el cono. Obtenida la compactación del concreto en el cilindro se finalizó enrasando la parte superior del cilindro con la ayuda de una cuchara para lograr una superficie plana, uniforme y que esté a nivel con las orillas del molde como se muestra en la Figura 30.



**Figura 30.** Resultado final de la elaboración de especímenes de concreto-caucho.

Para la prueba de compresión de los especímenes se dejaron en el molde durante 24 horas, después de este tiempo se desmoldaron como se muestra en la Figura 31 y se les aplicó la membrana de curado Curaconsa APD Blanco formando una película delgada blanca sobre el concreto fresco evitando así la pérdida prematura de agua, la reducción en la resistencia de diseño y algunos agrietamientos por secado rápido.

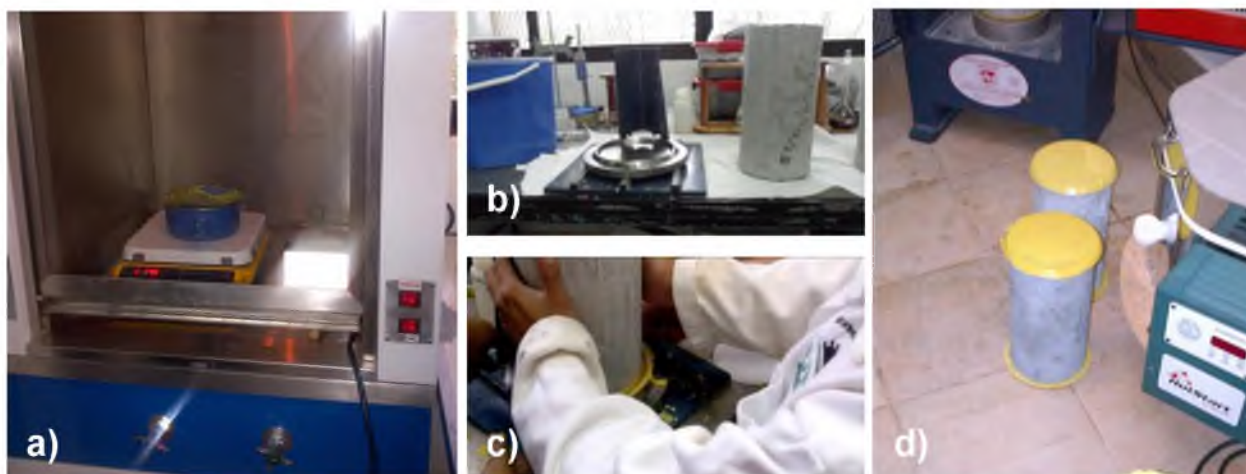


**Figura 31.** Proceso final de la elaboración de cilindros. a) Desmolde de los cilindros, b) Curado de las piezas.

Las pruebas de Resistencia de Compresión para los especímenes se hicieron a 7, 14, 21 y 28 días, tanto para pruebas que contienen Concreto Caucho tratado con Acetona, como para las pruebas que contienen Caucho tratado con Metanol y Concreto Convencional. En todas las pruebas se siguió el mismo procedimiento en la elaboración del concreto, solo se modificó el tratamiento que se le dio al caucho.

Pasado los días designados para cada cilindro, se recurrió a realizar un cabeceo a las piezas para lograr que sus bases estuvieran niveladas, logrando que al momento de ser colocarlas en la prensa y realizar las pruebas no hubiera errores.

El procedimiento que se siguió fué fundir primeramente el compuesto químico a una temperatura de 165°C aproximadamente. Se preparó el plato metálico para el cabeceo lubricándose con un poco de aceite, luego se vertió sobre el plato el compuesto químico ya fundido y se colocó el espécimen utilizando la barra guía para centrarlo. Una vez adherido el compuesto al espécimen se separó el plato metálico del cilindro cabeceado, se hizo lo mismo con la cara opuesta y una vez cabeceadas las dos caras, el cilindro quedó listo para realizarle su prueba de compresión. En la Figura 32 se observa gráficamente el proceso seguido.



**Figura 32.** Procedimiento para el cabeceo de los cilindros para su prueba de compresión.

**a)** Fundido del compuesto de azufre, **b)** Preparación del plato metálico y el cilindro, **c)** Colocación del compuesto de azufre fundido al cilindro, **d)** Finalmente los cilindros se muestran listos para la realización de la prueba de compresión.

## 6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El objetivo de este ensayo es conocer las propiedades mecánicas en cuanto a resistencia de compresión (en MPa) de cada una de las combinaciones propuesta.

Los ensayos de compresión se realizaron en el Laboratorio de la Universidad del Papaloapan y para su realización se utilizó una Prensa Hidráulica Davi 1202 F de operación eléctrica con una capacidad de 120 toneladas como se puede observar en la Figura 33. El cilindro se colocó dentro de la prensa y se le ejerció una carga continua hasta que la prensa marcara la carga máxima que el cilindro era capaz de soportar.



**Figura 33.** Prueba de Compresión al Cilindro en Prensa Hidráulica.

Los resultados conseguidos durante el proceso de ensayo de compresión realizados a las muestras de concreto hasta la edad de 28 días se observan en la Figura 34, en dicha gráfica se muestra también que la mezcla donde se utilizó caucho en tratamiento con Metanol muestra una mayor disminución en su resistencia al ser comparado con el resultado obtenido con el concreto tradicional y por consiguiente con el concreto tratado con Acetona.

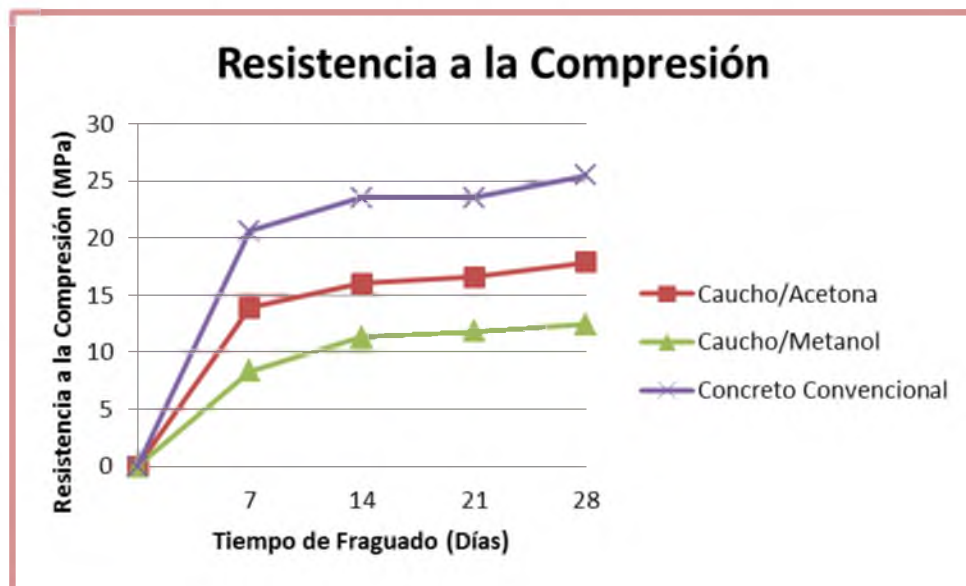


Figura 34. Resistencia a la Compresión de las 3 muestra de Concreto elaboradas.

## 6.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La prueba de resistencia a la flexión o prueba de módulo de ruptura como también se le conoce se usa para determinar la resistencia a la tracción del concreto.

El concreto que se utilizó para los especímenes de las vigas para determinar la fuerza de flexión se elaboró con las mismas proporciones con las que se elaboraron los cilindros y de igual manera se midió el revenimiento el cual fue de entre 7 y 9 cm, con la variante de que en vez de cilindros ahora se elaboraron vigas de concreto como se

muestra en la Figura 35, en una cimbra metálica especial para este ensaye con dimensiones de 15 x 15 x 50 cm,



**Figura 35.** Medición del Revenimiento y preparación del molde para el vaciado.

En la Figura 36 que se muestra a continuación se logra apreciar como una vez preparada la mezcla se realizó el vaciado en el molde metálico y se fue compactando la mezcla con la ayuda de una varilla para lograr que no quedaran burbujas de aire encerradas que permitieran alguna imperfección en la pieza.



**Figura 36.** Vaciado del Concreto al Molde.

Una vez compactada la mezcla, con la cuchara se enraso la superficie de la viga dejándolo igualada al nivel del molde, tal como se observa en la Figura 37.



**Figura 37.** Enrasado de la Superficie.

Después de elaborados los especímenes se esperaron 24 horas, pasado este lapso de tiempo se desmoldaron y se les aplicó la membrana de curado para proteger la viga como se suele apreciar en la Figura 38, para evitar la evaporación del agua de la viga.



**Figura 38.** Curado de las Vigas.

Las muestras, tanto del concreto que contiene caucho tratado con Acetona, como de concreto que contiene caucho tratado con Metanol, se ensayaron a los 28 días de fraguado. En este caso no fue necesario realizar cabeceo con azufre compuesto a las piezas. Transcurrido el tiempo de curado se realizó la prueba de flexión, como se muestra en la Figura 39, la cual se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad con la ayuda de la prensa hidráulica, pero ahora colocándole un aditamento para flexión de vigas.



**Figura 39.** Prueba de Flexión a la Viga en Prensa Hidráulica.

La presión ejercida sobre la viga fue precisamente al centro de esta pieza para lograr una distribución equitativa de cargas y así poder obtener un dato más preciso.

Con la carga máxima resultante, el peralte del espécimen y su momento de inercia, se obtuvo el módulo de ruptura, mediante de la aplicación de la siguiente expresión [23]:

$$R = (PxL) / (bd^2)$$

En donde:

R: Es el módulo de ruptura, en kPa (kgf/cm<sup>2</sup>).

P: Es la carga máxima aplicada, en N (Kgf).

L: Es la distancia en apoyos, en cm.

b: Es el ancho promedio del espécimen, en cm.

d: Es el peralte promedio del espécimen, en cm.

Con los resultados obtenidos se observa un aumento considerable en la flexión para la muestra de concreto-caucho acetona el cual tuvo 121.208 Kgf/cm<sup>2</sup> de resultado en comparación a la mezcla de concreto-caucho metanol que obtuvo 112.488 Kgf/cm<sup>2</sup>.

# Capítulo 7

## DISEÑO Y DESARROLLO DE LA CIMBRA

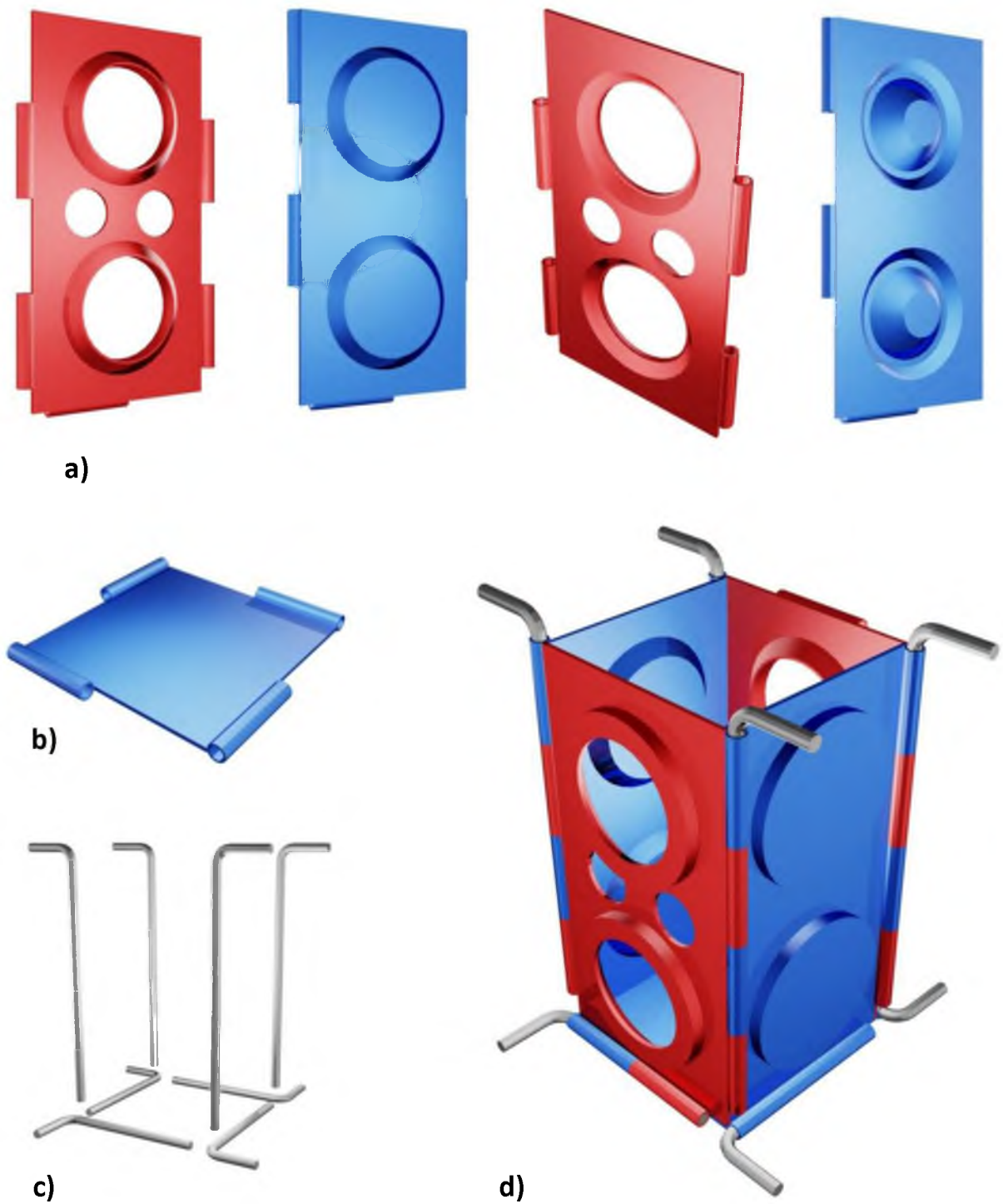
Anteriormente para el desarrollo de los prototipos de prueba que se fabricaron con el compuesto de concreto-caucho se utilizó una cimbra elaborada con madera de pino, pero debido a tanta humedad este molde no soportó lo necesario y se fracturó impidiendo su uso nuevamente.

La cimbra que se fabricará para elaborar los nuevos bloques será desarrollada con placas de acero al carbón de  $\frac{1}{8}$ " de espesor, esto logrará que las piezas resultantes queden más detalladas y que no sufran deformación alguna en su proceso de elaboración.

Esta cimbra está compuesta por cinco piezas movibles, las cuales se unirán por medio de pasadores, y se necesitarán un total de cuatro pasadores grandes para unir las placas laterales y cuatro pasadores pequeños para unir las piezas laterales con la pieza que conformará la base de la cimbra.

Con base en las dimensiones que tendrá el bloque se llevó a cabo el desarrollo y planeación de la cimbra. El prototipo de la cimbra se elaboró previamente en bocetos hasta quedar totalmente definida, después se recurrió a la realización digital de los planos en AutoCAD (ver Anexo II), y posteriormente para tener una mejor visualización de sus terminados se realizó el modelo en 3d Max, resultando como se puede ver en la Figura 40, una vez detallado bien el molde y teniendo las medidas se llevó a cabo su manufactura.

La producción de la cimbra consistió en manufacturar primeramente las piezas cónicas truncadas con las medidas y formas ya establecidas. Estas piezas se desarrollaron con la ayuda de una torno dejándolas lo más detalladamente posible, ya que estas son las que darán al bloque las formas que permitirán el ensambles entre cada una de las piezas.



**Figura 40.** Modelado virtual de la cimbra.

**a)** Vista de las cuatro placas laterales, **b)** Placa para la base, **c)** Colocación de los pasadores para sujetar las placas, **d)** Cimbra armada.

En la Figura 41 se muestra la elaboración realizada en el torno de todas las piezas cónicas truncadas, y la Figura 42 observamos las piezas resultantes ya listas para

unirlas a las placas, de las cuales se fabricaron dos de cada tipo, dando como resultante un total de ocho piezas.



**Figura 41.** Proceso de manufactura de los conos truncados que se ocuparon en las placas de acero.



**Figura 42.** Resultado de las piezas en acero fabricadas en el torno.

Ya manufacturadas todas las piezas cónicas y perforadas dos de las cuatro placas que se necesitarán se recurrió a unir las piezas y las placas por medio de soldadura, dejándolas lo más unidas posibles para que no ocurra algún error al momento de fabricar el bloque.

En la Figura 43 que se muestra a continuación se observan a detalle las placas ya terminadas y listas para armarse en conjunto con la placa de la base y los pasadores.



**Figura 43.** Detalle de la unión de las placas de acero y las piezas cónicas.

# Capítulo 8

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la presente tesis se ha buscado cumplir con cada uno de los objetivos planteados, logrando consolidarlos favorablemente.

Para probar la mezcla concreto-caucho propuesta en la cual se incluyó el 10% en peso de caucho se elaboraron especímenes los cuales se sometieron a pruebas mecánicas, una vez obtenidos los resultados se analizaron y se observó un descenso en sus valores en comparación con el concreto convencional, esto se debió a que los reactivos no lograron una buena alteración en el área superficial del caucho, impidiendo con esto que se obtuviera una buena integración con el concreto.

La fabricación del bloque sugerido se desarrolló en una cimbra en acero, para lograr una mayor duración de uso y obtener un buen resultado de la pieza. El bloque que se fabricó y el cual cuenta con unas dimensiones de 15x15x30 cm permitió el paso del aire y de igual forma se logró que los bloques ensamblaran adecuadamente.

Algunos de los beneficios que trae consigo la elaboración de bloques de concreto-caucho es que estas piezas presentan una disminución en su peso, se logró que fueran elementos modulares, y por otro lado se consideran bloques sustentables gracias a la aplicación de caucho reciclado como materia prima.

### 8.2 RECOMENDACIONES

Como las propiedades mecánicas que obtuvo el concreto-caucho estudiadas son bajas en comparación al concreto convencional, se recomienda probar con el uso de otros reactivos para el tratamiento del caucho para permitir que haya una mejor unión entre estos elementos.

La contribución sobre estudios de aplicación del caucho obtenido de neumáticos puede ser de gran importancia para la investigación y la divulgación debido a que son elementos que una vez desechados son dañinos y al medio ambiente.

Orientar más el uso de este tipo de compuesto hacia el área de la construcción, ya que se pueden obtener buenos resultados.

## REFERENCIAS

- [1] Rivas Vázquez, L.P., Suárez Orduña, R., Hernández Torres, J., y Aquino Bolaños, E. Effect of the surface treatment of recycled rubber on the mechanical strength of composite concrete/rubber. *Cement and Concrete*, pp. 1-6.(Revisión)
- [2] El-Gammal, A., Abdel-Gawad, A.K., El-Sherbini, Y., y Shalaby, A. (2010). Compressive Strength of Concrete Utilizing Waste Tire Rubber. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, pp. 96-99.
- [3] González G.G., José de Jesús y Taracena González., R. (1983, diciembre). Bloques de Concreto. *Revista IMCYC*, volumen 21, No.152, p. 42.
- [4] oficemen Agrupación de fabricantes de cemento de España:  
[http://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id\\_rep=23](http://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id_rep=23)
- [5] Hormigón: Historia del Hormigón, pp. 72-73:  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JAa5l1fW9MJ:ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6202/mod\\_resource/content/1/Hormigon\\_01.\\_Historia.pdf+Desde+un+lugar+cercano+al+Vesubio+obtuvieron+la+Puzolana,+constituida+b%C3%A1sicamente+por+s%C3%ADlice.&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=mx](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JAa5l1fW9MJ:ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6202/mod_resource/content/1/Hormigon_01._Historia.pdf+Desde+un+lugar+cercano+al+Vesubio+obtuvieron+la+Puzolana,+constituida+b%C3%A1sicamente+por+s%C3%ADlice.&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=mx)
- [6] Hornbostel, C. (2000). *Materiales para Construcción: Tipos, Usos y Aplicaciones*. México: Limusa Wiley, p. 255.
- [7] Koski, John A. (1992, octubre).How concrete block are made. *Masonry Construction*, pp. 374-377.
- [8] Concrete Block:  
<http://www.madehow.com/Volume-3/Concrete-Block.html#b>
- [9] Álamo N., Raúl. (1973-1974). Muros de bloques de concreto. *Revista IMCYC*, p.1.
- [10] Construcción y Tecnología (2004, agosto). *Revista IMCYC*, p. 20.
- [11] Características de los Materiales N-CMT-2-01-002/02.

- [12] Construcción y Tecnología (2004, septiembre). *Revista IMCYC*, p. 13.
- [13] El Caucho:  
[http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/automovil/paginas/El\\_caucho.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/automovil/paginas/El_caucho.htm)
- [14] <http://www.definicionabc.com/ciencia/caucho.php#ixzz2iQfFZCJ4>
- [15] Neumáticos fuera de uso:  
[http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb\\_depor/medio\\_amb/Servicios/asist\\_mun/residuos/planificacion/docu\\_planificacion/Neumxticos.pdf](http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb_depor/medio_amb/Servicios/asist_mun/residuos/planificacion/docu_planificacion/Neumxticos.pdf)
- [16] Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable:  
<http://www.uaz.edu.mx/semarnat/llantas.html>
- [17] Llantas usadas: Diagnóstico de la situación actual en el Distrito Federal:  
[http://www.residuossolidos.df.gob.mx/work/sites/tdf\\_rs/resources/LocalContent/54/2/LLANTAS\\_USADAS\\_DIAG.pdf](http://www.residuossolidos.df.gob.mx/work/sites/tdf_rs/resources/LocalContent/54/2/LLANTAS_USADAS_DIAG.pdf)
- [18] Atascan los basureros de llantas desechadas:  
<http://www.sma.df.gob.mx/imecaweb/boletin/bol0404/pdf/ablld.pdf>
- [19] Sandoval M., Guillermo. (2009). Uso y Aplicación de los Materiales de la Construcción. Universidad de Guadalajara, p.79.
- [20] Ramírez P., Jaime. (2006). Reglamento de Construcciones Sismo- Resistentes NSR-98 Tomo Dos. Decreto 52. Capítulo E.8-Definiciones, p. 1086.
- [21] <http://blog.habitissimo.es/2011/07/06/la-construccion-de-muros-tipos-y-caracteristicas/>
- [22] Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (1993). Artículo 9° Transitorio. E.- Requisitos mínimos de ventilación, p.143.
- [23] Determinación de la resistencia a la flexión del concreto. (2008, diciembre). *Revista IMCYC*, seccion 16, pp. 60-66.

# **ANEXO I**

## **ANEXO II**