

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ALAMO TEMAPACHE

INGENIERIA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACION

**“FORMULACION DE MEZCLA PARA LA ELABORACION DE
BLOQUES UTILIZANDO MATERIAL RECICLABLE PET
(TEREFTALATO DE POLIETILENO) EVALUANDO SU
RESISTENCIA BAJO LA NORMA NMX-C-404-ONNCCE-2005”**

PRESENTA

INSTRUCTOR:

DR. ALBERTO ALFONSO AGUILAR LASSERRE

Xoyotitla, Alamo Temapache, Ver., 05 Agosto del 2011

INDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
2. TIPO DE INVESTIGACION.....	2
3. OBJETIVOS	
3.1. Objetivo General.....	2
3.2. Objetivos Específicos.....	3
4. JUSTIFICACION.....	3
5. HIPOTESIS.....	4
6. MARCO TEORICO.....	4
6.1. Origen de los bloques para la construcción.....	5
6.2. Definición de bloques y ladrillos cerámicos.....	6
6.3. Clasificación de bloques y ladrillos Cerámicos.....	6
6.4. Propiedades físicas de los Bloques de Concreto.....	7
6.5. Características Físicas.....	8
6.6. Características Geométricas.....	9
6.7. Acabado.....	10
6.8. Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2005 “Industria de la Construcción– bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural, especificaciones y métodos de prueba”.....	11

6.9. Diagrama de Flujo de Proceso.....	15
6.10. Elementos de los Bloques de Concreto.....	17
6.11. Estado del Arte.....	20
6.12. Nuevos materiales para la construcción: Los Plásticos Reciclados.....	20
6.13. Disponibilidad de la Materia Prima.....	22
6.14. Objetivos.....	23
6.15. Características de los Elementos Constructivos.....	24
6.16. Potencial de reciclaje del polietileno tereftalato (PET).....	26
6.17. Aprovechamiento de plásticos reciclados en el Sector de la Construcción y Fabricación de bienes.....	30
6.18. Del Reciclaje a la Construcción: Plásticos para vivir.....	31
6.19. Maquinaria para Fabricar Tableros o Paneles de Desechos Plásticos.....	33
6.20. Programa de máquinas para producir “Madera plástica”.....	34
6.21. Ejemplos de tipos de productos construidos con tablas plásticas.....	36
6.22. ¿Una Ciudad de PET?.....	38

7. METODOLOGIA APLICADA

7.1. Aspectos Generales.....	43
7.1.1 Hipótesis a Probar.....	44
7.1.2 Análisis de Varianza.....	44

7.2 Diseño metodológico.....	45
7.2.1 Diseño estadístico.....	45
7.3 Análisis estadístico.....	46
7.4 Aspectos técnicos.....	46
7.5. Materiales y equipos utilizados en las prueba de resistencia a la compresión simple.....	47
7.6. Prueba a la compresión simple.....	48
7.7. Características físicas del prototipo de block con tereftalato de polietileno.....	49
7.8. Materias primas que se utilizaron.....	49
7.9. Descripción del proceso de elaboración de blocks a base del PET.	50
8. EXPERIMENTACION Y PRUEBAS.....	53
8.1 Conocer los antecedentes sobre el bloque con PET.	53
8.2. Caracterizar la diferencia que hay de los bloques ya existentes.	54
8.3. Determinar la dosificación de la materia prima en un bloque.	55
8.4. Realizar las pruebas de compresión simple.....	58
8.5. Conocer los límites de resistencia del bloque propuesto.....	63
9. RESULTADOS	
9.1. Resultados de análisis de varianza parte 1(Primeras pruebas).....	65
9.2. Resultados de análisis de varianza parte 2.....	66

10. ANALISIS Y CONCLUSIONES.....	67
11. DISCUSION.....	68
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71

RESUMEN

La contaminación que generan los desechos a base de PET contribuye en la actualidad al impacto ambiental generando un nivel alto de contaminación de desechos plásticos por lo que se ha dado la tarea de innovar nuevos prototipos y medidas alternas para la reutilización de los mismos.

La industria de la construcción exige que los materiales cumplan con la calidad de los elementos de construcción sin dejar atrás nuevos materiales de estudio.

Es importante marcar una diferencia entre el reciclaje y la reutilización del tereftalato de polietileno, mejor conocido como PET, el primero se refiere a la realización de un proceso para darle de nuevo una vida útil a estos materiales, mientras que la reutilización solo se enfoca a darle uso sin alterar el producto original: la reutilización es una medida de reducción del impacto ambiental, entonces, la elaboración de block a base de PET, es una forma de darles una segunda oportunidad a los materiales plásticos.

La formulación de una nueva mezcla para la elaboración de bloques de concreto con PET, que se propone le dará una segunda oportunidad a los plásticos de desecho, así como cumplir con las normas de calidad; se muestra la metodología a seguir y la finalización del producto final.

El prototipo es sometido a un par de pruebas llamadas: de compresión simple y absorción de agua máxima para determinar si posee o no con las características correspondientes a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005.

Se presenta en el desarrollo del trabajo, la fundamentación de la resistencia de los bloques para la construcción, sus características, el papel que juega la norma NMX en el área de la construcción. Se detalla el modelo estadístico (ANOVA) para el análisis preliminar de donde se obtiene el diagnostico el cual presenta o describe ese análisis exploratorio en la realización de los bloques de PET y el análisis causal donde muestran las principales variables que afectan que un bloque cumpla o no con dicha norma.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El constante deterioro ambiental y el agotamiento paulatino de recursos renovables han llevado a investigadores y pequeños empresarios mexicanos a descubrir nuevos materiales de construcción hechos a base de plásticos reciclados. Los mismos tienen dos aspectos importantes que ofrecer: cuidan el planeta reutilizando los residuos plásticos y son más baratos. Pero dichas ventajas no son las únicas: son más livianos, ofrecen mejor conductividad térmica (aislamiento de temperatura) y resistencia mecánica.

Dentro de las investigaciones que se han realizado para descubrir nuevos materiales para la construcción usando plásticos en su composición, se encontraron paneles, placas y bloques. Sin embargo aunque este tipo de elementos constructivos deben estar regidos bajo los requisitos que estipulan las normas mexicanas para la industria de la construcción no se encuentra alguna norma que corresponda o haga referencia al empleo de plásticos para su elaboración en relación a los componentes de uso convencional mucho menos existe una estandarización para las cantidades que debe contener.

Se propone un material innovador en el mercado de la construcción que tenga un precio accesible, por lo cual podrían adquirir fácilmente.

Según estudios, 70% de las casas que se fabrican en México son autoconstruidas, es decir, construcciones hechas por los propios dueños, ya sea con mano propia o contratando albañiles que realizan la tarea. Sin duda, el factor económico es el de principal incidencia en el dato anterior. [1]

En relación a la población del país, el sector que contrata arquitectos es pequeño, aunque poderoso económicamente.

Los materiales para la construcción se definen como los elementos empleados en la edificación de residencias, monumentos, obras públicas y pueden ser materiales pétreos, aglomerantes, hormigón, materiales cerámicos, entre otros.

Los elementos constructivos son todos aquellos que se utilizan en la elaboración, también de edificios y se refiere a los que por fábrica ya se encuentran listos para usarse, como lo son: bloques, malla de alambazón, arme, vitropiso, tabla roca, MDF, etc.

Sin embargo, la falta de una formulación y validación de una mezcla para la elaboración de un bloque utilizando un material reciclable Tereftalato de polietileno (PET) evaluando su resistencia bajo la norma NMX-C-404-2005, es un problema que se presenta al momento de realizar un nuevo elemento constructivo, si la materia prima es de calidad, lógicamente el producto final debe ser óptimo.

Es por ello que en el tecnológico de Álamo Temapache se propone la innovación de un nuevo prototipo para la aportación de la industria de la construcción utilizando un material diferente para una nueva fórmula de elaboración de bloques.

2. TIPO DE INVESTIGACION

El presente proyecto cuyo nombre es “formulación de mezcla para la elaboración de bloques utilizando material reciclable tereftalato de polietileno evaluando su resistencia bajo la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005” es un tipo de investigación aplicada y experimental ya que será aportación de un prototipo de material reutilizado PET.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Desarrollar una formulación para elaborar bloques utilizando materiales reciclados (PET) que cumplan con las características de resistencia bajo la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005

3.2. Objetivos específicos.

- Conocer los antecedentes del bloque, para verificar sus componentes.
- Demostrar las diferencias de los bloques para proponer una formulación agregando el PET.
- Aplicar las pruebas de resistencia a la compresión simple y mencionar el porcentaje de absorción de agua para cumplir con los requisitos de la normatividad existente.
- Desarrollar la formulación para la fabricación de un bloque a base de PET.
- Validar la formulación en base a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 para demostrar su resistencia y durabilidad.

4. JUSTIFICACION

Darle una segunda oportunidad a los materiales PET, y en un futuro generar nuevas fuentes de trabajo en la zona e inculcar a las nuevas generaciones la cultura de reciclaje, la importancia que tiene separar la basura y colocarla en su lugar.

Aunque no se puede afirmar en porcentajes la contribución benéfica al medio ambiente, por el simple hecho de reutilizar o reciclar un material de desecho es una manera de ayudar a reducir la contaminación ambiental.

Al diseñar la formulación de la elaboración de bloques implementando plástico triturado en combinación con los elementos de uso tradicional, el resultado será muy importante porque el producto es innovador, con un precio muy accesible puesto que contiene materiales de recicle (PET).

Ya existen bloques similares, pero a diferencia de que en estos no se utiliza ningún aditivo químico y varia en su dosificación; coadyuvando a fomentar la cultura de reciclaje a toda sociedad.

Se busca que los bloques puedan ser utilizados tanto por hombres como mujeres debido al peso liviano del PET y a la reducción de los materiales de usos convencional.

Con esta propuesta se quiere cumplir que la norma mexicana correspondiente a la industria de la construcción entorne a todos los productores de bloques para su mayor calidad.

La comunidad y las constructoras estarán más satisfechas y seguras al construir sus propios proyectos teniendo conocimiento al adquirir el prototipo de cumpla con la calidad y la disponibilidad económica.

5. HIPOTESIS

La formulación de la mezcla para fabricar un bloque con material reciclado (PET) cumple con las características de resistencia que estipula la normatividad mexicana.

6. MARCO TEORICO

La construcción se define internacionalmente como la combinación de materiales y servicios para la producción de bienes tangibles. Una de las características que la distingue de otras industrias es su planta móvil y su producto es fijo.

Por tal razón, la industria de la construcción es uno de los sectores más importantes y dinámicos por su estrecha vinculación con la creación de infraestructura básica como: puentes, carreteras, puertos, vías férreas, plantas de energía eléctrica, hidroeléctrica y termoeléctrica, así como sus correspondientes líneas de transmisión y distribución, presas, obras de irrigación, construcciones industriales, comerciales, instalaciones telefónicas, telegráficas, perforación de pozos, plantas petroquímicas e instalaciones de refinación y obras de edificación no residencial, entre otras.

La satisfacción de necesidades humanas, entre las que destacan servicios de suministro de agua potable, instalaciones de saneamiento, drenaje, pavimentación, obras de vivienda, hospitales y escuelas. El fuerte impacto multiplicador, que genera en las diversas ramas industriales de la economía de un país. Los factores anteriores hacen de la industria de la construcción el eje fundamental para el logro de objetivos económicos y sociales, así como el mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad.

6.1. Origen de los bloques para la construcción

La utilización del mortero de concreto por los Romanos data desde a principios del año 200 a.c. con la finalidad de dar forma a las piedras usadas en la construcción de edificios en esa época. Durante el reinado del emperador romano Calígula en el año 37-41 d.c, pequeños bloques de concreto prefabricados fueron usados como material de construcción en la región cerca de lo que hoy se conoce como Nápoles, Italia.

Sin embargo, mucha de la tecnología desarrollada por los romanos se perdió tras la caída del imperio en el siglo V. No fue sino hasta 1824 que el Inglés Joseph Aspdin, desarrollo el cemento Portland, que llego a ser un componente esencial del concreto moderno.

El primer bloque de concreto fue diseñado en 1890 por Harmon S. Palmer en los Estados Unidos. Después de 10 años de experimentación, Palmer patentó el diseño en 1900. Los bloques de Palmer fueron de 20.3 x 25.4 x 76.2 cm. En 1905, aproximadamente 1500 compañías estadounidenses se encontraban manufacturando bloques de concreto. Estos bloques eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria.

A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto. Las primeras máquinas que se utilizaban en la entonces incipiente industria se limita a simples moldes metálicos, en los cuales se compacta la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente, más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en vibración y compresión; actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan el sistema de vibro compactación.

Los bloques de concreto son principalmente usados como materiales de construcción de paredes. La mayoría de los bloques tienen una o más cavidades y sus lados pueden ser planos o con algún diseño. Ya en la construcción, los bloques de concreto son colocados uno a la vez con concreto fresco, para formar el alto y el ancho deseado de la pared.

6.2. Definición de bloques y ladrillos cerámicos.

Los ladrillos y bloques cerámicos son elementos de forma paralelepípedo ortogonal, sólidos o huecos, fabricados mediante el moldeo, extrusión o compresión, secado y cocción de arcilla. Se usan en la construcción de muros de carga o para registros, entre otros.

Las piezas huecas tienen el propósito de mejorar las condiciones de aislamiento térmico y acústico, así como de alojar los elementos de refuerzo y tuberías, además de reducir la masa de los muros.

Ladrillo: es una pieza cerámica, obtenida por moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa con un alto contenido de limo orgánico, quien es el que otorga la plasticidad a esta pasta, cuyas dimensiones suelen rondar 24 x 11,5 x 6 cm. Y los hay huecos y comunes, mientras unos se transforman en frescos en verano y menos fríos en invierno, otros se convierten en paredes pesadas y son más consumibles, respectivamente.

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

La similitud entre ambos tiene mucho que ver con el comportamiento térmico, es decir la capacidad que tiene el material de absorber el calor y el frío cuando este se requiera, dando una mayor comodidad al consumidor.

6.3. Clasificación de bloques y ladrillos cerámicos

Esta clasificación se divide en dos tipos y de acuerdo a su elaboración tenemos:

Elaborados a máquina, constituidos por los macizos que son los que admiten perforaciones perpendiculares a sus caras; los perforados, que tienen las mismas perforaciones anteriores a las caras mayores; y los huecos que están dispuestos paralelamente a la cara mayor del ladrillo o bloque.

Hechos a mano: estos solo son macizos y no llegan a desarrollar ligas cerámicas.

A continuación en la tabla 6.3.1 se muestra la clasificación de bloques de concreto con sus características y grados de calidad correspondientes:

Tabla 1. Clasificación de ladrillos y bloques cerámicos.

FABRICACION	SUBTIPOS	GRADOS DE CALIDAD
Con maquina	Macizos: compactos en toda su masa. Admiten perforaciones perpendiculares a sus caras.	A-B-C-D
	Perforados: tienen perforaciones generalmente perpendiculares a las caras mayores y su distribución sobre la superficie total es uniforme.	B-C-D
	Huecos verticales: los huecos están dispuestos paralelamente a la cara de mayor del ladrillo o bloque.	C-D
A mano	Macizos: usualmente no llegan a desarrollar ligas cerámicas y son solamente macizos.	E

En la tabla 2 Se exponen los usos recomendables para bloques de cemento, tabiques y tabicones de acuerdo a su grado de calidad.

Es importante aclarar que para una mejor resistencia y mayor rendimiento de los bloques se debe respetar la función para la cual fueron diseñados y no sobrepasar su límite de resistencia.

Tabla 2. Usos recomendables para bloques de cemento, tabiques y tabicones.

Grado de calidad	Usos
A	Aptos para muros interiores y exteriores, de carga o de relleno. Su baja absorción permite su uso sin recubrimiento.
B	Aptos para muros interiores y exteriores, de carga o de relleno. En muros exteriores deben protegerse de la intemperie mediante recubrimiento o sellador impermeable.
C	Aptos para muros interiores de relleno. Por su alto porcentaje de absorción no es recomendable su uso en exteriores y en caso de hacerlo, deben protegerse perfectamente de la intemperie por medio de un recubrimiento o sellador impermeable.

6.4. Propiedades físicas de los bloques de concreto

El bloque de concreto en la línea estándar se fabrica en 4 diferentes medidas: 10, 12,15 y 20 cm de ancho, teniendo en cuenta como constantes 20 cm de altura y 40 cm de largo .En tabla 6.4.1 se describen sus principales propiedades físicas:

Tabla 3. Propiedades físicas de los bloques de concreto.

Pieza en Cm	Peso Kg	Resistencia a la Compresión NMX-C-404	Absorción NMX-C-037
10 X 20 X 40	11.3	Mínima de 40 Kg/cm ²	18%
12 X 20 X 40	12.4		
15 X 20 X 40	15.5		
20 X 20 X 40	16.9		

6.5. Características físicas

Los ladrillos y bloques cerámicos cumplirán con la resistencia a la compresión simple, adherencia y absorción de agua, que se indican en las siguientes tablas (4 y 5) ya sean fabricados con maquina o a mano.

Tabla 4. Características físicas para ladrillos y bloques cerámicos fabricados a máquina.

Características	Subtipos										
	Macizo	Perforado				Hueco vertical			Hueco horizontal		
	Grados de Calidad										
	A	B	C	D	B	C	D	C	D	D	E
Resistencia a la Compresión Simple;MPa, mínima	20	12	8	4	8	6	4	10	4	4	2
Adherencia;MPa, mínima	20	12	8	4	8	6	4	10	4	4	2
Absorción de agua; % Máxima	20	12	8	4	8	6	4	10	4	4	2

Tabla 5. Características físicas para ladrillos y bloques cerámicos fabricados a mano.

Característica	Valor
	Subtipo Macizo, Grado de calidad E
Resistencia a la Compresion Simple;MPa, minima	2
Adherencia;MPa, minima	0.15
Absorcion de agua; % Maxima	24

Los ladrillos o bloques cerámicos no deben presentar disgregaciones al tacto. Al limpiarlos en seco con un cepillo de alambre y sumergirlos en agua limpia a una temperatura en quince y treinta grados Celsius, durante cuatro horas, no se deben observar materias terrosas que enturbien el agua. Para esto existen ciertas características físicas como se mencionaron anteriormente deben de cumplir los bloques.

6.6. Características geométricas

Las características geométricas de los bloques de concreto se refieren a las dimensiones de los mismos, largo, ancho, altura. De acuerdo con la tabla 6 los bloques de cemento deben tener más de 30 cm de largo, un ancho de 10 a 30 cm, y altura de 10 a 30 cm, mientras que los tabiques y tabicones van desde los 24 a 30 cm, con un ancho de 10 a 30 cm y de 6 a 15 cm de altura, como es obvio los bloques de cemento siempre serán más grandes y mayor peso que los ladrillos o tabiques y tabicones.

Tabla 6. Dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.

Unidades en cm.

TIPO	Largo*	Ancho*	Altura*
Bloques de cemento	>30	10 a 30	10 a 30
Tabiques y tabicones	24 a 30	10 a 30	6 a 15

*Incluyendo la junta de albañilería de 1 cm, con una tolerancia de ± 2 mm.

Es importante revisar las tolerancias en las dimensiones de los bloques de concreto, la tabla 7 las menciona porque son las que determinan los límites mínimos y máximos en su largo, ancho y peralte.

Tabla 7. Tolerancias en las dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.

Dimensión	Tolerancia
Largo	± 2 cm
Ancho	± 2 cm
Altura o peralte	± 3 cm

6.7. Acabado

Todos los bloques de cemento, tabiques y tabicones estarán exentos de grietas desportilladuras y defectos que puedan disminuir su resistencia.

En aquellos casos en que los bloques de cemento, tabiques y tabicones vayan a quedar visibles, sus caras expuestas estarán libres de imperfecciones, fisuras, marcas u otros defectos.

Si un bloque presenta estos defectos ya no está apta para la finalidad para la cual fue diseñada, es por esto que cuando se adquiere este producto es importante visualizar que se encuentre en estado óptimo.

6.8. Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2005 “Industria de la construcción – bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural, especificaciones y métodos de prueba”

Nombre genérico del producto: bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural. Normas aplicables (o las que las sustituyan): NMX-C-404-ONNCCE-2005 “industria de la construcción – bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural, especificaciones y métodos de prueba”.

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

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

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

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

En la tabla 8 se presentan los tipos de bloques de acuerdo a los materiales con los que fueron elaborados así como la forma que los distingue a unos de otros.

Tabla 8. Clasificación de piezas para la construcción de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación.

TIPO DE PIEZA	MATERIALES	FORMA
Bloque	Grava-Cemento Arena-Cemento Barro extruido Barro recocido Silico calcáreo Otros	Rectangular Rectangular Rectangular Rectangular Rectangular Otras

Tabique (Ladrillo) Macizo Hueco Multiperforado	Barro recocido Barro extruido Otros (concreto)	Rectangular Rectangular Rectangular Otras
Tabicón	Grava-Cemento Arena-Cemento Tepojal-Cemento Otros	Rectangular Rectangular Rectangular Otras

Tabla 9. Especificaciones y tolerancias

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

Tipo de piezas	Especificación y tolerancia	
Dimensiones para Bloques Multiperforado de Concreto lisos	Son piezas de 8 o más perforaciones o alveolos y cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones, y además su distribución sea uniforme. Los espesores de paredes exteriores deben ser de 15mm como mínimo. El espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 10mm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho.	
Dimensiones para Bloques de concreto con acabado rústico	Son piezas de concreto que tienen las mismas dimensiones que los bloques lisos, pero en este tipo de piezas se debe cuidar que la cara rústica no presente en alguna parte un espesor menor a lo que se especifica para bloques lisos en la Tabla 2. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo	
Dimensiones para tabiques de barro (ladrillos)	Las dimensiones nominales mínimas deben cumplir con las siguientes medidas: 5 cm de alto, 10 cm de ancho y 19 cm de largo con una tolerancia de ± 3 mm en cualquier dimensión, sin incluir la junta de albañilería.	
	El área neta de piezas huecas debe ser de por lo menos del 50% del área total. Para piezas huecas con 2 y hasta 4 celdas el espesor mínimo de las paredes exteriores debe ser de 20 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores es de 13 mm. Para piezas multiperforadas y cuyas celdas sean de las mismas dimensiones y cuya distribución sea uniforme, el espesor mínimo de las paredes exteriores deben ser de 15 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 7 mm	
Dimensiones para Tabicones	Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: Alto 6 cm, ancho 10 cm y largo 24 cm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas deben ser de ± 3 mm en la altura, y ± 2 mm en el largo y ancho.	
Resistencia mínima a Compresión sobre Área bruta	Tipo de pieza	Resistencia de diseño (f^*p) N/nm ² (kgf/cm ²)
	Bloques de concreto vibro comprimido	6 (60)
	Tabicones	10 (100)
	Tabique (Ladrillo) recocido	6 (60)
	Tabique (Ladrillo) extruido o prensado (hueco vertical)	10 (100)

	Tabique (Ladrillo) multiperforado	10 (100)	
Absorción de agua en 24 h y absorción inicial	Tipo de pieza	Absorción máxima de agua en % durante 24 h	Absorción inicial g/min.
	Bloques de concreto	12	5
	Tabicones	15	5
	Tabique (Ladrillo) Recocido	21	5
	Tabique (Ladrillo) extruido	15	5
Contracción por Secado	El porcentaje máximo de contracción lineal total por secado para los bloques, tabiques y tabicones de concreto y de barro debe ser de 0.065%.		

Otras normas aplicables

NMX-C-024 Determinación de la contracción por secado, de los bloques, ladrillos, tabiques y tabicones de concreto.

NMX-C-036-ONNCCE Industria de la construcción – bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines – resistencia a la compresión – método de prueba.

NMX-C-037-ONNCCE Industria de la construcción – Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – Determinación de la absorción de agua y absorción máxima inicial de agua.

NMX-C-038-ONNCCE Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción.

NMX-C-307 Industria de la construcción – Edificaciones – Componentes – Resistencia al fuego – Determinación.

6.9. Diagrama de flujo de proceso

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un algoritmo. Se utiliza en disciplinas como la programación, la economía, los procesos industriales y la psicología cognitiva. Estos diagramas utilizan símbolos con significados bien definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de término.

Características

Un diagrama de flujo siempre tiene un único punto de inicio y un único punto de término. Además, todo camino de ejecución debe permitir llegar desde el inicio hasta el término.

Las siguientes son acciones previas a la realización del diagrama de flujo:

- Identificar las ideas principales a ser incluidas en el diagrama de flujo. Deben estar presentes el dueño o responsable del proceso, los dueños o responsables del proceso anterior y posterior y de otros procesos interrelacionados, otras partes interesadas.
- Definir qué se espera obtener del diagrama de flujo.
- Identificar quién lo empleará y cómo.
- Establecer el nivel de detalle requerido.
- Determinar los límites del proceso a describir.

Los pasos a seguir para construir el diagrama de flujo son:

- Establecer el alcance del proceso a describir. De esta manera quedará fijado el comienzo y el final del diagrama. Frecuentemente el comienzo es la salida del proceso previo y el final la entrada al proceso siguiente.
- Identificar y listar las principales actividades/subprocesos que están incluidos en el proceso a describir y su orden cronológico.
- Si el nivel de detalle definido incluye actividades menores, listarlas también.
- Identificar y listar los puntos de decisión.
- Construir el diagrama respetando la secuencia cronológica y asignando los correspondientes símbolos.

Ventajas de los diagramas de flujo

- Favorecen la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos. Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos redundantes, los flujos de los re-procesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.
- Muestran las interfaces cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas.
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

Tipos de diagramas de flujos

- Formato vertical: En el flujo o la secuencia de las operaciones, va de arriba hacia abajo. Es una lista ordenada de las operaciones de un proceso con toda la información que se considere necesaria, según su propósito.
- Formato horizontal: En él, el flujo o la secuencia de las operaciones, va de izquierda a derecha.
- Formato panorámico: El proceso entero está representado en una sola carta y puede apreciarse de una sola mirada mucho más rápido que leyendo el texto, lo que facilita su comprensión, aun para personas no familiarizadas. Registra no solo en línea vertical, sino también horizontal, distintas acciones simultáneas y la participación de más de un puesto o departamento que el formato vertical no registra.
- Formato Arquitectónico: Describe el itinerario de ruta de una forma o persona sobre el plano arquitectónico del área de trabajo. El primero de los flujos gramas es eminentemente descriptivo, mientras que los utilizados son fundamentalmente representativos.

6.10. Elementos de los bloques de concreto

Cemento portland: es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción utilizada como aglomerante para la preparación del hormigón o concreto. Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes. Los límites de la composición del cemento portland se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Límites de la composición de cemento portland. Unidades en % en masa

Cemento Portland		Clinker Portland + Sulfato de calcio	Componentes Principales				Componentes Minoritarios
TIPO	Denominación		(1)Puzolanas	Escoria Granulada de Alto Horno	Humo de Sílice	Caliza	
CPO	Cemento portland ordinario	95-100	--	--	--	--	0-5
CPP	Cemento portland Puzolanico	50-94	6-50	--	--	--	0-5
CPEG	Cemento portland con escoria granulada de alto horno	40-94	--	6-60	--	--	0-5
CPC (3)	Cemento portland compuesto	50-94	6—35	6-35	1-10	6-35	0-5
CPS	Cemento portland con humo de sílice	90-99	--	--	1-10	--	0-5
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	20-39	--	61-80	--	--	0-5

PET: El tamaño adecuado de las partículas de PET es de 3/16 pulg. , para obtener una mezcla más consistente y por lo tanto un mejor acabado del prototipo es importante

mencionar que las botellas y envases no se someten a lavado ni secado, tampoco al desprendimiento de etiquetas.

Arena: la arena para morteros cumplirá con lo mostrado en la tabla 11 que marca el porcentaje que pasa dependiendo el tipo de abertura de la malla (unidades mm):

Tabla 11. Límites granulométricos de arena para mortero.

Malla		Porcentaje que Pasa
Abertura mm	Designación	
4.75	Nº 4	100
2.38	Nº 8	95-100
1.18	Nº 16	80-90
0.6	Nº 30	55-70
0.3	Nº 50	25-70
0.15	Nº 100	5-30

El agua es el componente que se utiliza para generar reacciones químicas en los cementantes del concreto hidráulico o del mortero cemento portland.

Puede ser agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano, sus valores y límites tolerables de sales e impurezas se describen en la tabla 12.

Tabla 12. Valores característicos y límites máximos tolerables de sales e impurezas en el agua.

Impurezas	Tipo de Cemento	
	Cementos Ricos en calcio	Cementos resistentes a los sulfatos (RS)
Sólidos en suspensión en aguas naturales (limos y arcillas), máximo	2000 ppm	2000ppm
Sólidos en suspensión en aguas recicladas (finos de cemento y de agregados), máximo.	50000	35000

Cloruros como $Cl^{(2)}$: *Para concreto de acero de pre-esfuerzo y piezas de puentes ⁽³⁾ , máximo	400	600
*Para concretos reforzados que estén en ambiente húmedo o en contacto con metales como el aluminio ,fierro galvanizado y otros similares ⁽³⁾ , máximo	700	100
Sulfato como $SO_4^{(2)}$,máximo	3000	3500
Magnesio como $Mg^{++(2)}$,máximo	100	150
Carbonatos como $CO_3^{=}$,máximo	600	600
Bióxido de carbono Disuelto como CO_2 , Max.	5	3
Álcalis totales como Na^+ ,máximo	300	450
Total de impurezas en solución , máximo	3500	4000
Grasas o aceites	0	0
Materia orgánica(Oxígeno consumido en medio ácido) ⁽⁴⁾ ,máximo	150	150
Potencial de hidrogeno(pH),mínimo	6	6.5

- (1) Se considera como agua reciclada , la que se usó en el lavado de unidades revolventoras de concreto ,que después de un proceso incompleto de sedimentación se emplea en la fabricación del concreto hidráulico y que contiene en suspensión un alto porcentaje de finos del cemento y de los agregadas ,sales solubles del cemento y aditivos.
- (2)El agua que exceda los limites listados para cloruros, sulfatos y magnesio, podrá emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados, no excede dichos límites.
- (3)Cuando se utilice cloruro de calcio ($CaCl_2$) como aditivo acelerante, se tomara en cuenta la cantidad de este para no exceder el límite de cloruros indicado en esta tabla.
- (4) El agua que no cumpla con el contenido máximo indicado se podrá usar siempre y cuando el agregado fino que se emplee en el concreto, probada conforme al procedimiento indicado el en manual M.MMP.2.02.026, Impurezas Orgánicas en

Agregados finos, no produzca un líquido más oscuro que la solución normalizada N°3.

Toba: La piedra debe alcanzar un tamaño de 3/8 y que no se encuentre contaminada (limosa).

6.11. Estado del arte

Para llevar a cabo el presente trabajo, se revisó la bibliografía correspondiente a estudios realizados con anterioridad, primero a nivel internacional y después a nivel nacional, con los autores que a continuación se mencionan.

6.12. Nuevos materiales para la construcción: los plásticos reciclados.

Se presenta el trabajo de investigación que se realiza en el CEVE, bajo la dirección del Arq. Arguello Ricardo, Gatani Mariana, Gaggino Rosana.

En el Centro Experimental de la Vivienda Económica se han desarrollado desde su fundación en 1967 y hasta el presente diversos sistemas constructivos, con la finalidad de obtener viviendas económicas aptas para nuestra realidad latinoamericana.

A lo largo de su historia, se usaron materiales tradicionales en forma no tradicional (por ejemplo, en la Placa Beno patentada por el CEVE se utilizaron ladrillos comunes de tierra cocida para constituir placas premoldeadas; en el sistema constructivo MAS se utilizaron bloques de hormigón rellenos con suelo-cemento; en el sistema constructivo Ferrocemento se utilizaron placas de poliestireno expandido como paredes de una vivienda al combinarse con una malla de acero y recibir la aplicación de un revoque, etc.).

Con la nueva tecnología que se presenta en este trabajo se invierte este concepto, puesto que se utilizan materiales no tradicionales (plásticos reciclados) en forma tradicional (para constituir ladrillos o bloques, que se utilizarán para levantar mamposterías).

También se busca reemplazar parcialmente una tecnología muy arraigada en nuestra sociedad latinoamericana, para la construcción de viviendas, como es la mampostería de ladrillo común de tierra cocida (elaborado con un recurso no renovable).

Este tipo de ladrillo, por sus dimensiones y condiciones físicas, ha resultado ser un material constructivo de aceptación universal.

No obstante, su forma de producción, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial vegetal (humus), y posterior quemado en grandes hornos a cielo abierto, constituye un verdadero problema ecológico que se puede corregir, ya que produce:

- Desertificación del suelo.
- Contaminación atmosférica (por el humo y gases generados).
- Tala de árboles para obtener la leña necesaria para el funcionamiento del horno.

En esta investigación se presenta una alternativa para la realización de mampuestos y paneles que, continuando o mejorando los logros del ladrillo común, puedan ser producidos sin las consecuencias negativas indicadas.

Esta tecnología posibilita la autoconstrucción, lo cual es importante para las mayorías de escasos recursos de nuestra Latinoamérica.

La nueva tecnología que se describe en este trabajo pone en manos del mismo auto-constructor la fabricación de los mampuestos y placas que utilizará para levantar su casa, por utilizar sencillos procedimientos, por no requerir maquinarias caras, por no necesitar terreno de donde extraer materia prima, ni grandes instalaciones para procesarla.

Además, puede ser producida por mujeres, a causa del bajo peso de los elementos constructivos, lo cual es importante en diversas comunidades donde muchas veces la auto-construcción está en manos de mujeres jefas de familia.

Se trata pues, de una tecnología “limpia y limpiadora”, “apropiada y apropiable”, posibilitadora de la auto-construcción, y generadora de nuevas fuentes de trabajo, tanto para hombres como para mujeres.

6.13. Disponibilidad de la materia prima.

Los envases descartables de bebidas, fabricados con polietileno-tereftalato –PET- se pueden obtener de diversas formas en nuestra ciudad de Córdoba.

a) En la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos de Córdoba, ubicada a 36 km. de la ciudad, se puede adquirir a un bajo costo.

La cantidad de residuos que produce nuestra ciudad (1.500.000 hab.), es de aproximadamente 40.000 - 42.000 ton/ mes

De este total, solo se recicla una parte: 3.000 ton/ mes ingresan a la Planta de Recolección Diferenciada, la cual separa, clasifica y comercializa los materiales útiles: cartón, bolsas plásticas, latas de aluminio, vidrio y botellas descartables de PET. Estas últimas se recuperan, compactan, enfardan y comercializan en una cantidad de 35 ton/ mes.

b) Fabricas Embotelladoras de Gaseosas y Jugos:

Existen en nuestra ciudad numerosas fábricas que embotellan bebidas y descartan parte de su producción por fallas de fabricación o roturas durante la manipulación de los envases antes de que ingresen al circuito comercial. Para ilustrar sobre la cantidad de este tipo de residuos, véase los siguientes números:

“Una fábrica embotelladora pequeña como la cordobesa Jurado produce 160 kg/mes de botellas falladas”.

“Una fábrica de mediana envergadura como la cordobesa Pritty, cuya producción promedio de botellas es de 70.000 packs/día, tiene un rezago de 0,05 %. Esto equivale a 350 kg/mes de rezago”.

La ventaja del material conseguido a través de este medio, es que está prácticamente limpio.

c) Entes gubernamentales:

La Agencia Córdoba Ambiente, organismo del gobierno provincial, y el Área de Higiene Urbana de la Municipalidad de Córdoba, recolectan el PET en escuelas tanto provinciales como municipales.

Las cantidades del material conseguido de este modo fluctúan en las diversas campañas anuales de concientización de la población.

d) Comerciantes mayoristas de PET reciclado.

Ellos a su vez le compran el material a recolectores domiciliarios marginales particulares, quienes interceptan los envases en los canastos de recolección domiciliaria antes de que sean llevados por la empresa contratada por la municipalidad. No hay datos oficiales sobre la cantidad de material reciclable recolectado de este modo.

La otra materia prima utilizada, los papeles plásticos para embalaje de alimentos, es un rezago de producción de fábricas por fallas de impresión o espesor de las láminas.

En esta investigación se utilizó en su totalidad el papel donado por la empresa Converflex (ARCOR) ubicada en Villa del Totoral, al norte de nuestra provincia.

La producción de papeles plásticos de esta planta es de 190 ton/ mes, de las cuales 40 ton/ mes son rezagos. Estos papeles están constituidos por PVC, PE, BOPP y Aluminio.

La planta sólo recicla láminas de PVC, el resto del material es depositado en el Predio de Enterramiento Sanitario de la ciudad de Córdoba. Mediante un convenio, el CEVE recibe gran parte de estos rezagos.

6.14. Objetivos.

Abaratar costos en la construcción de viviendas de interés social.

Dar un destino útil a parte de los residuos que contaminan el medio ambiente, con una visión ecológica.

Generar nuevas fuentes de trabajo y organización comunitaria en sectores de escasos recursos, dentro de la industria de la construcción.

Posibilitar la auto-construcción con una tecnología sencilla y económica, para que mejoren su calidad de vida personas de imposible acceso a la vivienda convencional.

Posibilitar la participación de mujeres en la construcción, mediante el desarrollo de elementos constructivos de bajo peso y fácil manipulación.

Reemplazar en parte sistemas constructivos tradicionales que producen al largo deterioro del medio ambiente (por ejemplo, la mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida).

6.15. Características de los elementos constructivos

- Peso:

Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima. Su peso es sustancialmente menor al de otros cerramientos tradicionales que se usan para la misma función (anexo 1).

- Conductividad térmica:

Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior al de otros cerramientos tradicionales (anexo 2)

- Resistencia mecánica:

Un cerramiento realizado con placas de PET tiene una resistencia similar a la de otros cerramientos realizados con elementos constructivos tradicionales (anexo 3 y 4) y Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente antisísmica (anexo 5).

- Absorción de agua:

Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales (anexo 6).

- Comportamiento a la intemperie:

Es excelente, según ensayos preliminares realizados en el CEVE. Las placas y mampuestos con plásticos reciclados fueron dejados a la intemperie durante un año y sometidos a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes. Fueron dejados a la intemperie durante dos años y sometidos a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes.

Se ha realizado en laboratorio del INTI un ensayo de envejecimiento acelerado sobre ladrillos de PET, utilizando el método del Q.U.V Panel, el cual dio como resultado que son resistentes a la acción de los rayos ultravioleta y a los ciclos de humedad, observándose una disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento del orden del 25 %.

- Aptitud para el clavado y aserrado:

Las placas y mampuestos con plásticos reciclados son fáciles de clavar y aserrar, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por lo que tienen aptitud para constituir sistemas constructivos no modulares.

- Adherencia de revoques:

Las placas y mampuestos con plásticos reciclados poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por su gran rugosidad superficial.

- Resistencia al fuego:

Los elementos constructivos con PET reciclado tienen buena resistencia al fuego, según se comprobó en Ensayo de Propagación de Llama realizado en un laboratorio especializado del cual surge su clasificación como “Clase RE 2: Material combustible de muy baja propagación de llama”.

Las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

- Selección del grupo humano destinatario de la primera experiencia: 6 jóvenes de escasos recursos, jefes/as de familia, con expectativas de mejorar sus condiciones de vida, pertenecientes al barrio José Ignacio Díaz de la ciudad de Córdoba. La selección estuvo a cargo de los psicólogos y asistentes sociales del SEHAS.
- Organización de un módulo de capacitación del grupo destinatario, sobre la nueva tecnología desarrollada por el CEVE para la elaboración de elementos constructivos con plásticos reciclados, a cargo de personal técnico del mismo.
- Realización del curso de formación, teórico-práctico, en planta del CEVE.
- Organización de la producción en serie de los elementos constructivos necesarios para la ampliación de las viviendas del grupo destinatario (ladrillos y placas).
- Elaboración de los elementos constructivos en planta del CEVE, con mano de obra a cargo del grupo destinatario, materiales provistos por GTZ, y supervisión de personal técnico del CEVE.
- Construcción de las ampliaciones en los barrios.
- Evaluación de la experiencia, con la participación conjunta del SEHAS, del CEVE y del grupo destinatario.

- Formulación de pautas de mejoramiento de la experiencia para su futura aplicación a nuevos grupos destinatarios, a mayor escala.

Descripción de la tecnología utilizada en la transferencia:

Los cerramientos laterales de las cinco viviendas fueron construidas con mampostería de ladrillos de papeles plásticos. La estructura antisísmica fue realizada con vigas y columnas reticuladas ejecutadas con hierros redondos de construcción, patentada por el CEVE con el nombre de sistema constructivo UMA, llenado con hormigón del tipo convencional (con agregados pétreos). Las fundaciones consisten en plateas de hormigón armado, con un alisado superficial que es su acabado final, sin aplicación de pisos. La misma solución se adoptó en veredas perimetrales.

Los muros de cerramiento lateral se revocaron con revoque grueso y fino, utilizando mortero con agregados pétreos del tipo convencional.

Las cubiertas se ejecutaron con chapas plegadas sinusoidales fijadas con ganchos y tuercas, y se aplicaron cielorrasos suspendidos de machimbre de madera para aislación térmica.

Las ventanas utilizadas fueron las que desarrollaron, patentó y comercializa el CEVE, con marcos premoldeados de hormigón con rejas incorporadas.

Una de las obras es un muro divisorio entre medianeras. Esta tapia fue ejecutada con placas de ladrillos de papeles plásticos, con juntas tomadas con mortero común de albañilería con agregados pétreos; encadenados inferior y superior con vigas de hormigón armado; y cimientos comunes de hormigón con zapatas de hormigón armado en correspondencia con las columnas de refuerzo.

El aspecto de estas viviendas y tapias terminadas, con su revoque y pintura, es idéntico al de viviendas de tipo tradicional, ejecutadas con mamposterías de ladrillo común.

6.16. Potencial de reciclaje del polietileno tereftalato (PET).

En un estudio realizado en la Zona Metropolitana del Valle de México por la Arquitecta Elvira Schwanssee en 2007-2008 se menciona que:

“El Estudio Reciclaje de la Botella de PET en la Zona Metropolitana analiza la situación actual desde el nacimiento hasta la disposición final de la botella de PET.

Así se presentan por primera vez informaciones y datos que sirven para una plataforma de discusión acerca de cómo queremos manejar este envase desechable de plástico en el futuro - partiendo de la industria química y refresquera, sobre la tienda y el consumidor hasta los gobiernos con su política ambiental y el sector de reciclaje”.

La Arquitecta Schwanssee menciona en su estudio, que en los últimos 5 años se ha aumentado evidentemente la recuperación de la botella de PET de los desechos sólidos urbanos, esto debido al aumento de los precios para la resina plástica, así como por la demanda inflacionaria de materia secundaria al nivel internacional, entonces, sí se hizo rentable la recuperación de la botella de PET en México.

Los precios subieron de 0.70 pesos en 2004 hasta 3.50 pesos en 2008 para un kilo a granel que se paga al pepenador (con un promedio de 2 pesos/kg). Entre el pepenador que recolecta la botella en la calle o en los tiraderos y la industria de transformación, la botella pasa varios mediadores y/o procesamientos aumentando cada vez su precio inicial. La cuota promedio de reciclaje en México se encuentra entre los 5-8%, las fracciones varían según su valor en el mercado global de materia secundaria. La cuota estimada para el reciclaje al nivel nacional de una lata de aluminio está en 50%, la de las botellas acopiador mexicano aproximadamente 9 pesos para el kilogramo de aluminio y entre 2 -3 pesos para el kilogramo de PET. “Cualquier tipo de recuperación de la materia valiosa desde los desechos se maneja por parte del sector informal, lo que significa que no existen informaciones o datos verificados sobre los compradores y vendedores, las cantidades y los precios. El acceso para las mismas autoridades al sector informal y cualquier acopio de información detallada es difícil”.

La autora del estudio refiere, además, que: En la Zona Metropolitana se consumen por día 600 toneladas de PET en forma de envases de refrescos (400 ton), agua (100 ton) y aceite (100 ton) que son entre 18-22 millones de botellas por día (dependiendo de su tamaño). Regla empírica: por habitante una pequeña botella de refresco por día, lo que equivale al consumo de refrescos en México, cuyo promedio está en un medio litro por persona y día (170 litro/ año). Se estima una recuperación total de un 32% de las botellas de PET para la Zona Metropolitana.

En el Distrito Federal se recuperan, según declaración oficial de las tres Plantas de Separación, 60-70 toneladas por día, una parte más grande ya se selecciona antes en la denominada pepena en las calles y en los camiones de recolección (90-100 ton/día). Las plantas de separación son dos o tres veces más eficaces que la separación a mano. En la Zona Conurbada (ZC) también se recupera el material en las calles (30-40 ton/día) y directamente de los diferentes sitios de la disposición final (tiraderos) por parte de los pepenadores (20-30 ton/día).

Además se crearon muchas iniciativas en el contexto de la educación ambiental las cuales están recuperando la botella de PET en forma no monetaria en aprox. 400 instituciones educativas metropolitanas.

En el estudio se destacan también los siguientes hechos: “Últimamente, se ha prestado mayor atención a la situación de los desechos plásticos en México, lo que se debe a varios factores. Por un lado, las nuevas leyes de la Gestión Integral de Residuos Sólidos entraron en vigor y especialmente los capitalinos se confrontan con campañas federales masivas de educación ambiental que les obligan a separar sus residuos domésticos y les explican los principios de un manejo responsable de consumidor: Reducir- Reutilizar-Reciclar.

En 2002 se creó parte de la industria de envases y embalajes ECOCE - Ecología y Compromiso Empresarial A.C., una unión de 75 de los 190 refresqueros, embotelladores y envasadores mexicanos. El sello semeja al sello alemán del Punto Verde, ECOCE no se define como recicladora pero se comprometió de recuperar un 36.5% de las botellas de PET que representa 23,000 toneladas por año de los 63,000 que se generan en el Distrito Federal.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) del 08.10.2003 obliga a los tres niveles del Gobierno (federación, estado, municipio) al diseño y a la instrumentación de Planes y Programas de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). Grandes generadores (en el DF con más que 50 kg/día), productores, exportadores, importadores y distribuidores comparten la responsabilidad para el manejo de los residuos, y están obligados a elaborar un plan de manejo para sus desechos en cuanto a una reducción, una recolección separativa y una separación en fuente.

Así se vuelve interesante para los ciudadanos, los vendedores, los productores y los recicladores ahorrar, separar y reciclar; así como buscar enlaces y desarrollar sistemas de reducción y recuperación para la botella de PET”.

Buenos motivos para reciclar la botella de PET:

- Un 52% de los materiales plásticos se destinan a la fabricación de embalajes y envases. Los embalajes y envases (plástico, cartón, tetra pack) representan un 25-30% de los desechos domésticos. Los envases de PET ocupan un 2-5% del peso y 30-50% del volumen en los rellenos sanitarios.
- Por mexicano, se consumen 7 kg de PET al año, sólo en la Zona Metropolitana se generan cada día 600 toneladas de desechos de PET que son aprovechables como materia secundaria en vez de disminuir recursos primarios.
- Un 80% de los desechos de PET se exporta del país para utilizarse en la industria plástica en China, los Estados Unidos u otros países latinos. ¿Por qué no se aprovecha en la propia industria nacional?
- Las experiencias de reciclaje de PET con el Punto Verde en Alemania calculan un ahorro del 60% de energía en comparación a la producción con materia primaria.
- Las nuevas leyes responsabilizarán a todos los sectores para llevar a cabo un mejor manejo de los productos desechables, por ejemplo, los envases de plástico, desde su producción hasta su consumo y postconsumo según las reglas: Reducir - Reusar – Reciclar.
- Un reciclaje nacional del PET no solamente es urgente respecto a la limpieza pública y a un manejo más eficaz de la gestión integral de residuos sólidos para evitar la rebosa de los rellenos sanitarios municipales. También se debe un beneficio al medio ambiente y un pensamiento hacia una economía sustentable que ahorre materia prima y recursos energéticos.

6.17. Aprovechamiento de plásticos reciclados en el Sector de la Construcción y Fabricación de bienes.

Según la investigación realizada entre 2004 y 2006 dentro del Programa de Posgrado y Doctorado de Arquitectura en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por la Arquitecta Elvira Schwansee, intitulada “Plásticos reciclados para la construcción - Potenciales para el reciclaje de los desechos de plásticos bajo criterios sustentables en México”: “los desechos de plásticos, hasta hoy en día, son los menos elaborados entre los materiales reciclables. Es por ello que la maximización de su reciclaje tiene varios motivos y beneficios”.

Esta investigación llevada a cabo con la cooperación de pequeñas y medianas empresas (PYMES) mexicanas que se dedican al reciclaje de diferentes polímeros que provienen de los residuos sólidos urbanos y de residuos post-industriales, indica que existe un gran potencial para el desarrollo de este tipo de empresas, así como de empresas intermunicipales, que se dediquen al reciclaje de plásticos, lo que ofrece “una solución ecológica y económica en beneficio del medio ambiente, del municipio y de la respectiva empresa”.

Lo anterior demanda según la autora de la investigación: “prestar más atención, hacer mayor publicidad; brindar apoyo estatal e institucional a las empresas y fomentar paralelamente la cooperación directa entre éstas y los municipios”.

En particular, el estudio analiza la situación actual del manejo de residuos y del reciclaje de plásticos, describe cinco de las empresas existentes en México que producen materiales de construcción derivados de polímeros secundarios, los cuales presenta y evalúa a través de una lista de verificación (check-list) basada en criterios con los cuales se puede establecer una certificación ecológica para productos reciclados, particularmente de aquellos que pueden ser utilizados por el sector de la construcción, como son:

- Diseño
- Material
- Producción
- Aplicación

De acuerdo con la autora del trabajo citado, el sector de la construcción en México: “carece tanto de sus propios materiales de construcción como de materiales ecológicos. Esto se refiere en específico a los productos de plásticos aplicados en la construcción y en la parte interior del inmueble como por ejemplo: la tubería, perfiles, láminas y tablas, las cuales se importan del extranjero en vez de disponer de un propio mercado de materiales de construcción. Dicho sector podría, además, aprovechar del gran potencial de reciclaje de los plásticos y fortalecer el desarrollo de productos ecológicos en el propio país”.

El trabajo hace referencia al capítulo 21 de la Agenda 21 del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, que define la “maximización del reciclaje y reutilización bajo criterios ecológicos”, como una meta y propuesta, la cual, por un lado, hace que disminuya considerablemente el volumen de los desechos en las disposiciones finales y por otro, economiza recursos primarios y reutiliza materia derivada del petróleo. Así mismo, en dicho trabajo se plantea que: “una clasificación ecológica bajo criterios sustentables aporta a la ubicación de un producto, a su comercialización y a la orientación del cliente.

Certificaciones como el ISO 14000 o el Ángel Azul de los países europeos, y especialmente el Sistema Dual de Alemania y su plan de manejo y su tecnología para envases y empaques de plásticos, demostraron la amplia aceptación y apreciación del valor del mercado para productos y servicios ecológicos, entre ellos, los productos reciclados y varios materiales de construcción”.

6.18. Del Reciclaje a la Construcción: Plásticos para vivir

Entrevista a Elvira Schwansee.

Según estudios, 70% de las casas que se fabrican en México son auto construidas, es decir, construcciones hechas por los propios dueños, ya sea con mano propia o contratando albañiles que realizan la tarea. Sin duda, el factor económico es el de principal incidencia en el dato anterior. ¿Qué tiene que ver esto con el reciclaje de plásticos?

En relación a la población del país, el sector que contrata arquitectos es pequeño, aunque poderoso económicamente.

Aquel 70% corresponde al resto de la masa poblacional que no deja de construir sus casas con base en necesidades de supervivencia y siguiendo los lineamientos tradicionales.

Ahora bien, el constante deterioro ambiental y el agotamiento paulatino de recursos renovables han llevado a investigadores y pequeños empresarios mexicanos a descubrir nuevos materiales de construcción hechos a base de plásticos reciclados. Los mismos tienen dos aspectos importantes que ofrecer: cuidan el planeta reutilizando los residuos plásticos y son más baratos. Pero dichas ventajas no son las únicas: son más livianos, ofrecen mejor conductividad térmica (aislamiento de temperatura) y resistencia mecánica.

La arquitecta alemana Elvira Schwansee hizo su maestría en la UNAM y realizó una investigación de quiénes reciclan plásticos y los transforman en nuevos materiales para la construcción. Así, ha encontrado cinco productos que pueden sustituir a los tradicionales: un panel de dos metros cuadrados similar al muro de cemento, una cimbra plástica que reemplaza a la de madera, tablas y perfiles para diseño interior, como mesadas y baños, tabiques huecos pero resistentes que se colocan atravesados por una varilla de hierro, y la lámina para techos hecha a base de polietileno, arena y fibra de agave.

Schwansee está convencida de que hace falta un mayor apoyo a los pequeños y medianos empresarios que trabajan en el sector, una mejor estrategia un análisis y reconversión del sistema informal de pepenadores por las calles del país, sin olvidar que su principal motivo es la subsistencia básica.

En México hay algunos inventos importantes que aún no llegan al mercado por falta de incentivos competitivos y porque a los esfuerzos individuales les falta un eslabón que los haga formar parte de una cadena productiva. Estos esfuerzos son un ejemplo de creatividad, son ecológicos y podrían ser parte de la solución al problema de vivienda de miles de personas.

Materiales hallados en México: Panel ecológico-Tlaxcala 2.44 m. x 1.22 m. para muros y losas. Cimbra plástica-Pachuca La cimbra está hecha 100% de plásticos reciclados sin aditivos, el producto competencia es la cimbra de madera. Perfiles plásticos-Morelia Tienen cierto grado de flexibilidad, lo que les da el calor, pues poseen un punto de ignición a

330°C. Tabiques y estructuras-Metepec: El tabique es hueco y tiene dos postes de ensamble que sirven para interconectar un tabique con otro.

Lámina-UNAM Hecha con fibras naturales. Sustituye la lámina de cemento-asbesto por sus mejores características.

Ejemplos de alternativas de reciclaje de plásticos

A continuación se citan con mayor detalle algunos ejemplos de alternativas de reciclaje de plásticos en México para abundar en la consideración del potencial que existe actualmente para aprovechar los desechos plásticos como un recurso, en el contexto de programas municipales que alienten su consumo e incentiven los mercados correspondientes, cerrando el ciclo entre quienes los generan, los recolectan, acopian, reciclan y consumen.

Las empresas HEATMX S.A. de C.V. y KUADRO SOLUCIONES ECOLÓGICAS S.A. de C.V., a las que se hace referencia a continuación, en particular, están desarrollando el Programa Solución a los Desechos Plásticos Urbanos y Agrícolas, a través del cual están ofreciendo apoyos a diferentes municipios del país, así como a organizaciones ciudadanas y otros interesados en que se les transfiera la tecnología para fabricar los tableros o paneles de desechos plásticos.

6.19. Maquinaria para Fabricar Tableros o Paneles de Desechos Plásticos

HEATHmx S.A. de C.V.

Las máquinas HEATHmx procesan cualquier termoplástico reciclado o virgen, al que convierten en un tablero sólido. Según el plástico usado, este tablero puede ser completamente maquinable, logrando cortes, rebajes, perforaciones etc. Con aplicaciones industriales y de uso rudo que resuelvan problemas de intemperie, al sustituir madera, acero, asbesto, fibra de vidrio y otros materiales.

Es un proceso versátil ideado hace más de 25 años, en donde la materia prima, en presentación granular, se funde sin que exista homogenización es decir, de una forma estática. Esta característica de fundición hace a las máquinas HEATHmx versátiles, ya que

las materias primas pueden tener cierto porcentaje de impurezas, aprovechando así materiales que por ningún otro proceso son factibles de utilizar. Prácticamente cualquier desecho termoplástico; previamente molido, aglutinado o peletizado; aun teniendo impurezas como tierra, grapas metálicas, etiquetas y astillas de madera. Es factible mezclar diferentes tipos de plásticos, tal como van a los tiraderos, considerando que aproximadamente el 77% de estos son polietilenos y polipropilenos, materiales ideales para la creación de tableros sólidos y maquinables. No requiere lavado previo de los desechos plásticos.

Máquina ideal para recuperar desechos plásticos post consumo urbanos y agrícolas, transformándose en tableros o paneles con un sin fin de aplicaciones. Logrando un reciclado ecológico y verdadero, ya que por su larga vida, estos productos difícilmente terminaran en los vertederos.

El producto de estas máquinas implica dos corrientes ecológicas:

1.- Por un lado se ayuda en la preservación del medio ambiente del campo, las ciudades, ríos y mares al evitar que miles de toneladas de desechos plásticos los contaminen.

2.-Finalmente, como sustituto de madera industrial, para empaque y embalaje; se evita el uso desmedido e irracional de la madera natural obteniendo un tablero a un precio similar que la misma.

La Empresa KUADRO, que fabrica productos a partir de los tableros plásticos reciclados mediante el proceso HEATHmx, recibió el premio al segundo lugar en el certamen nacional sobre reciclaje promovido por COPARMEX-SEMARNAT en 2009, así como el premio TV AZTECA RECICLA 2009.

6.20. Programa de máquinas para producir “Madera plástica”

Solución a los Desechos Plásticos Urbanos y Agrícolas: Todo tipo de desecho plástico puede ser aprovechado al ser transformado a tableros de madera plástica como sustituto de madera, acero, concreto, etcétera.

Enfoque del Programa: Aprovechar toneladas de desechos plásticos urbanos y agrícolas. Ofrecer conferencias y asesoría relacionadas con el aprovechamiento de residuos plásticos

en Municipios, Universidades, escuelas y foros ecológicos. Retirar los desechos plásticos obtenidos en plantas. Recibir diferentes tipos de desechos para su transformación en colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Toda red para pesca usada y vieja es recibida y transformada a madera plástica

Actores y participantes: Ciudadanía en general, Gobierno, Empresas (sobre todo las grandes generadoras de desechos plásticos) e Iniciativa privada

Separación en la fuente: Hogares (Casa Habitación), Escuelas y Universidades

Comercios: Centros comerciales, tiendas en general

Industrias: Todo tipo de actividad industrial

Oficinas Gubernamentales

Acopio: Centros de acopio primarios: colonias, cotos, fraccionamientos, universidades, escuelas, centros comerciales, plazas, empresas e industrias, edificios gubernamentales

Centros de acopio temporales: Se ubicarían estratégicamente en las periferias de la zona urbana para su acopio y habilitación; estarán en condiciones de habilitar (molienda) todo tipo de desecho plástico

Logística: Recolección y traslado del centro de acopio primario al centro de acopio temporal, traslado del centro de acopio temporal a planta de transformación.

Ambiental: Proyecto de alto impacto ambiental positivo, ya que es una opción única para aprovechar al 100% los desechos plásticos con resultados altamente ecológicos, al sustituir el uso de la madera se dejaría descansar los bosques, evitando la tala indiscriminada.

Propuesta: Se propone instalar estas plantas para estar en posibilidad de atender cada municipio, crear una cultura ecológica y de aprovechamiento de todos los desechos plásticos que se generan, duplicar la vida de los vertederos de la región.

Perfiles plásticos: Las Tablas están fabricadas con polietileno de alta densidad, se pueden trabajar con las mismas herramientas manuales o eléctricas que la madera, se pueden

clavar, atornillar, cortar, rautear, etc. No se pudren, son impermeables, no se astillan, resistentes a la corrosión, resistentes a los ácidos, reciclables. Tienen una densidad de 0.930 a 0.980 gramos por centímetro cúbico. Expansión térmica de 0.006 pulgadas/pie/50° F. No es conductor de electricidad, anticorrosiva, se puede soldar. Su punto de ignición es de 330°C. Resistencia a la tensión 100 kg/cm². Resistencia a la compresión 1600 kg/cm².

6.21. Ejemplos de tipos de productos contruidos con tablas plásticas:

Muebles de cocina, baños portátiles, botes composteos, contenedores de basura, cisternas, tapas de registros, casitas, colmenas, muros, reclinatorios, carretes y tarimas.

Durmiente de Madera Plástica: Para minimizar la competencia de los transportes terrestres, los trasportes ferroviarios deben necesariamente poner todo su empeño en reducir al máximo sus gastos de explotación y conservación.

En este orden de ideas el problema del durmiente ocupa un lugar de primordial importancia; la conservación de la vía exige, en efecto, el reemplazo anual de muchos durmientes y obliga al personal técnico de las empresas a buscar la solución económica al problema.

Es la búsqueda de esta solución la que nos muestra una evolución general de la concepción de vías férreas caracterizadas por el abandono progresivo del durmiente de madera. Como respuesta simultánea a todos estos interrogantes y para satisfacer la necesidad de que las redes estén equipadas con vías estables, que requieran una mínima conservación, aparece el Durmiente de Madera Plástica. La Madera Plástica responde a las calidades que se exigen a un durmiente ferroviario; es un material durable y homogéneo, que no se pudre y resiste a la acción de los agentes atmosféricos.

Su concepción les confiere simultáneamente rigidez para asegurar la estabilidad de la vía y la flexibilidad necesaria para absorber los choques repetidos provocados por el paso de los trenes.

Soluciones integrales para el profesional de la planta: Existen más de 1,650 mdp tirados en las calles de México, y nadie quiere recogerlos se trata de 550,000 toneladas de envases de plástico que una vez usados no se depositan en los botes de basura. De acuerdo con cifras

del Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI), cada año se producen en el país 800,000 toneladas de productos con polietileno tereftalato (PET), de las cuales se recolectan 250,000 y, de éstas, apenas se reciclan en territorio nacional 50,000; las 200,000 restantes se exportan a China y a otros países, a un precio promedio de 3 pesos por kilo de PET acopiado, según estiman los entrevistados.

Sin embargo, algunos personajes vinculados a la industria discrepan de las cifras del IMPI, tal es el caso de Jorge Treviño, director general de Ecología y Compromiso Empresarial (Ecoce), quien asegura que el desecho de botellas de PET oscila entre 650,000 y 670,000 toneladas. El resto, menciona, ya no se trata de envases, sino de otros productos elaborados del mismo material; esto es, hay PET sin recolectar y, por lo tanto, sin reciclar.

Las diferencias respecto al valor de mercado no alteran la afirmación de que se trata de un segmento de negocio en el que las cifras de producto tirado a cielo abierto representan un negocio en el que pocos han incursionado, a pesar de generar ingresos y tratarse de bienes que quizá no significan un alto grado de contaminación, por representar 3% de los desechos de plásticos en el país.

Pero eso sí, se trata de desperdicios voluminosos que visualmente contaminan, dicen los entrevistados.

En términos de valor de reciclado, Santiago García, gerente general de la Asociación para Promover el Reciclaje del PET (Aprepet), afirma que si el año pasado se recogieron 90,000 toneladas de envases de este material el precio más bajo fue de 2 pesos por kilo “a nivel de pepenador”, hablamos de 180 mdp; después de ser transportado, seleccionado, compactado y molido, su valor aumenta entre 200 y 300%, lo que representa un mercado de botellas de 500 mdp”. García menciona que una vez que el plástico se transforma en materia prima el precio crece otro tanto; es decir, 1,000 millones de pesos aún en cálculos conservadores.

Rafael Blanco, presidente del IMPI, señala que el precio de la materia prima virgen es de 20 pesos por kilo, y el de los materiales reciclados de plástico representa 20% de esa cantidad, lo que significa que cada kilo de PET reciclado es de 4 pesos y el valor del mercado de los envases tirados a cielo abierto es de 2,200 mdp.

6.22. ¿Una Ciudad de PET?

Las posibilidades de que en México exista un clúster de transformación de envases de PET son muchas, comenta Luis Galguera, director técnico de Coca-Cola México, compañía que instaló la primera planta de reciclado de envases de PET de grado alimenticio concepto que se refiere a los materiales que cumplen con las normas necesarias para ser reutilizados en la industria de alimentos en América Latina, y la cuarta en el mundo.

El ejecutivo de Coca-Cola precisa que una de las ventajas para esta industria es el alto consumo que hay en nuestro país de alimentos y bebidas envasados; sin embargo, también menciona que no existe una demanda estable de la hojuela que hace posible el PET; por ejemplo, en el caso de la materia prima que se utiliza para hacer fibra textil, la demanda de ésta depende mucho del ciclo del algodón, de tal forma que cuando la temporada de cosecha es baja, la oferta de ropa persiste e, incluso, crece, lo que genera mayor necesidad de PET por parte de la industria textil. “Esto es un problema, pues cuando no tienes estabilidad en el precio es muy difícil que la gente invierta en un negocio”, afirma Galguera.

En este sentido, Treviño comenta que lo ideal sería que se desarrollarán proyectos, “no sé si en torno a un clúster de compra o de industrias separadas que de alguna manera demanden el producto”. Desde su punto de vista, hay avances y se va por el camino correcto, pero aún “falta tener una visión mucho más integral”.

Y vaya que se requiere hacer algo más, porque el consumo de plástico para la manufactura de envases seguirá creciendo, pues, de acuerdo con estimaciones de Blanco, la generación de PET en México se incrementa 7% al año, lo que podría ocasionar que se sigan tirando los frascos y envases de este material en cualquier lugar, al menos, mientras no exista una mayor participación de todos los actores involucrados en su reciclaje, incluido, desde luego, el consumidor.

El presidente del IMPI confía en que el PET tendrá una larga vida, y asegura que se trata de un material que le ha ido ganando la batalla a otros elementos, como son el vidrio y el aluminio. Para Blanco son muchas las ventajas que tiene el PET con respecto a otros

materiales. Entre ellas está que es de fácil traslado y si se incinera no contamina, pues lo que despiden es vapor de agua.

Blanco pronostica que en menos de un año las cerveceras utilizarán plástico para envasar su producto, y menciona como ejemplo a una firma de Belice que ya está consumiendo PET grado alimenticio en la fabricación de su cerveza; a pesar de lo previsto por Blanco, otros miembros de la industria son más pesimistas al respecto, en especial por la relación estratégica que existe entre los productores de cerveza y de envases de vidrio en México. En lo que sí coinciden todos es en que los productos empacados y envasados en frascos de plástico seguirán al alza.

Problema de Acopio: Santiago García, de Aprepet, es tajante al afirmar que las características que le posibilitan al PET ser utilizado en la manufactura (por ser ligero y barato) son las mismas que no permiten que se pueda generar un clúster de reciclado.

“En México, el acopio de PET se hace por medio de los pepenadores, y éstos tienen recursos limitados para sacar de la basura materiales que les permitan subsistir. Si el PET alcanza un valor que les ayude, en sus 10 horas de trabajo al día, obtener lo suficiente para vivir, ya que es fácil de identificar y es abundante, está bien, pero si su precio cae por debajo de cierto nivel, deja de interesarles. Y es que si trabajan todo el día y no sacan para comer, entonces se dedican a recoger otro material”, argumenta García.

Las fluctuaciones en el precio del PET han sido uno de los principales obstáculos para potenciar la industria recicladora nacional, ya que, nos dice García, al no haber un suministro constante, porque si sube el precio hay poco material y si baja hay mucho, no podrá establecerse una industria formal; fue eso lo que motivó a los usuarios de envases de PET y a las industrias de refrescos y del agua a crear un plan de manejo de plástico que es administrado por Ecoce, para garantizar que se recoja, de tal forma que si el precio del PET en el mercado internacional desciende por debajo de cierto nivel, estas industrias lo subsidian para que no lo deje de recolectar el pepenador, y si el precio es alto, simplemente ya no le dan nada de apoyo. Jorge Treviño amplía el comentario de García y asegura que Ecoce fue creado, entre otras cosas, para romper un círculo vicioso que existía en la fase de reciclado. Se trataba de recuperar los residuos y, de esa manera, garantizar un mercado

consumidor de éstos. Treviño narra que hace algunos años surgieron proyectos de reciclado en México que demandaban cierta cantidad de material; sin embargo, no había quién lo suministrara, y al no existir material la inversión no llegaba.

Es por ello que se empezó a acopiar cierta cantidad de PET, con la finalidad de darle certidumbre a diversos proyectos de reciclado, ya que de esta manera habría materia prima suficiente, de calidad y, además, a un precio internacional. Ese fue el enfoque bajo el que nació Ecoce.

Derivado de lo anterior, empezaron a tener lugar algunos proyectos de reciclaje y se logró utilizar la capacidad instalada ociosa en varias plantas recicladoras; sin embargo, al día de hoy, todavía no se detona un desarrollo en las empresas recicladoras que pueda demandar más producto y crear un mercado natural que aproveche todo lo que se acopia en México, ya que de lo que se recolecta entre 20 y 30% se queda, el resto se exporta a China, India, Canadá y Estados Unidos (EU), naciones en las que se le da valor agregado al PET, afirma Treviño, quien añade que en esos lugares se transforma en ropa, zapatos y alfombras, entre otros productos.

García asegura que dada la misma utilización de los materiales reciclados del PET es que las variaciones en su precio están determinadas por el de las fibras textiles naturales y sintéticas. “La mayor aplicación del PET reciclado es para fibras textiles; por ejemplo, la tercera parte de las alfombras en EU son hechas de botellas recicladas de refresco; además, hay líneas de ropa de este material, por eso históricamente el precio más alto que ha habido del PET es por una mala cosecha de algodón en China, porque al no haber algodón crece la demanda”. El representante de Aprepet detalla que China es el principal mercado de reciclado, este país importa 250,000 toneladas de EU, 150,000 de la Unión Europea y otras 25,000 de México. En esto coincide Blanco, y afirma que eso significa darle valor agregado a la basura.

Falta Motivación: Los entrevistados coinciden en que la base del reciclado radica en su recolección, misma que depende de los llamados pepenadores. Si una persona intenta llevar 16 envases de PET a un centro de acopio, podría tener la experiencia de que nadie se los reciba. Sobre esto, Elías Vanegas, director Ejecutivo del Instituto Nacional de Recicladores

(INARE), organismo que agrupa a los principales centros de acopio de diversos productos en México, señala que en la labor de recolección de envases de PET no se tienen incentivos, hecho por el cual a los centros de acopio les interesan más otros tipos de materiales.

A manera de ejemplo, Vanegas cita que entre 1995 y 1996 Inare hizo una alianza con la Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos (CANAFEM) para reducir el peso del bote de aluminio. “Entonces pesaba 21 gramos cada lata. En la actualidad pesa 17 gramos”. Es de esta forma como Vanegas ejemplifica lo que para él es una historia de éxito en el tema de reciclado. Y añade: “Dígame cuántos botes de aluminio se encuentran en la calle.”

Respecto a la recolección de plásticos, el representante de Inare menciona que uno de los principales problemas en la etapa de acopio es que se carece de un sistema de identificación de plásticos desechados. En cuanto al PET, Vanegas insiste en que si hubiera incentivos se generaría de manera automática una cadena de proveeduría.

Los incentivos a los que se refiere Vanegas giran alrededor de un mejor precio del PET acopiado, pues afirma que en México no se paga lo mismo que en los mercados internacionales, es esto lo que lo lleva a afirmar que al no ser negocio nadie quiere los envases de PET que han sido desechados.

Mientras tanto, Treviño asegura que, de acuerdo con la experiencia de Ecoce, es más fácil para ellos acudir de forma directa con el pepenador y comprarle el producto, que ir a los centros afiliados a Inare, ya que se trata de intermediarios que encarecen el proceso de acopio del PET.

Tarea de Todos: De cada envase tirado de PET en el país son responsables las autoridades, los consumidores y la industria, por lo que es necesario que las tareas sean asignadas de forma correcta. Treviño asegura que falta educación por parte de los consumidores en el tema de reciclaje, ya que cuando se adquiere, por ejemplo, una bebida, se es dueño de la sustancia y del envase, lo cual hace creer al dueño de la botella que puede tirarla donde sea. Esto no se sanciona en México, cosa que sí sucede en otros países. Blanco coincide con lo anterior y, desde su punto de vista, hace falta que se eduque a los consumidores desde que

están en nivel preescolar, que se impulsen más campañas como las que llevan a cabo Ecoce y Aprepet, y que, incluso, se apoye más a estos organismos. Respecto al PET, insiste en que se deberían generar campañas de conciencia para quitarle la tapa a la botellas, “apachurrarlas y dejar el PET solito”, con eso bastaría para potenciar un mercado en el que, asegura Blanco, participarían desde amas de casa hasta estudiantes de pocos recursos.

García pone esto en términos muy claros al afirmar que el reciclado es un negocio.

“Estamos luchando porque sea más amplio y estable”, menciona.

El gerente general de APRETET añadió que la responsabilidad es de todos: “No es nada más decir: ‘La industria creó los envases, pues que los recojan’; tampoco se trata de ser un ciudadano indolente e irresponsable que diga: ‘El gobierno que lo haga, yo pago mis impuestos’; pero tampoco de hacer comentarios como: ‘Mi negocio es vender agua y refrescos, no reciclar’; se trata de que cada quien asuma su responsabilidad y actúe en consecuencia.”

Jacqueline Argüelles Guzmán, presidenta de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados, asegura que en materia de leyes de acopio y reciclaje de PET falta mucho por hacer: “Es un problema que está creciendo.

Nosotros, los de la comisión, hemos discutido varias iniciativas al respecto, y lo que se propone es responsabilizar a los productores, envasadores, usuarios y autoridades para tener un manejo sustentable de plásticos. Dentro de la Ley de Prevención y Gestión de los Residuos Sólidos, la cual ya se aprobó, hay algunos apartados que tocan el asunto, aunque de manera muy general”, afirma la legisladora, y pone énfasis en que “debemos ser más enérgicos y estrictos en las sanciones que se aplican a los malos planes de manejo que las firmas productoras tienen para poder seguir elaborando este tipo de envases, que en peso no son muy representativos en el total de residuos sólidos urbanos, pero sí en volumen”.

Más allá de las discrepancias y coincidencias que puedan haber entre los actores que participan de esta industria, hay una realidad que se debe atender: Millones y millones de envases están tirados y regados por todo el país, y se seguirán acumulando en tanto no se resuelva el problema de fondo, el mismo que García pone en su justa dimensión, al afirmar

que resolver el problema de la recolección no tiene sentido si no se cuenta con una industria de reciclaje.

Desde el punto de vista del representante de APREPET, es necesario generar un mercado que consuma productos reciclados, pues existe la percepción que al tratarse, por ejemplo, de una prenda de vestir que ha sido elaborada con PET tiene un valor inferior, cuando en otros países el consumidor busca, incluso, los productos elaborados de material reciclado. Finalmente, García señala que, más allá de las leyes existentes, es posible hacer una gran cantidad de cosas para desarrollar un mercado en el que participen la industria, el gobierno y, desde luego, el ciudadano.

7. METODOLOGIA APLICADA

7.1. Aspectos generales

El tipo de diseño que se empleo fue el diseño de bloques completos al azar el cual nos dice que cuando se quieren comparar ciertos tratamientos o estudiar el efecto de un factor, es deseable que las posibles diferencias se deban principalmente al factor de interés y no a otros factores que no se consideran en el estudio. Cuando esto no ocurre y existen otros factores que no se controlan o nulifican para hacer la comparación, las conclusiones podrían ser afectadas sensiblemente, por lo que los factores de bloque son las variables adicionales al factor de interés que se incorporan de manera explícita en un experimento comparativo para no sesgar la comparación.

De acuerdo con Humberto y Román (Gutiérrez, De la Vara, 2008), en un diseño de bloques al azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles “culpables” de la variabilidad presente en los datos. La palabra completa en el nombre del diseño se debe a que en cada bloque se prueban todos los tratamientos, o sea los bloques están completos. La aleatorización se hace dentro de cada bloque; por lo tanto, no se realiza de manera total como en el diseño completamente al azar. El hecho de que existan bloques hace que no sea práctico o que incluso sea imposible aleatorizar en su totalidad.

Supongamos una situación experimental con K tratamientos y B bloques el aspecto de los datos de este caso se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Arreglo de los datos en un diseño en bloques completos al azar

Tratamiento	Bloques					
		1	2	3	...	B
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1b}	
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2b}	
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	...	Y_{3b}	
.	
.	
.	
K	Y_{K1}	Y_{K2}	Y_{K3}	...	Y_{Kb}	

7.1.1 Hipótesis a probar

La hipótesis de interés es la misma para todos los diseños comparativos, y está dada por:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A = \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

Que también se puede expresar como

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \dots = \tau_k = 0$$

$$H_A: \tau_i \neq 0 \text{ para algún } i$$

En cualquiera de estas hipótesis la afirmación a probar es que la respuesta media poblacional lograda con cada tratamiento es la misma para los k tratamientos y que, por lo tanto, cada respuesta media μ_i es igual a la media global poblacional, μ . De manera alternativa, es posible afirmar que todos los efectos de tratamiento sobre la variable de respuesta son nulos, porque cuando el efecto $\tau_i = \mu_i - \mu = 0$, entonces necesariamente la respuesta media del tratamiento es igual a la media global ($\mu_i = \mu$).

7.1.2 Análisis de varianza

La hipótesis dada anteriormente se prueba con un análisis de varianza con dos criterios de clasificación, porque se controlan dos fuentes de variación: el factor de tratamientos y el factor de bloques; en la tabla 14 se muestra el aspecto del ANOVA para diseño DBCA.

Tabla 14. ANOVA para un diseño en bloques completos al azar

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado Media	F ₀
Tratamientos	SC _{TRAT}	k-1	CM _{TRAT}	F ₀ = CM _{TRAT} / CM _E
Bloques	SC _B	b-1	CM _B	F ₀ = CM _B / CM _E
Error	SC _E	(k-1)(b-1)	CM _E	
Total	SC _T	N-1		

7.2 Diseño metodológico

Se eligió un diseño de bloques completamente al azar el cual con tres niveles (periodo de vida 7,14 y 28 días) y 6 factores (cantidades de pet: 150g,300g,450g,600g,750g y 900g); el método general utilizado para poder determinar cuál de los bloques resiste una carga mínima de 15 toneladas, reformular la cantidad adecuada de materia prima que compuso al bloque con pet ideal y finalmente evaluado bajo la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 es a partir de un diagnóstico y un análisis causal para llegar a demostrar la hipótesis planteada. Analizamos el tiempo de ocurrencia y los registros de la información donde tenemos datos retrospectivos por extraer la información del pasado que se tiene de investigadores y normas establecidas referentes a pruebas de resistencia a la compresión simple en unidades estructurales elaboradas con materiales plásticos y/o semejantes para realizar el diagnóstico, en el análisis causal se desarrolla con información prospectiva. En la secuencia y periodo de estudio de la variable es longitudinal por considerar como sujeto de estudio un determinado periodo.

7.2.1 Diseño estadístico

De acuerdo a sus propiedades se empleó un diseño estadístico observacional porque fueron analizados los datos obtenidos por los respectivos bloques con pet donde prevaleció la observación estadística para descartar sesgos, inclusiones y exclusiones de datos además de considerar siempre los criterios seleccionados. El procedimiento de recolección de datos juega un papel importante en la investigación ya que determina la validez y confiabilidad

de los resultados, por ello se enlista la técnica de recolección donde tenemos que se originó información de tipo numérica y contextual a partir de fuentes primarias para el análisis causal con variables cualitativas y secundaria para el diagnóstico con variables cuantitativas y cualitativas.

En tipo de variable corresponde a la nominal por utilizar 6 cantidades diferentes de pet al inicio de la prueba de resistencia a la compresión simple.

7.3 Análisis estadístico

Por último el análisis se desarrolló en dos fases, la primera que se considera como análisis preliminar de donde se obtuvo el diagnóstico el cual presenta o describe ese análisis exploratorio en la realización de los bloques de pet y el análisis causal donde muestran las principales variables que afectan que un bloque de cumpla o no con la norma NMX-C-404-ONNCEE-2005.

En la segunda fase consideramos el análisis definitivo, donde relacionamos las variables (causales) independientes que resultaron con la variable dependiente (efecto).

7.4 Aspectos técnicos

Modelo estadístico

Cuando se decide utilizar un DBCA, el experimentador piensa que cada medición será el resultado del efecto del tratamiento donde se encuentre, del efecto del bloque al que pertenece y de cierto error que se espera sea aleatorio. El modelo estadístico para este diseño está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \epsilon_{ij} \left\{ \begin{array}{l} Y_{ii} = \mu + \tau_i \end{array} \right\}$$

Donde Y_{ij} es la medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j (ver tabla 2.1.1); μ es la media global poblacional; τ_i es el efecto debido al tratamiento i , γ_j es el efecto debido al bloque j , y ϵ_{ij} es el error aleatorio atribuible a la medición Y_{ij} . Se supone que los errores

se distribuyen de manera normal con media cero y varianza constante σ^2 [N (0, σ^2)], y que son independientes entre sí.

Las fórmulas más prácticas para calcular las sumas de cuadrados y de ayuda para la obtención de los resultados del cuadro ANOVA son:

$$SC_T = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^k Y_{ij}^2 - \frac{Y^2_{..}}{N}$$

$$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y^2_{.i}}{b} - \frac{Y^2_{..}}{N}$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{.j}}{k} - \frac{Y^2_{..}}{N}$$

7.5. Materiales y equipos utilizados en las prueba de resistencia a la compresión simple

El equipo empleado en la prueba de compresión simple se muestra a continuación en la tabla 15 Menciona sus especificaciones y sus respectivas marcas.

Tabla 15. Material y equipo para prueba

Equipo	Material	Marca	Especificaciones
pantallas digitales		S/M	
Prensas		FICSA	120 ton.
Cabeceador universal para bloques			10x20x40 cm
Charolas de metal de laboratorio			
	Azufre para cabeceo de especímenes de concreto		Saco de 25 Kg

7.6. Prueba a la compresión simple

Objetivo de la prueba:

Determinar la resistencia a la compresión simple de bloques bajo condiciones inalteradas o remoldeadas, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia controlada o deformación controlada.

Equipo:

Aparato de compresión: conformado por una prensa para rotura de los bloques, de velocidad controlada manual o mecánicamente, con capacidad suficiente para llegar a la carga de rotura. El dispositivo de medida de la fuerza aplicada debe tener una sensibilidad de 1% de la resistencia a la compresión simple de la muestra ensayada.

Balanzas que den el peso de la muestra con una precisión del 0.1 % de su peso total.

Procedimiento de prueba a la compresión simple

- 1.-Montese el espécimen, con su base y cabezal ya instalados bien centrado bajo el marco de carga.
- 2.-Colocando una pequeña pesita en la ménsula, asegúrese un buen contacto entre el espécimen y el marco de carga, a través del balín y la placa del cabezal.
- 3.-Montese un extensómetro sensible al centímetro de milímetro en su soporte, ajústese la lectura inicial a cero.
- 4.-Echese a andar un cronometro y simultáneamente, aplíquese el primer incremento de carga a la ménsula. Antes de aplicar el siguiente incremento de carga deberá observarse y registrarse la lectura del extensómetro .cada incremento debe aplicarse durante un minuto.
- 5.-Conformese la muestra se acerque a la falla deberá ser cuidadosamente observada para detectar sus grietas o posibles planos de falla y otros puntos de interés.

6.-Si la muestra falla bruscamente regístrese el tiempo transcurrido tras la aplicación del último incremento de carga, si no hay deformación brusca la prueba se dará por terminada cuando la muestra tenga una deformación de un 20%.

7.-Quitese la muestra del aparato y hágase un esquema de su falla y agrietamientos a una escala correcta.

8.-Cortese una laja delgada, de unos 3 mm de espesor, paralela al plano de falla, para determinación del contenido de humedad.

9.-Calculese las deformaciones correspondientes a los diferentes esfuerzos y dibújese un diagrama de esfuerzo deformación.

7.7. Características físicas del prototipo de block con tereftalato de polietileno.

Se trata de un block hueco cuyas dimensiones son: 10x20x40cm con dos celdas de aire, es de un acabado rustico debido a las partículas (granulometría) de la materia prima, es de color grisáceo natural.

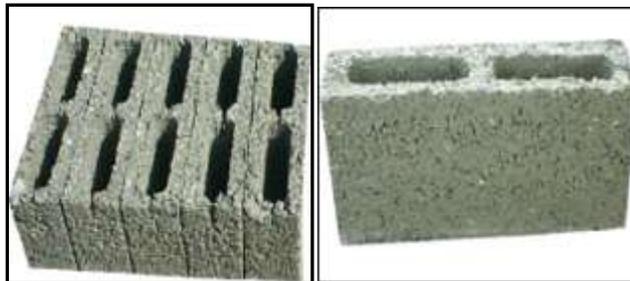


Figura 1. Bloques con PET

7.8. Materias primas que se utilizaron

En la elaboración de bloques con pet se utilizó un cemento portland de tipo ordinario porque es el más adecuado según lineamientos de la norma con la que se viene trabajando, el pet es de 3/16 pulg. , se utiliza arena de mar, toba de 3/8 de pulg y agua corriente, comúnmente empleada para las labores cotidianas incluso agua potable.

7.9. Descripción del proceso de elaboración de blocks a base del PET.

A continuación se describen las actividades realizadas para la elaboración de bloques de manera general.

- 1.-Seleccionar materia prima y almacenar
- 2.-Transportar la materia prima al área de fabricación
- 3.-Obtener muestras de arena, toba, agua, cemento, Pet, dependiendo del modelo a seguir para la fabricación del block.
- 4.-Llevar la arena al área de fabricación
- 5.-Mezclar los materiales según el proceso requerido
- 6.-Agregar agua a la mezcla y seguir revolviendo
- 7.-Dirigir la mezcla hacia los moldes para block
- 8.-Vaciar en pequeñas Proporciones la mezcla hasta llenar el molde
- 9.-Accionar la maquina vibradora y compactadora de mezcla hasta llegar al punto en que la mezcla se comprima de manera adecuada en el molde
- 10.-Apagar la maquina
- 11.-verificar no haga falta material en los moldes
- 12.-Volver a accionar la máquina para compactar a un más la mezcla en el molde
- 13.-Retirar la charola de protección de la maquina
- 14.-Inspeccionar sea de manera correcta retirada la charola de la maquina
- 15.-Accionar la palanca de presión para compactar más el material o mezcla en el molde.
- 16.-Accionar la palanca de la máquina que acciona que los moldes suban y bajen en su mismo eje.

17.-Accionar otra palanca que controla el molde de forma vertical en posición hacia arriba (subir la palanca).

18.-Verificar si el molde subió de manera adecuada o lo necesario para retirar el o los block.

19.-Deslizar cuidadosamente la base de tabla que contiene a los moldes hacia una banda corrediza.

20.-Transportar el o los block hacia el área de secado o a intemperie en una superficie plana.

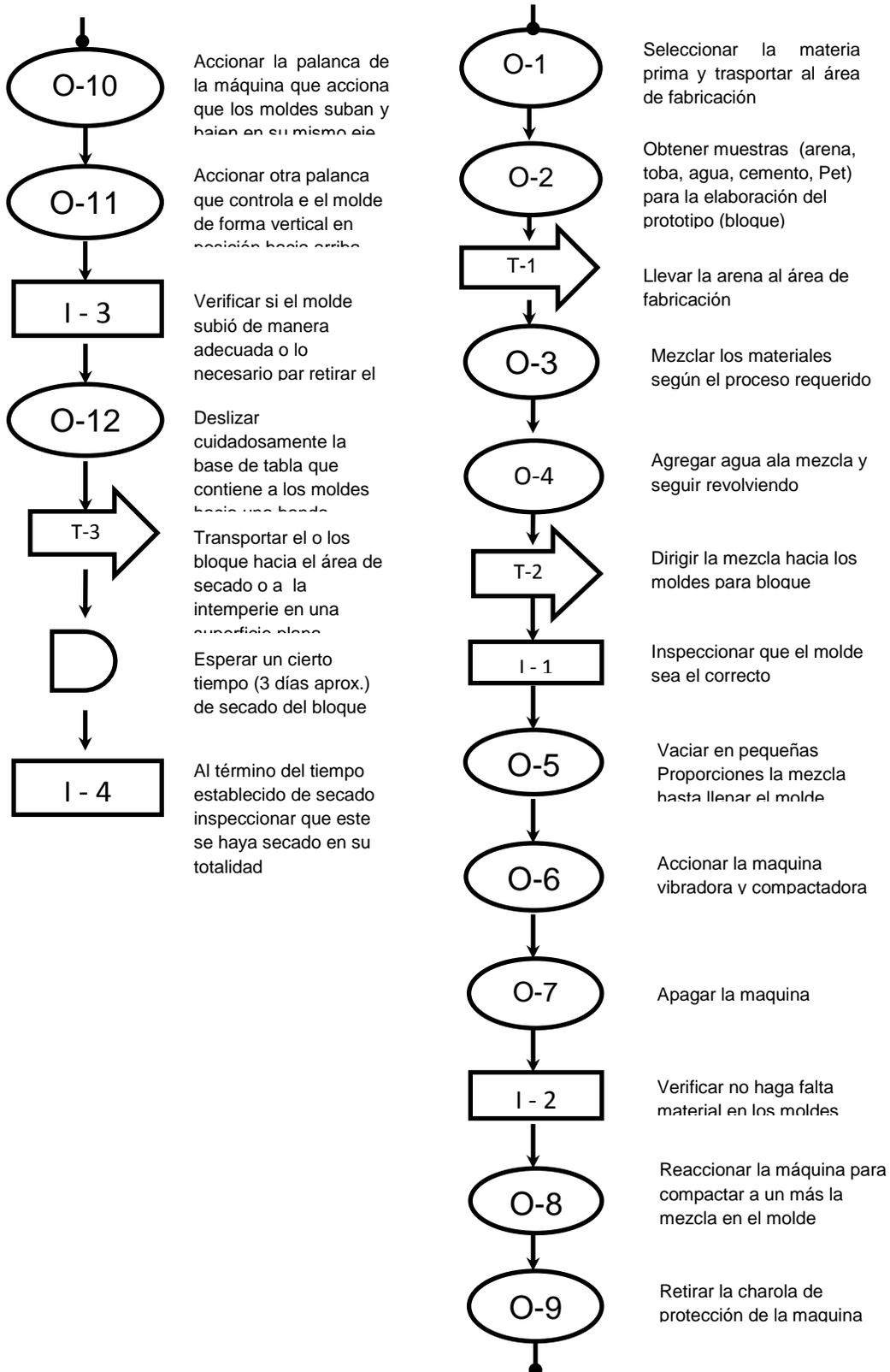
21.-Esperar un cierto tiempo (3 días aprox.) de secado del block

22.-Al término del tiempo establecido de secado inspeccionar que este se haya secado en su totalidad

23.-Transportarlo a la bodega

24.-Almacenar el producto terminado (block)

Figura 2. Diagrama de flujo de proceso de la elaboración del prototipo (bloque), a base de PET.



8. EXPERIMENTACION Y PRUEBAS

En base a las experiencias realizadas hasta el presente se puede decir que los materiales plásticos reciclados (PET) pueden ser incorporados en la elaboración de elementos constructivos porque los bloques resultan con suficiente resistencia, buena apariencia, bajo costo y cualidades ecológicas aunque las dos últimas no son el objeto de estudio de esta investigación pues se busca que el bloque cumpla con la resistencia como lo establece la NMX-404-ONNCCE-2005,dejando puertas alternas para otras investigaciones o su posible seguimiento a futuro.

Se le da valor agregado al material, puesto que de “residuo” pasa a ser “materia prima” en este proceso.

A diferencia de otros estudios el bloque de pet que se elaboró no contiene ningún aditivo químico para acelerar la adherencia de los materiales que lo componen; no se pudo reemplazar en su totalidad a ninguno de sus elementos originales, debido a que cada uno constituye una parte fundamental en su estructura.

En la formulación de los materiales de uso convencional para los bloques se observó que el pet puede ser adaptado a la mezcla común sin alterar sus características físicas; también se logró percibir que al momento de implementarlo a la homogenización de materiales por su tamaño granulométrico aumenta el volumen de la mezcla, por ende se obtiene una cantidad mayor.

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en esta investigación con el orden que tienen los objetivos planteados.

8.1 Conocer los antecedentes sobre el bloque con PET.

Se recabo información de estudios a nivel internacional y nacional sobre los bloques en cuya composición contienen pet, fueron desarrollados en el CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba) por la arquitecta y Maestra en Diseño Arquitectónico y Urbano, de la Universidad Nacional de Córdoba en la República Argentina e Investigadora de CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas),Rosana Gaggino publicó en la Revista Tecnología y Construcción, así como también se encontraron otras fuentes de este mismo índole ya mostradas anteriormente

para tener una noción más amplia de este trabajo. A nivel nacional se encontró un estudio muy importante referente al reciclaje de los plásticos en México elaborado por la arquitecta alemana Elvira Schwansee quien hizo su maestría en la UNAM (Plásticos reciclados para la construcción -Potenciales para el reciclaje de los desechos de plásticos bajo criterios sustentables en México”), menciona que:” en los últimos 5 años se ha aumentado evidentemente la recuperación de la botella de PET de los desechos sólidos urbanos, esto debido al aumento de los precios para la resina plástica, así como por la demanda inflacionaria de materia secundaria al nivel internacional, entonces, sí se hizo rentable la recuperación de la botella de PET en México”;“ Un 80% de los desechos de PET se exporta del país para utilizarse en la industria plástica en China, los Estados Unidos u otros países latinos. ¿Por qué no se aprovecha en la propia industria nacional?” Pues bien, la autora enuncia algunos materiales hallados en México elaborados con tereftalato de polietileno y son: Panel ecológico-Tlaxcala 2.44 m. x 1.22 m. para muros y losas, cimbra plástica-Pachuca: la cimbra está hecha 100% de plásticos reciclados sin aditivos, el producto competencia es la cimbra de madera, perfiles plásticos-Morelia,: tienen cierto grado de flexibilidad, lo que les da el calor, pues poseen un punto de ignición a 330° centígrados, tabiques y estructuras-Metepec: el tabique es hueco y tiene dos postes de ensamble que sirven para interconectar un tabique con otro, lámina-UNAM hecha con fibras naturales: sustituye la lámina de cemento-asbesto por sus mejores características.

8.2. Caracterizar la diferencia que hay de los bloques ya existentes.

En la investigación realizada por la arquitecta Rosana Gaggino los materiales que se utilizaron fueron cemento Portland y desechos industriales plásticos procedentes de la industria alimenticia: botellas descartables de bebidas, constituidas por PET (polietileno tereftalato); y films plásticos procedentes de embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc. (residuo de producción de las plantas fabriles), constituidas por PE (Polietileno), BOPP (Polipropileno biorientado) y PVC (Poli cloruro de vinilo). Los elementos constructivos que se diseñaron con estos materiales fueron ladrillos, bloques para muro y para techo, y placas de cerramiento. Los antecedentes publicados se citan en las Referencias Bibliográficas pero hay además numerosas patentes internacionales con esta temática, que se pueden consultar en internet.

En la tabla 16 Se muestran las diferencias y/o similitudes entre los bloques ya realizados y el prototipo propuesto:

Tabla 16. Diferencias entre los bloques y el prototipo propuesto

Block Convencional	Block realizado	Prototipo
Sin aditivos	Aditivo	Sin aditivo
Arena fina	Arena gruesa	Arena fina
Cemento	Cemento	Cemento
Sin pet	Pet	Pet
Agua	Agua	Agua
Diseño variado	Diseño par	Diseño hueco
Toba	Sin Toba	Toba

8.3. Determinar la dosificación de la materia prima en un bloque.

Se tomaron seis muestras con proporciones al azar en múltiplos de 150 gr de pet; los datos de las tablas 17, 18 y 19 son los resultados de carga y resistencia a un lapso de 7, 14, 28 días de vida, respectivamente, con la finalidad de determinar el porcentaje de PET que llevara el prototipo; el objetivo se verá reflejado con la resistencia del mismo.

Tabla 17. Resultados de la compresión simple a los 7 días

Block No.	Cantidades de Pet (gr)	Peso en Kg	Medidas ancho largo peralte	Sección Cm ²	Carga Kg	Resistencia Kg/cm ²
1	150	8.913	10 x 20 x 40	400	3.160	7.901
2	300	8.910	10 x 20 x 40	400	3.828	9.570
3	450	8.900	10 x 20 x 40	400	4.770	11.925
4	600	8.916	10 x 20 x 40	400	5.846	14.617
5	750	8.918	10 x 20 x 40	400	6.260	15.650
6	900	8.912	10 x 20 x 40	400	5.280	13.200

Tabla 18. Resultados de la compresión simple a los 14 días

Block No.	Cantidades de Pet (gr)	Peso en Kg	Medidas ancho largo peralte	Sección Cm ²	Carga Kg	Resistencia Kg/cm ²
1	150	8.913	10 x 20 x 40	400	3.940	9.850
2	300	8.910	10 x 20 x 40	400	3.870	9.675
3	450	8.900	10 x 20 x 40	400	4.210	10.525
4	600	8.916	10 x 20 x 40	400	5.170	12.925
5	750	8.918	10 x 20 x 40	400	7.060	17.650
6	900	8.912	10 x 20 x 40	400	5.600	14.000

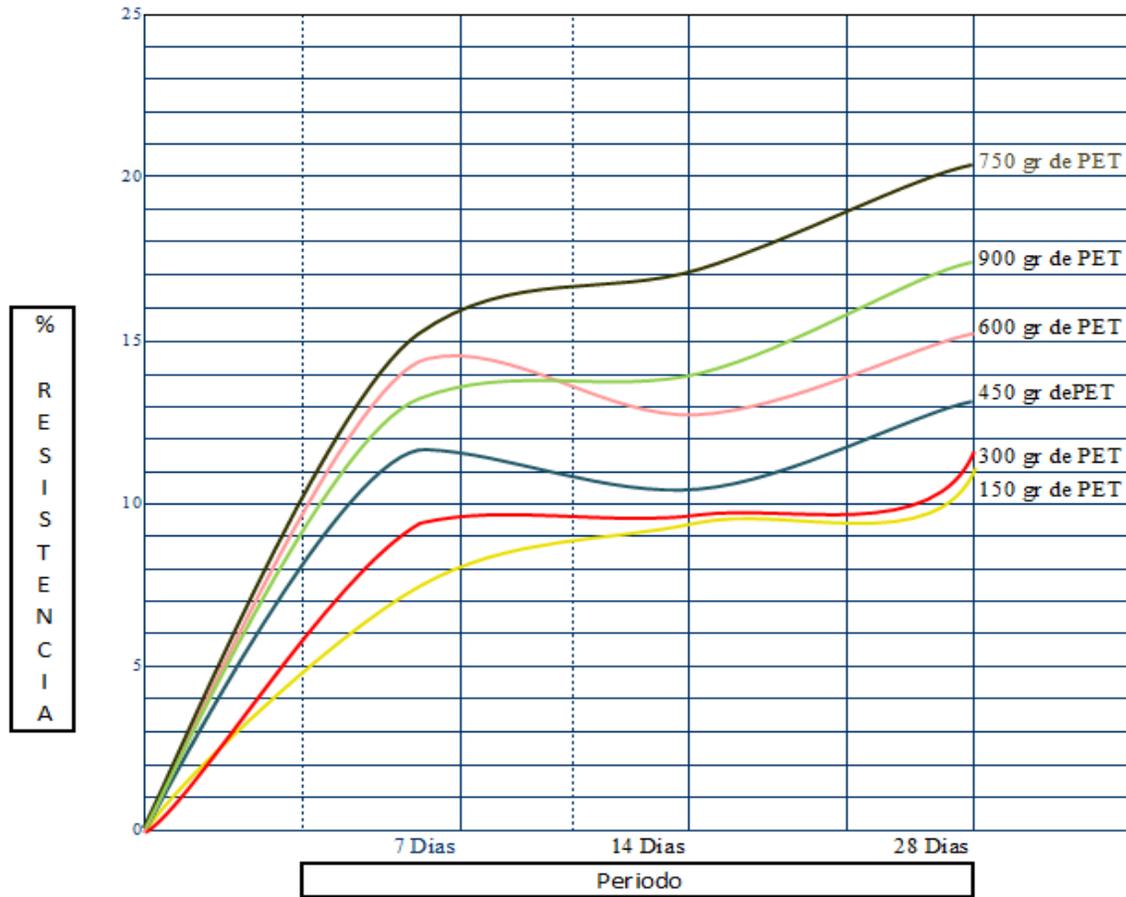
Tabla 19. Resultados de la compresión simple a los 28 días

Block No.	Cantidades de Pet (gr)	Peso en Kg	Medidas ancho largo peralte	Sección Cm ²	Carga Kg	Resistencia Kg/cm ²
1	150	8.913	10 x 20 x 40	400	4.530	11.325
2	300	8.910	10 x 20 x 40	400	4.694	11.736
3	450	8.900	10 x 20 x 40	400	5.321	13.304
4	600	8.916	10 x 20 x 40	400	6.137	15.343
5	750	8.918	10 x 20 x 40	400	8.278	20.697
6	900	8.912	10 x 20 x 40	400	6.982	17.457

En las tablas mostradas (17, 18 y 19) se pueden observar los resultados de las resistencias de acuerdo al porcentaje de PET en cada bloque, determinando que el que contiene 750 gr. refleja una resistencia a los 7 días de 15.650 Kg. /cm², a los 14:17.650 Kg. /cm² y finalmente a los 28 días: 20.697 Kg. /cm², por lo tanto es el que cumple con los límites que marca la norma NMX-C-404-ONNCE-2005” Industria de la construcción”.

Grafica 1. Evolución de las primeras pruebas de compresión simple a bloques a 7, 14,28 días.

Pruebas de compresión simple a bloques a 7, 14,28 días.



% de Pet	Simb.	Resultados en Kg./cm ²		
		7 días	14 días	28 días
150 gr		7.901	9.85	11.325
300 gr		9.57	9.675	11.736
450 gr		11.925	10.525	13.304
600 gr		14.617	12.925	15.343
750 gr		15.65	17.65	20.697
900 gr		13.2	14	17.457

8.4. Realizar las pruebas de compresión simple

Procedimiento antes de la ruptura de bloques para saber la carga resultante.

- Como inicio se realizo la ruptura de bloques para saber su carga en toneladas, se coloca el azufre dentro de un recipiente de lámina para el cocimiento de azufre para cabeceo de bloques (ver figura 3).



Figura 3. Azufre fundido

- Se prosigue a la nivelación de la superficie en la que se encuentra el molde con la finalidad de no obtener errores de carga (ver figura 4).



Figura 4. Nivelación de superficie

- una vez que el azufre esta fundido se coloca en la placa de moldeo. Se coloca el block en el molde uno a uno para su cabeceo de acuerdo a sus diferentes proporciones de acuerdo a la cantidad de PET en cada unidad. (ver figura 5)



Figura 5. Proceso de moldeado

Desarrollo de las pruebas realizadas a los materiales que contienen los bloques (arena, tova cemento, agua y pet) se tomó una muestra del bloque para saber el contenido exacto de material.

Procedimiento para realizar las pruebas de compresión simple a los prototipos.

- 1.- Colocar en la prensa hidráulica anivelando perfectamente la pieza para ser roturada. (Ver figura 6).



Figura 6. Ajustado del bloque

2.- Rupturar bajo la presión ejercida por la maquina, este proceso se lleva a cabo de manera lenta para no alterar algún resultado.



Figura 7. Rupturación del bloque

3.- El reloj digital deja de elevar su enumeración justamente cuando el bloque comienza a tener fisuras.



Figura 8. Capacidad de carga obtenida

4.- Leer la resistencia a la compresión y se hacen los cálculos correspondientes.

Capacidad de absorción de agua.

Una vez terminado el proceso de las pruebas aplicadas a todas las piezas con diferente volumen de pet se deja pasar 24 hrs para poder continuar con las pruebas siguientes y así saber el volumen de desalojo de agua (teoría de Arquímedes).

- 1.- Se partieron las muestras de la estructura del block de recicle a una maño de 3/4 para saber que tanta humedad retiene en absorción.
- 2.-Se saturo la muestra dejándola reposar en un recipiente con agua a 24hrs después de las pruebas de resistencia.
- 3.-Se escurrió el agua del material (se desaturo).
- 4.-Se pasa a una jerga para secar la muestra para que pierda el brillo.



Figura 9. Secado de muestra.

- 5.-Se pesa una muestra de 1100 kg de material quebrado.



Figura 10. Obtención del peso.

6.- Toda la muestra que se tomo y que se peso se coloco en un instrumento llamado aforo de premetro para saber cuánto de agua desalojada tendría hasta que saliera la última gota de volumen de agua.



Figura 11. Aforo de premetro

Peso húmedo = 1090 g

Peso seco = 798 g

Agua absorbida = 292 g

Volumen desalojado = 850 ml (ver figura 12)



Figura 12. Probeta graduada

Densidad = peso seco / volumen desalojado

Densidad = 798 g / 850 ml = 0.938

Porcentaje de agua absorbida = W agua absorbida / PESO SECO
= 292 g / 798 g = 0.36%

Porcentaje de agua absorbida = 0.36 %

8.5. Conocer los límites de resistencia del bloque propuesto.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Block No.1	Peso en Kg	Medidas Ancho Peralte Largo	Sección en Cm ²	Carga en Kg	Resistencia Kg/ cm ²
1	8.900	10 x 20 x 40	400	7.500	18.750
2	8.910	10 x 20 x 40	400	7.510	18.775
3	8.900	10 x 20 x 40	400	7.498	18.745

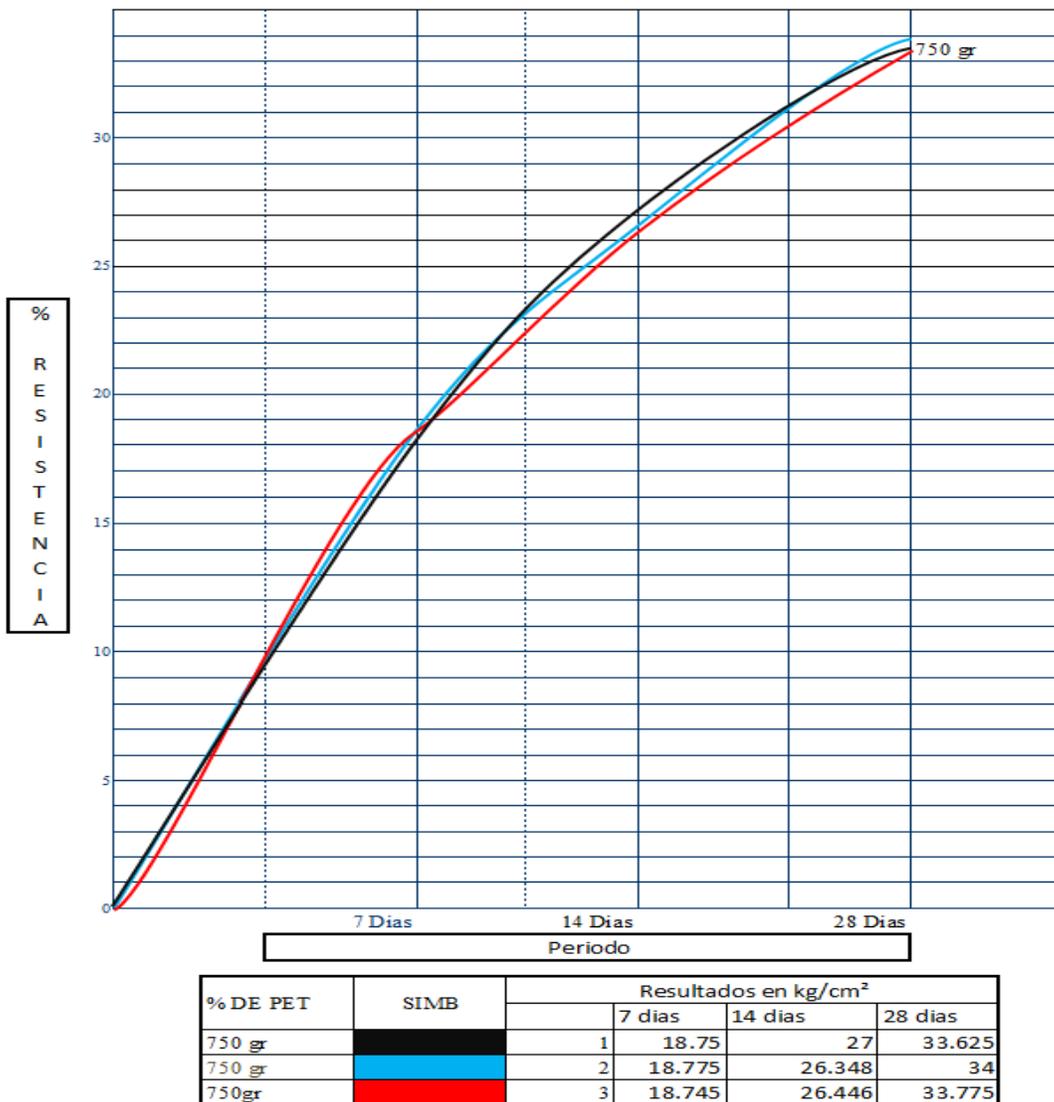
Block No.1	Peso en Kg	Medidas Ancho Peralte Largo	Sección en Cm ²	Carga en Kg	Resistencia Kg/ cm ²
1	8.930	10 x 20 x 40	400	10.800	27.000
2	8.910	10 x 20 x 40	408	10.750	26.348
3	8.900	10 x 20 x 40	408	10.790	26.446

Block No.1	Peso en Kg	Medidas Ancho Peralte Largo	Sección en Cm ²	Carga en Kg	Resistencia Kg/ cm ²
1	8.900	10 x 20 x 40	400	13.450	33.625
2	8.870	10 x 20 x 40	400	13.600	34.000
3	8.890	10 x 20 x 40	400	13.510	33.775

Observaciones: los bloques rupturados a la compresión simple cumplen favorablemente para ser utilizados para muros conforme a su edad de prueba: 7,14 y 28 días respectivamente, con la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005.

Se determinó que la cantidad de pet adecuada a utilizar en un bloque seria de 750 gr de PET, basada en los resultados y a su capacidad de resistencia de carga especificada en la NORMA NMX-C-404-ONNCCE-2005 de rupturación, cumpliendo con los márgenes de resistencia en los bloques de relleno y de carga.

Grafica 2. Evolución de las últimas pruebas a los 7, 14, 28 días.



En este grafico se muestra la evolución de las últimas pruebas realizadas en sus respectivos periodos de 7, 14 y 28 días de fabricado; se aprecia la capacidad de carga que varía de acuerdo al periodo correspondiente.

9. RESULTADOS

9.1. Resultados de análisis de varianza parte 1(Primeras pruebas)

Considerando 18 muestras de los tres periodos evaluados (7,14 y 28 días) se realiza un diseño de bloques completamente al azar arrojando los resultados de la tabla 20 correspondiente a la tabla de ANOVA. A continuación se presentan estos cálculos:

Tabla 20. Tabla ANOVA diseño de bloques.

Días de Vida a considerar	RESISTENCIA						Sumatoria	
	A 150	B 300	C 450	D 600	E 750	F 900		
7	7,901	9,57	11,925	14,617	15,65	13,2	72,863	12,1438333
14	9,85	9,675	10,525	12,925	17,65	14	74,625	12,4375
28	11,325	11,736	13,304	15,343	20,697	17,457	89,862	14,977
Sumatoria	29,076	30,981	35,754	42,885	53,997	44,657	237,35	

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Fo
Resistencia	SCTRAT=29.12 9	K-1=2	SCTRAT/2 =14.562	SCTRAT /SCE=14.783
Días de vida a considerar	SCB=147.820	b-1=5	SCB/5=29.564	
Error	SCE=9.856	(K-1)(b-1)=10	SCE/10=0.985	
Total	SCT=186.8	N-1=17	SCT/17=10.988	

K=3	b=6	N=18
-----	-----	------

Se rechaza Ho si:

- $F_o > \alpha, K-1, (K-1) (b-1)$
- $F_o > 0.05, 2, (2)(5)$
- $F_o > 0.05, 2, 10$

Se acepta si $14.783 > 4.10$

9.2. Resultados de análisis de varianza parte 2

Considerando 18 muestras de los tres periodos evaluados (7,14 y 28 días) se realiza un diseño de bloques completamente al azar arrojando los resultados de la tabla 21 correspondiente a las resistencias de las segundas pruebas; posteriormente se muestra la tabla 21 con los resultados de ANOVA para este tipo de diseño. A continuación se presentan estos segundos cálculos:

Tabla 21. Tabla de resistencias de los bloques parte 2.

Días de Vida a considerar	RESISTENCIA			Σ
7	18.75	27.000	33.625	79.375
14	18.775	26.348	34.000	79.123
28	18.745	27.446	33.775	78.966
Σ	56.27	79.794	101.4	

Tabla 22. Tabla de ANOVA para diseño de bloques completamente al azar.

Fuente de variabilidad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Fo
Resistencia	SCTRAT=0.028	K-1=2	SCTRAT/2 =0.014	SCTRAT /SCE=0.0388
Días de vida a Considerar	SCB=339.657	b-1=2	SCB/5=169.828	
Error	SCE=0.291	(K-1)(b-1)=4	SCE/10=0.036	
Total	SCT=339.976	N-1=8	SCT/17=37.775	

K=3	b=3	N=9
-----	-----	-----

Se rechaza Ho si:

- $F_o > \alpha, K-1, (K-1) (b-1)$
- $F_o > 0.05, 2, (2)(2)$
- $F_o > 0.05, 2, 4$

Se acepta la hipótesis alternativa H_1 si $0.038 < 19.2$

Se rechaza la hipótesis nula, H_0 si $0.038 > 19.2$

10. ANALISIS Y CONCLUSIONES

La realización de este trabajo nos ha permitido tener una visión más clara y completa de cómo se lleva a cabo la formulación de mezcla para la elaboración de bloques utilizando material reciclable PET en proyectos de construcción, además resaltamos la importancia y la forma de utilizar dicho material, por ejemplo si se emplea un material PET dentro de los materiales de uso común para la elaboración de bloques se obtiene un producto innovador.

Además se determinó que el tereftalato de polietileno triturado se adhiere a los otros componentes sin ningún problema dando un acabado rustico al producto final. Los bloques que contienen tereftalato de polietileno triturado en su composición y en relación a los bloques de concreto existentes en el mercado de la industria de la construcción, cumplen con las Normas Mexicanas con especificaciones a los bloques de concreto (aunque no existe aún una norma que establezca características y requisitos que deba de cumplir este producto se pueden utilizar para establecer los rangos de los bloques ajustándose al mismo).

Es importante mencionar que el trabajo realizado es una aportación para las futuras investigaciones que se deseen llevar a cabo, ya que existen diferentes características que se pueden estudiar al producto elaborado, tales como la durabilidad de viviendas construidas con este material (dependiendo de la ubicación donde se encuentren , ya que influyen diferentes factores) , variedad de colores(opcional), acabado refinado , en este caso los objetivos de estudio fueron muy claros y las metas establecidas alcanzadas, sin embargo no se descarta la posibilidad de su mejoramiento.

Como observación personal destacamos que ha sido un trabajo innovador, interesante y sobre todo el poder darle una segunda oportunidad a los plásticos (PET) en materiales del área de la construcción.

Como observación personal nos gustaría destacar que ha sido un trabajo innovador, interesante y sobre todo darle una segunda oportunidad al reutilizar material PET. Dejando puertas abiertas nuevas investigaciones dentro del ámbito de la construcción.

11. DISCUSION

Al haber desarrollado este trabajo se hizo una revisión de los antecedentes relacionados con el estudio que se pretendía realizar, por lo cual se encontró una investigación referente a bloques con PET en la que se utilizó en su totalidad el papel donado por la empresa Converflex (ARCOR) ubicada en Villa del Totoral Argentina, al norte de esa provincia.

La producción de papeles plásticos de esa planta es de 190 ton/ mes, de las cuales 40 ton/ mes son rezagos. Esos papeles están constituidos por PVC, PE, BOPP y Aluminio.

La planta sólo recicla láminas de PVC, el resto del material es depositado en el Predio de Enterramiento Sanitario de la ciudad de Córdoba Argentina. Mediante un convenio, el CEVE recibe gran parte de estos rezagos.

Los objetivos de esa investigación son las siguientes:

Abaratar costos en la construcción de viviendas de interés social.

Dar un destino útil a parte de los residuos que contaminan el medio ambiente, con una visión ecológica.

Generar nuevas fuentes de trabajo y organización comunitaria en sectores de escasos recursos, dentro de la industria de la construcción.

Posibilitar la auto-construcción con una tecnología sencilla y económica, para que mejoren su calidad de vida personas de imposible acceso a la vivienda convencional.

Posibilitar la participación de mujeres en la construcción, mediante el desarrollo de elementos constructivos de bajo peso y fácil manipulación.

Reemplazar en parte sistemas constructivos tradicionales que producen al largo deterioro del medio ambiente (por ejemplo, la mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida).

Las características de los elementos constructivos son:

Peso: Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima. Su peso es sustancialmente menor al de otros cerramientos tradicionales que se usan para la misma función.

Conductividad térmica: Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior al de otros cerramientos tradicionales.

Resistencia mecánica: Un cerramiento realizado con placas de PET tiene una resistencia similar a la de otros cerramientos realizados con elementos constructivos tradicionales. Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente antisísmica.

Absorción de agua: Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales.

Comportamiento a la intemperie: Es excelente, según ensayos preliminares realizados en el CEVE. Las placas y mampuestos con plásticos reciclados fueron dejados a la intemperie durante un año y sometidos a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes. Fueron dejados a la intemperie durante dos años y sometidos a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes.

Se ha realizado en laboratorio del INTI un ensayo de envejecimiento acelerado sobre ladrillos de PET, utilizando el método del Q.U.V Panel, el cual dio como resultado que son resistentes a la acción de los rayos ultravioleta y a los ciclos de humedad, observándose una disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento del orden del 25 %.

Aptitud para el clavado y aserrado: Las placas y mampuestos con plásticos reciclados son fáciles de clavar y aserrar, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por lo que tienen aptitud para constituir sistemas constructivos no modulares.

Adherencia de revoques: Las placas y mampuestos con plásticos reciclados poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por su gran rugosidad superficial.

Por lo anterior se determinó que realmente es importante diseñar una metodología para la elaboración de bloques con tereftalato de polietileno triturado y que si se adhiere a los otros componentes sin ningún problema dando un acabado rustico al producto final.

En el desarrollo del presente trabajo se muestra un diagrama de proceso, y así poder visualizar claramente los pasos a seguir para la elaboración del bloque con PET.

Para la elaboración del bloque, fue en base a los requerimientos de la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005.

Es importante mencionar que el trabajo realizado es una aportación para las futuras investigaciones que se deseen llevar a cabo, ya que existen diferentes características que se pueden estudiar al producto elaborado, tales como la durabilidad de viviendas construidas con este material (dependiendo de la ubicación donde se encuentren , ya que influyen diferentes factores) , variedad de colores(opcional), acabado refinado , en este caso el objetivo del estudio fue alcanzar la resistencia que rige la norma sin utilizar aditivos químicos como lo han venido haciendo en argentina que es el único país hasta el momento ha realizado estudios sobre bloques con PET, sin embargo no se descarta la posibilidad de su mejoramiento.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Gutiérrez, H. Y De la Vara R. (Eds.) (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill Interamericana, 102-105.

Madrid. Instituto madrileño de desarrollo. (1996). *Innovaciones plásticas en Iniciativas de desarrollo local*.

País Vasco. Instituto Tecnológico Gaiker. (1997). *Catálogo de Productos*.

Monte-video. (2001). *Construyendo con lo que se descarta en Vivienda Popular*. República Oriental Del Uruguay.

AVAKIAN, R., PAREKH, S. (1991). *Articles from mixed scrap plastics*. General Electric Company, 5, 073, 416.

BERG, V., Y RINNO, H. (1997). *Concrete molding with improved acid resistance*. Hoechst aktiengesellschaft (DE), 5, 691, 050.

FONTEIN, F., y DREISSEN, H. (1977). *Process and installation for recovering usable materials from waste material containing metals and non-metals*. Stamicarbon B.V., 4, 034,861.

HOEDL, H. (1991). *Manufacture of molded composite products from scrap plastics*. USA Patent, 5,075,057

HAMMOND, Jr. Y WARREN, S. (1999). *Pre-fabricated building system for walls, roofs and floors using a foam core building panel and connectors*. Recobond Inc., 5, 921,046.

HAN, E. (1996). *Pre-fabricated title board*. USA Patent, 5, 816,005.

IDELSOHN, A. (2003). *Hacer con desechos*. Revista Nueva, 628, 16-19.

JENKINS, R. (1994). *Waste treatment process*. USA Patent, 5, 302,331.

LUPO, J. y TRE, J. (1999). *Rubber composition obtained by recycling scrap material*. USA Patent, 5, 948,827.

MAGNANI, S. (1991). *Cement mix and method for producing reinforced building sheets from cement mix*. Fibronit S.R.L., 5, 030, 287.

NAGAYASU, N. (1989). *Method for producing composite material of plastic and rubber*, USA Patent 4, 795,603.

NICOD, G.(1990). *Paneaux isolants pour Bariloche. Un projet d'Ingenieurs du Monde*, Escuela Politécnica Federal de Lausana.

NOSKER, T., Y RENFREE, R. (1998) . *Composite building materials from recyclable waste*. Rutgers the state university, 5, 789, 477.

PORTER, W. (2001). *Asymmetric structural insulated*. USA Patent, 6, 205, 729.

PRUSINSKI, R. (1984). *Thermoplastic polymer concrete structure and method*. USA Patent, 4, 427,818.

ROCHA, L. (2002). *Productos desechados de plástico y PET, se convierten en placas, bloques y viguetas*. Diario La Nación. Buenos Aires, República Argentina.

ROPONI, D. (1977). *Cementitious composition*. USA Patent, 4, 058, 406.

ROPONI, D. (1977). *Cementitious composition* .USA Patent, 4, 058, 406.

SPAKOUSKY, J. (1999). *Building block with insulated center portion*. USA Patent, 5, 83, 585.

SAWYERS, J. (1995). *Method for recycling plastic into cementitious building products*. USA Patent ,5,422, 051.

Gaggino, R. (2004). Elementos constructivos con plásticos reciclados. Información obtenida el 17 marzo de 2011, de http://www.ceve.org.ar/pdf/final_2004/3Gaggino.pdf

[1] Schwanssee E. Potencial de reciclaje en el contexto del desarrollo sustentable (2008) de ss1.webkreator.com.mx/4_2/000/000/054/fad/Reciclaje-de-Pl-asticos.pdf

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Clasificación de ladrillos y bloques cerámicos.

Tabla 2 Usos recomendables para bloques de cemento, tabiques y tabicones.

Tabla 3 Propiedades físicas de los bloques de concreto.

Tabla 4 Características físicas para ladrillos y bloques cerámicos fabricados a maquina.

Tabla 5 Características físicas para ladrillos y bloques cerámicos fabricados a mano.

Tabla 6 Dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.

Tabla 7 Tolerancia en las dimensiones de los bloques de cemento, tabiques y tabicones.

Tabla 8 Clasificación de piezas para la construcción de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación.

Tabla 9 Especificaciones y tolerancias.

Tabla 10 Limites de la composición de cemento portland unidades en % en masa.

Tabla 11 Limites granulométricos de arena para mortero.

Tabla 12 Valores característicos y limites máximo tolerables de sales e impurezas en el agua.

Tabla 13 Arreglo de los datos en un diseño en bloques completos al azar.

Tabla 14 ANOVA para un diseño en bloques completos al azar.

Tabla 15 Material y equipo para prueba.

Tabla 16 Diferencias entre los bloques y el prototipo propuesto.

Tabla 17 Resultados de la compresión simple a los 7 días.

Tabla 18 Resultados de la compresión simple a los 14 días.

Tabla 19 Resultados de la compresión simple a los 28 días.

Tabla 20 Tabla ANOVA para diseño de bloques.

Tabla 21 Tabla de resistencia de los bloques (parte 2)

Tabla 22 Tabla de ANOVA para el diseño de bloques completamente al azar.

Figura 1 Bloques con PET

Figura 2 Diagrama de flujo de proceso de la elaboración del prototipo (bloque) a base de pet.

Figura 3 Azufre fundido.

Figura 4 Nivelación de superficie.

Figura 5 Proceso de moldeado.

Figura 6 Ajustado del bloque.

Figura 7 Rupturación del bloque.

Figura 8 Capacidad de carga obtenida.

Figura 9 Secado de muestra.

Figura 10 Obtención del peso.

Figura 11 Aforo de pnenometro.

Figura 12 Probeta graduada.

Grafica 1 Evolución de las primeras pruebas de compresión simple a bloques a 7, 14, 28 días.

Grafica 2 Evolución de las ultimas pruebas a los 7, 14, 28 días.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Peso específico de elementos constructivos para paredes.

Anexo 2 Conductividad térmica de elementos constructivos para paredes.

Anexo 3 Resistencia a la compresión de mampuestos para paredes.

Anexo 4 Resistencia la flexión en placas constructivas para paredes.

Anexo 5 Resistencia a la compresión de mampuestos.

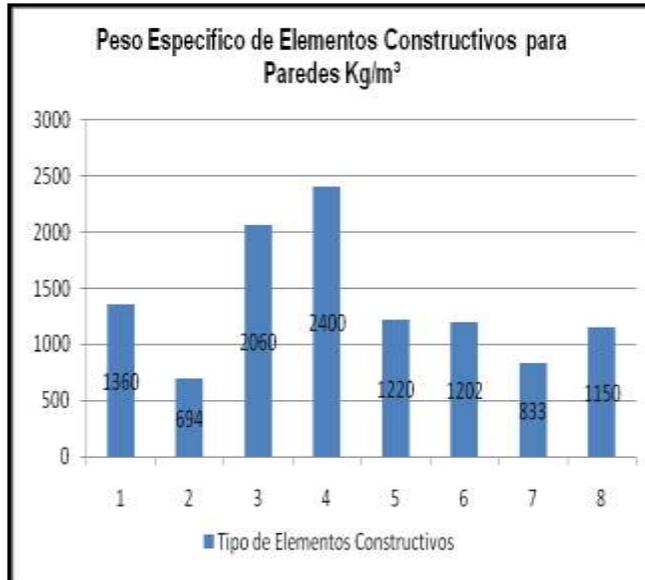
Anexo 6 Absorción de agua en elementos constructivos.

Anexo 7 Pruebas de compresión simple a bloques a 7, 14,28 días.

ANEXOS

ANEXO 1

Peso específico de elementos constructivos para paredes.

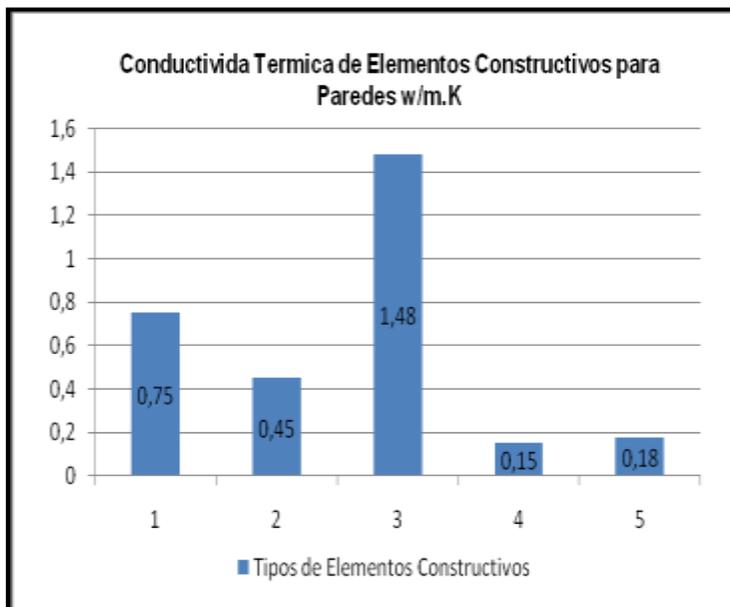


Referencias

- 1.- Ladrillos comunes de tierra cocida
- 2.- Bloques cerámicos huecos no portantes
- 3.- Bloques de hormigón no portantes
- 4.- Placa de hormigón común.
- 5.- Bloques de PET
- 6.- Placa de ladrillos con PET
- 7.- Ladrillos con films plásticos.
- 8.- Ladrillos con PET

ANEXO 2

Conductividad térmica de elementos constructivos para paredes.

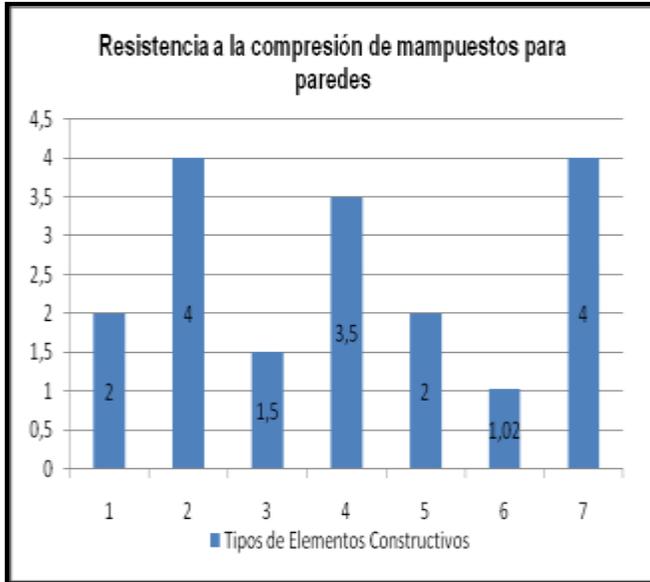


Referencias

- 1.- Ladrillos comunes de tierra cocida
- 2.- Bloques cerámicos huecos
- 3.- Bloques de hormigón no portantes
- 4.- Ladrillos de pet
- 5.- Ladrillos con films plásticos.

ANEXO 3

Resistencia a la compresión de mampuestos para paredes.

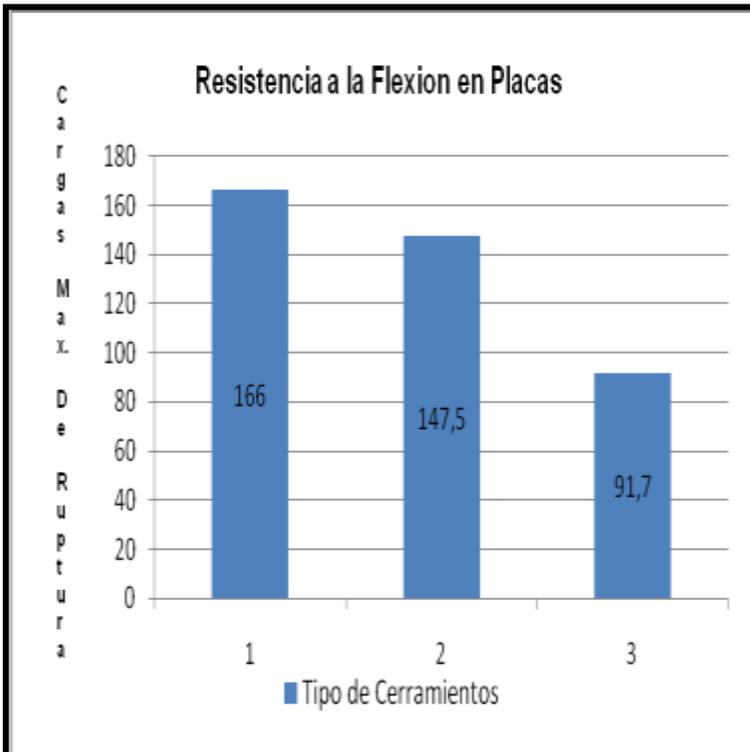


Referencias

- 1.- Bloques no portantes de hormigón.
- 2.- Bloques portantes de hormigón.
- 3.-Ladrillos y bloques cerámicos no portantes
- 4.- Ladrillos y bloques cerámicos portantes
- 5.- Ladrillos con pet.
- 6.- Bloques de pet.
- 7.- Ladrillos comunes de tierra

ANEXO 4

Resistencia a la flexión en placas constructivas para paredes.



REFERENCIAS

- 1: Placa de ladrillos comunes de tierra de 5,6 cm. de espesor.
- 2: Placa de ladrillos de PET de 5,6 cm. de espesor.
- 3: Placa monolítica de PET de 5,6 cm. de espesor.

Fuente: Todos los valores de resistencia mecánica fueron obtenidos en el Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, Rep. Argentina. Se siguieron los lineamientos de la Norma IRAM 11555.

ANEXO 5

Resistencia a la compresión de mampuestos.

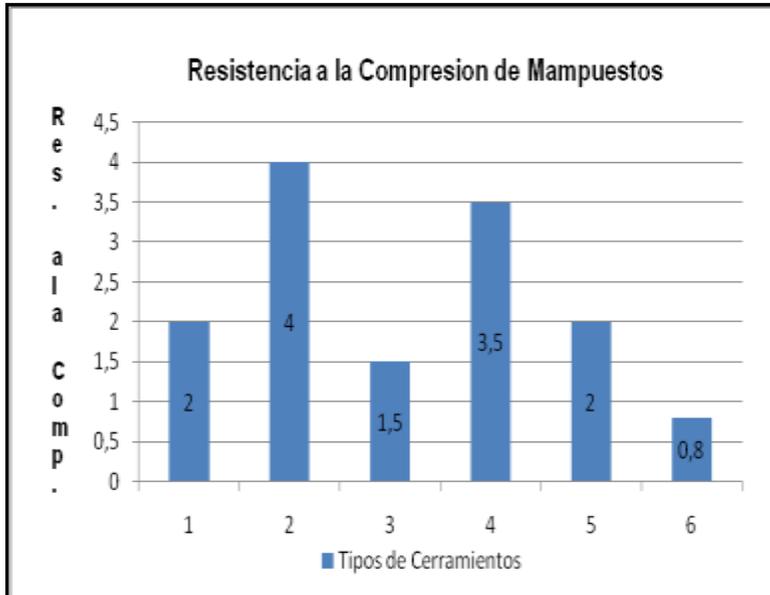


Tabla 5

REFERENCIAS

- 1: Bloques no portantes de hormigón.
- 2: Bloques portantes de hormigón.
- 3: Ladrillos y bloques cerámicos no portantes.
- 4: Ladrillos y bloques cerámicos portantes.
- 5: Ladrillo con PET.
- 6: Ladrillo con papeles plásticos reciclados.

Fuente: el valor correspondiente al ensayo 6 fue obtenido en el Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba. Los valores correspondientes a los ensayos 1 al 5 fueron obtenidos del

ANEXO 6

Absorción de agua en elementos constructivos.

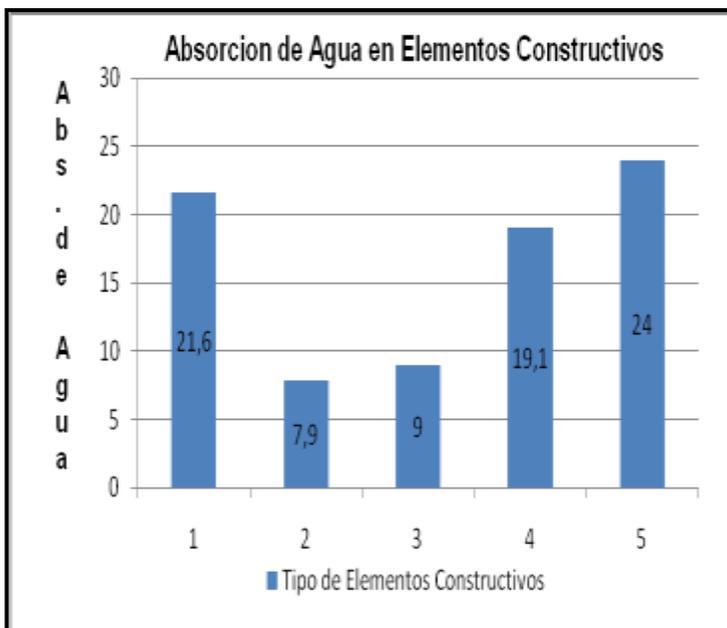


Tabla 6

REFERENCIAS

- 1: Ladrillo común de tierra.
- 2: Bloque común de hormigón (de cemento y arena) no portante.
- 3: Bloque con PET.
- 4: Ladrillo con PET.
- 5: Ladrillo con papeles plásticos.

Fuente: Todos los valores de absorción de agua fueron obtenidos en el Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, Rep. Argentina. Se siguieron los lineamientos de la Norma IRAM 11561.

Soporte de prueba de compresión simple a 7 días.



Fecha de elaboración: 15-Noviembre-2010
 Fecha de ruptura: 22-Noviembre-2010

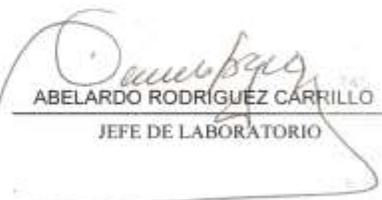
OBRA: Pruebas

Ruptura de Block huecos 2 celdas
 Fabricados con toba Volcánica, cemento y Pet.

Block No.	Peso en Kg.	Medidas Ancho Peralte Largo	Sección Cm ²	Carga Kg.	Resistencia Kg./cm ²
1	8.900	10.0 x 20.0 x 40.0	400	7.500	18.750
2	8.910	10.0 x 20.0 x 40.0	400	7.510	18.775
3	8.900	10.0 x 20.0 x 40.0	400	7.498	18.745

OBSERVACIONES: LOS BLOCKS RUPTURADOS A LA COMPRESIÓN SIMPLE EVOLUCIONARON FAVORABLEMENTE PARA SER UTILIZADOS PARA MUROS CONFORME A SU EDAD DE PRUEBA, A LOS 7 DÍAS. NORMA NMX-C-404-ONNCCE-2005


 ELEAZAR SÁNTAGO CRUZ
 LABORATORISTA


 ABELARDO RODRÍGUEZ CÁRRILLO
 JEFE DE LABORATORIO

Av. López Marín s/n
 Col. Del Valle s. 1150772
 Tel: 011 7831 43765. Fax: 011 7831 43766
 -3110

Soporte de prueba de compresión simple a 14 días



Fecha de elaboración: 15-Noviembre-2010
Fecha de ruptura: 29-Noviembre-2010

OBRA: Pruebas

Ruptura de Block huecos 2 celdas
Fabricados con toba Volcánica, cemento y Pet.

Block No.	Peso en Kg.	Medidas Ancho Peralte Largo	Sección Cm ²	Carga Kg.	Resistencia Kg./cm ²
1	8.930	10.0 x 20.0 x 40.0	400	10.800	27.000
2	8.910	10.2 x 20.0 x 40.0	408	10.750	26.348
3	8.900	10.2 x 20.0 x 40.0	408	10.790	26.446

OBSERVACIONES: LOS BLOCKS RUPTURADOS A LA COMPRESIÓN SIMPLE EVOLUCIONARON FAVORABLEMENTE PARA SER UTILIZADOS PARA MUROS CONFORME A SU EDAD DE PRUEBA A LOS 14 DÍAS. NORMA NMX-C-404-ONNCCE-2005


ELEAZAR SANTAGO CRUZ
LABORATORISTA


ABELARDO RODRIGUEZ CARRILLO
JEFE DE LABORATORIO

Av. López Matos 1000
Col. Del Valle, C.P. 23075
Tel: 011780 41765, Tuxtepec, Oaxaca

Soporte de prueba de compresión simple a 28 días.



Fecha de elaboración: 15-Noviembre-2010
Fecha de ruptura: 13-Noviembre-2010

OBRA: Pruebas

Ruptura de Block huecos 2 celdas
Fabricados con toba Volcánica, cemento y Pet.

Block No.	Peso en Kg.	Medidas			Sección Cm ²	Carga Kg.	Resistencia Kg./cm ²
		Ancho	Peralte	Largo			
1	8.900	10.0	20.0	40.0	400	13.450	33.625
2	8.870	10.0	20.0	40.0	400	13.600	34.000
3	8.890	10.0	20.0	40.0	400	13.510	33.775

OBSERVACIONES: LOS BLOCKS RUPTURADOS A LA COMPRESIÓN SIMPLE CUMPLEN FAVORABLEMENTE PARA SER UTILIZADOS PARA MUROS CONFORME A SU EDAD DE PRUEBA, A LOS 28 DÍAS. NORMA NMX-C-404-ONNCCE-2005


ELEAZAR SANTAGO CRUZ
LABORATORISTA


ABELARDO RODRIGUEZ CARRILLO
JEFE DE LABORATORIO

Av. Lopez Mateos s/n
Col. Del Valle, C.P. 22018
Tel. 01(763) 43765 Tuxtla Gutierrez, Q. Roo.

Normas Oficiales Mexicanas para bloques de concreto, tabiques y tabicones.

CODIGO DE NOM	DESCRIPCION
M.MMP.2.01.001	Muestreo de materiales para mamposterías.
M.MMP.2.01.002	Resistencia a la compresión de materiales para mampostería
M.MMP.2.01.003	Absorción de agua de materiales para mampostería
M.MMP.2.01.004	Esfuerzo de adherencia de materiales para mampostería.
M.MMP.2.02.001	Muestreo de cemento portland.
M.MMP.2.02.004	Resistencia a la compresión del cemento
M.MMP.2.02.039	Muestreo del agua.
CODIGO	Descripción
NOM-C-045-ONNCCE	Magnesio en el agua
NOM-C-041-ONNCCE	Carbonatos y bicarbonatos alcalinos en el agua.
NOM-C-042-ONNCCE	Sulfatos en el agua
NOM-C-043-ONNCCE	Cloruros en el agua

NOM-C-047-ONNCCE	Potencial de hidrogeno (pH) en el agua.
------------------	---

DESCRIPCION	NORMA
Normas Oficiales Mexicanas para los Bloques	NMX-C-404-ONNCCE-2005
Resistencia a la compresión	NMX-C-036
Resistencia a la Absorción	NMX-C-037
Granulometría de agregados pétreos.	Norma M.MMP.2.02.020
Calidad del Cemento Portland	Norma N.CMT.2.01.005
Calidad del Agua para Concreto Hidráulico	Norma N-CMT-2-02-003
Industria de la Construcción – Cementos hidráulicos- Especificaciones y Métodos de Prueba	NMX-C-414-ONNCCE-1999