



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
*Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura*

USO DE PET POST-CONSUMO COMO AGREGADO EN LA FABRICACIÓN DE TABICÓN.  
CON BASE EN LA NORMA NMX-C-404-ONNCE-2012

Trabajo que para optar por el grado de maestra presenta:  
*René Esqueda Torres*

DIRECTOR DE TESIS  
Dr. Daniel Velázquez Vázquez  
Entidad de adscripción: FES Aragón, UNAM

México, D.F. 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



*DIRECTOR DE TESIS*

*Dr. Daniel Velázquez Vázquez*

*SINODALES*

*Mtro. en Ingeniería. Gilberto García Santamaría González*

*Mtro. en Arquitectura. Ernesto Ocampo Ruíz*

*Mtro. en Arquitectura. Javier Velasco Sánchez*

*Mtro. en Arquitectura Humberto Islas Ramos*

*"Puedes diseñar y crear, y construir el lugar más maravilloso del mundo, pero se necesita gente para hacer el sueño realidad"*

*Walt Disney*

## DEDICATORIAS

A mi madre mujer de carácter y decisión, un ejemplo para toda la familia. Sin la cual no estaría pasando por este momento tan importante para mí.

A mi esposo de quien siempre he recibido ayuda y apoyo incondicional. Gracias por la paciencia.

A mis hijos, de quienes sigo aprendiendo otras perspectivas de ver la vida.

A mis hermanos y cuñada de quienes siempre he recibido cariño y apoyo

A todos mis sobrinos, una nueva generación tras diferentes sueños.

*"La familia son la brújula que nos guían. Son la inspiración para llegar a grandes alturas, y nuestro consuelo cuando ocasionalmente fallamos."*

*Brad Henry*

## AGRADECIMIENTOS:

*Agradezco en primer lugar a esta gran institución mi alma máter la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO, de la cual orgullosamente formo parte y que me ha permitido estudiar en las aulas del Posgrado en Arquitectura.*

*Un agradecimiento especial a mi tutor el Doctor Daniel Velázquez Vázquez, quien me brindó su apoyo desde el ingreso a esta maestría así como su confianza para el desarrollo de esta investigación y la revisión profesional que realizó al el documento final.*

*Agradezco también al Ingeniero Ricardo Heras Cruz quién dedico tiempo y paciencia apoyándome en la realización de la parte experimental de esta investigación.*

*Un agradecimiento muy especial al Arquitecto Servando Vázquez por su apoyo con la fabricación de todos los moldes y herramientas para la elaboración de las muestras.*

*Así mismo agradezco el tiempo que la señorita Licenciada en Periodismo América Vázquez Esqueda dedicó a la revisión de este documento.*

*A mis compañeros del Posgrado, con quienes compartí vivencias que forman parte de este ciclo de mi vida, así mismo agradezco a los profesores de quienes recibí en todo momento apoyo y guía para el avance y conclusión de estos estudios.*

*De manera general a todos aquellos que sin saberlo me ayudaron dándome consejos o de quienes tome conocimientos y los apliqué a mi problemática particular.*

INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I. ANTECEDENTES .....	9
1.1 Desarrollo Sostenible .....	12
1.2 Origen y evolución del término Desarrollo sostenible.....	13
1.2.1 Hitos importantes .....	14
1.3 ¿Desarrollo Sostenible o Sustentable?.....	22
1.4 La sostenibilidad y el desarrollo sostenible .....	24
1.5 Arquitectura sustentable, Desarrollo sostenible y Construcción sostenible ...	26
1.5.1 Los efectos de los materiales de construcción sobre el Medio Ambiente .....	27
1.6 México ante el desarrollo sostenible.....	30
1.6.1 Órganos e instituciones comprometidas con la sostenibilidad .....	32
1.6.2 Leyes .....	32

1.6.3 La UNAM y el desarrollo sostenible .....	33
Capítulo II. LOS PLÁSTICOS Y EL PET.....	34
2.1 Origen de los plásticos .....	34
2.2 ¿Qué son los plásticos? .....	35
2.3 Clasificación de los plásticos .....	39
2.4 Plásticos utilizados en la construcción.....	41
2.5 Producción anual de plásticos en el mundo .....	43
2.6 Los plásticos en México.....	44
2.7 PET (Polietilen Tereftalato).....	47
2.8 Análisis del Ciclo de vida (ACV).....	52
2.9 Ciclo de vida del plástico PET.....	57
2.10 Reciclaje de Plásticos PET .....	62
2.11 Uso de los desechos plásticos PET en la construcción.....	66
Capítulo III. MAMPOSTERÍA Y GENERALIDADES DEL TABICÓN .....	75
3.1 Definición de mampostería .....	75



3.2	Materiales de la mampostería .....	76
3.3	Unidades de mampostería .....	77
3.4	Propiedades mecánicas de las unidades de mampostería .....	79
3.5	Origen de los bloques de concreto .....	83
3.6	Usos y características de bloques de concreto .....	84
3.7	Normatividad que debe cumplir el tabicón en México .....	85
3.8	Origen de El ONNCCE .....	86
3.9	Materiales para fabricar tabicón.....	89
3.10	Proceso de fabricación del tabicón .....	96
Capítulo IV.	REALIZACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN SOBRE LAS MUESTRAS DE TABIPET .....	99
4.1	Descripción del procedimiento y sus objetivos .....	99
4.3	Elaboración de las muestras .....	104
4.4	Resultados esperados.....	108

4.5 Ensayes de laboratorio.....	109
4.5.1 Análisis comparativo TABIPET 1 vs Tabicón tradicional.....	110
4.5.2 Ensayo destructivo a flexión .....	111
4.5.3 Ensayo destructivo a compresión NMX-C-306 ONNCE .....	112
4.5.4 Ensayo de absorción de agua a 24 horas NMX-C-037-ONNCE.....	113
4.5.5 Ensayo de absorción máxima inicial de agua NMX-C-037-ONNCE.....	114
Capítulo V. RESULTADOS DE LABORATORIO .....	116
5.1 Generalidades .....	117
5.2 Esfuerzo a compresión .....	118
5.3 Ensayo de absorción de agua .....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
Conclusiones en campo.....	124
Conclusiones en laboratorio .....	125

Conclusión general.....	125
Recomendaciones.....	126
GLOSARIO .....	127
FUENTES DE CONSULTA .....	130
Bibliográficas .....	130
Tesis .....	133
Revistas.....	135
Periódicos.....	135
Fuentes electrónicas.....	136

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
<i>Figura 1.</i> -Mapa conceptual del desarrollo sostenible .....	22
<i>Figura 2.</i> - Desarrollo sostenible aplicado a la construcción. ....	23
<i>Figura 3.</i> -Los tres pilares del desarrollo sostenible .....	24
<i>Figura 4.</i> - <i>Ciclo de vida de los materiales</i> .....	30
<i>Figura 5.</i> - Aportaciones de la UNAM a la sostenibilidad .....	33
<i>Figura 6.</i> - Estructura de los polímeros.....	35
<i>Figura 7.</i> - Un mundo plástico.....	38
<i>Figura 8.</i> - Codificación internacional para los distintos plásticos más comunes. ....	40
<i>Figura 9.</i> - Materiales constructivos plásticos .....	41
<i>Figura 10.</i> - Materiales constructivos fabricados con plástico .....	42
<i>Figura 11.</i> - Residuos de plástico PET .....	46
<i>Figura 12.</i> - El problema ambiental del PET.....	46
<i>Figura 13.</i> - Estructura química del PET.....	47
<i>Figura 14.</i> - Proceso esquemático de la fabricación de una botella por inyección .....	48
<i>Figura 15.</i> - Propiedades mecánicas de algunos termoplásticos.....	49
<i>Figura 16.</i> - Prueba de Izod.....	49
<i>Figura 17.</i> - Datos técnicos del PET.....	50
<i>Figura 18.</i> - <i>Economía circular</i> .....	53
<i>Figura 19.</i> - Proceso de sedimentación del petróleo.....	57
<i>Figura 20.</i> - Extracción del petróleo.....	57

<i>Figura 21.</i> - Industria petroquímica .....	58
<i>Figura 22.</i> - Pellet de plástico .....	58
<i>Figura 23.</i> - Proceso de inyección para generar la preforma .....	59
<i>Figura 24.</i> - Preformas de PET .....	59
<i>Figura 25.</i> - Moldeo por soplado .....	60
<i>Figura 26.</i> - Fabricación industrial de botellas.....	60
<i>Figura 27.</i> - Montañas de PET post-consumo .....	61
<i>Figura 28.</i> - Diversas botellas de PET .....	61
<i>Figura 29.</i> - Tiempo de degradación de los materiales .....	61
<i>Figura 30.</i> - Separación de residuos.....	62
<i>Figura 31.</i> - Clasificación de plásticos .....	63
<i>Figura 32.</i> - Reciclado mecánico .....	63
<i>Figura 33.</i> - Reciclado mecánico .....	64
<i>Figura 34.</i> - Reciclado energético .....	64
<i>Figura 35.</i> - Segundo ciclo de los desechos de PET (propuesta de esta investigación) .....	66
<i>Figura 36.</i> - Construcción a partir de botellas de plástico (casa en Guatemala) .....	67
<i>Figura 37.</i> - Botella rellena de residuos .....	67
<i>Figura 38.</i> - Construcción con madera, PET y mortero.....	68
<i>Figura 39.</i> - Casa construida con botellas PET en Nigeria.....	68
<i>Figura 40.</i> - Taller de autoconstrucción con botellas de plástico en Kajunga, Uganda en 2010. (izquierda). Oficina de la Asociación de.....	69
<i>Figura 41.</i> - Acabado estético con las botellas vistas y construcción de bóveda en Tegucigalpa, Honduras en 2005.....	69
<i>Figura 42.</i> - Cubierta para estacionamiento de botellas .....	70

<i>Figura 43.</i> - EcoARK, construido con 1.5 millones de botellas. ....	70
<i>Figura 44.</i> - Bloques de plásticos reciclado comprimido .....	71
<i>Figura 45.</i> - Diferentes prototipos de bloques, usando PET .....	72
<i>Figura 46.</i> - Mezcla de arena plástica y pétreos convencionales .....	73
<i>Figura 47.</i> - Tabique plástico.....	73
<i>Figura 48.</i> - Placas de panel acústico.....	73
<i>Figura 49.</i> - Bloques para pavimento.....	73
<i>Figura 50.</i> - Reciclado energético y sus productos .....	74
<i>Figura 51.</i> - Poder calórico del plástico comparado con otros materiales .....	74
<i>Figura 52.</i> - Hammurabi, de pie, delante del dios del Sol Shamash .....	76
<b>Figura 53.</b> -Mampostería a base de piedra y de tabique.....	78
<i>Figura 54.</i> – Diferentes acomodos de los tabiques en un muro: doble, al hilo y capuchino. ....	78
<i>Figura 55.</i> - Prueba de flexión.....	79
<i>Figura 56.</i> - Esfuerzo de compresión .....	80
<i>Figura 57.</i> - Relación Esfuerzo-Deformación .....	80
<i>Figura 58.</i> - Resistencia a compresión de diferentes unidades de mampostería, obtenidas por ensaye .....	80
<i>Figura 59.</i> - Ensayes para obtener la resistencia a compresión de la mampostería: Pilas, Murete y Valores indicativos.....	81
<i>Figura 60.</i> - Elemento sometido a cortante.....	82
<i>Figura 61.</i> - Diferentes tipos de bloque de concreto.....	84
<i>Figura 62.</i> - tabicón ligero y pesado .....	84
<i>Figura 63.</i> - Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco .....	86
<i>Figura 64.</i> - El ONNCE .....	86
<i>Figura 65.</i> - Nombres de las partes de un tabicón.....	88

<i>Figura 66.</i> - Proceso de fabricación del cemento .....	90
<i>Figura 67.</i> - Agregados .....	91
<i>Figura 68.</i> - Planta de trituración Presa PH La Yesca (Cortesía CEMEX Concretos .....	92
<i>Figura 69.</i> - Tepojal .....	94
<i>Figura 70.</i> - Tepezil.....	94
<i>Figura 71.</i> - Arena de tezontle negro .....	94
<i>Figura 72.</i> - El agua para concreto .....	95
<i>Figura 73.</i> - Máquina vibrocompactadora tabiconera.....	97
<i>Figura 74.</i> - secado del tabicón .....	97
<i>Figura 75.</i> - Almacenaje del tabicón .....	98
<i>Figura 76.</i> - Prueba a compresión.....	101
<i>Figura 77.</i> - PET sucio triturado .....	103
<i>Figura 78.</i> - Tabicón ( TABIPET).....	108
<b><i>Figura 79.</i> - Resistencia a compresión de diferentes piezas para mampostería.....</b>	<b>118</b>
<i>Figura 80.</i> - Absorción de agua en 24 horas y en 10 minutos .....	121
<i>Figura 81.</i> - Absorción de agua en porcentaje en 24 horas en las 4 muestras elaboradas.....	122
<i>Figura 82.</i> - Absorción inicial en las cuatro muestras elaboradas .....	123

## FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1.</i> - Báscula Artesa, Criba, Cuchara de albañil y Cimbra.....	102
<i>Fotografía 2.</i> - Presentación de PET en hojuela.....	102
<i>Fotografía 3.</i> - Hojuela de PET limpio 3/8" .....	103

<i>Fotografía 4.</i> - Proceso de elaboración de las muestras de TABIPET .....	105
<i>Fotografía 5.</i> - Primera muestra TABIPET 1 y materiales utilizados .....	106
<i>Fotografía 6.</i> - Segunda muestra TABIPET 2 y materiales utilizados .....	106
<i>Fotografía 7.</i> - Tercera muestra TABIPET 3 y materiales utilizados.....	106
<i>Fotografía 8.</i> - Cuarta muestra TABIPET 4 y materiales utilizados .....	107
<i>Fotografía 9.</i> - Partes de las cuatro muestras elaboradas .....	107
<i>Fotografía 10.</i> - Muestra cuatro descimbrada.....	107
<i>Fotografía 11.</i> - Diferencias físicas y pesaje de ambos bloques Tabicón tradicional 1.462.5 Kg. TABIPET 3.139 kg.....	110
<i>Fotografía 12.</i> - Ensayo de prueba de flexión sobre TABIPET. La carga soportada fue de 510 kg .....	111
<i>Fotografía 13.</i> - Prueba de flexión en tabicón tradicional. Carga soportada fue de 100 kg.....	111
<i>Fotografía 14.</i> - Ensayo a compresión en TABIPET .....	112
<i>Fotografía 15</i> Ensayo a compresión en TABIPET .....	112
<i>Fotografía 16.</i> - Fotografía 18 Secado de las muestras en Horno de convección marca CONTROLS.....	113
<i>Fotografía 17.</i> - Pesado de las muestras en estado seco, utilizando balanza OHAUS.....	113
<i>Fotografía 18.</i> - Muestras sumergidas en agua de la red en charola metálica rectangular .....	113
<i>Fotografía 19.</i> - Secado y pesado de las muestras en estado saturado de agua .....	114
<i>Fotografía 20.</i> - Secado de las piezas.....	114
<i>Fotografía 21.</i> - Proceso para obtener el peso de las muestras en estado de absorción de agua durante 10 minutos.....	116
<i>Fotografía 22.</i> - Número de muestras ensayadas .....	117
<i>Fotografía 23.</i> - TABIPET 1 (concreto) .....	119
<i>Fotografía 24.</i> - TABIPET 2 (concreto ligero) .....	119
<i>Fotografía 25.</i> - TABIPET 3 Concreto ligero .....	120
<i>Fotografía 26.</i> - TABIPET 4 Concreto ligero .....	120



## INTRODUCCIÓN

*O cambiamos de valores civilizatorios o la Tierra podrá continuar sin nosotros  
(Claude Lévi Strauss, Obras, 2013)*

El hombre para satisfacer sus necesidades ha entablado con el medio ambiente una relación paradójica, por una parte destruye para sobrevivir (talando y contaminando aire, agua y suelo), y por otro protegiendo y tratando de reproducir a los seres vivos (zonas de reserva de flora y de fauna). Sin embargo las medidas tomadas hasta ahora para lograr un equilibrio o contrarrestar el poder demoledor de la devastación y contaminación de los recursos naturales no es suficiente y de acuerdo a predicciones "catastróficas" de no frenar este proceso, las consecuencias nos llevarán a la inminente probabilidad de destruir la vida planetaria. "Ahora, el hombre constituye de hecho una amenaza para la continuación de la vida en la Tierra". Estas palabras, se encuentran en la introducción que realizó Andrés Sánchez Pascuala a El principio de responsabilidad. (Hans J. 1995).

Los problemas ambientales surgen, en cualquier caso, de una contradicción entre el ritmo de los ciclos biogeoquímicos, y el ritmo de los ciclos de producción humana, para un nivel determinado de desarrollo de las fuerzas productivas, (Foladori y Pierre, 2001, p.11).

Es innegable, que la causa principal del deterioro ambiental lo representa el modelo consumista (Término creado por la antropología social, *sociedad de consumo*, referido al consumo masivo de productos y servicios), que seguimos, especialmente desde la segunda mitad del siglo XX( como consecuencia directa de la lógica interna del capitalismo y la aparición de la mercadotecnia o publicidad ) .El consumismo masivo y descontrolado de ya sean bienes o servicios es una enfermedad de la nueva era y la mayoría de los investigadores están de acuerdo que tiene origen en la propia inseguridad del ser humano.

Las consecuencias de este estilo de vida se manifiestan de maneras diversas: fenómenos como pueden ser el cambio climático, la acentuación del deterioro de la capa de ozono, la aparición de la lluvia ácida, la deforestación o la pérdida de biodiversidad son los más importantes. Sin embargo no debemos caer en el error habitual de atribuir exclusivamente a la industria y a los sistemas de transporte, especialmente al automóvil, el origen principal de la contaminación.

La industria de la construcción es en gran medida también culpable puesto que para desarrollar su actividad consume una gran cantidad de recursos naturales como son: madera, minerales, agua y energía. Asimismo, los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que se producen en los mismos o por el impacto sobre el territorio, así como por el consumo de energía y agua elementos necesarios para su funcionamiento. No se pueden olvidar los costos ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.) como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertedores. La construcción y el derribo de los edificios originan una gran cantidad de residuos.

El reciclaje y reúso de los materiales provenientes de demolición, así como los residuos originados en la construcción, es una solución que puede parcialmente aminorar el importante impacto ambiental que tiene su origen en el vertido y la incineración.

Por otro lado se debe también considerar que en los procesos que implican cambios, deben incluirse a todos los actores involucrados, por lo que la concientización de la sociedad con respecto a esta problemática será de vital importancia, debido a que esta sociedad genera residuos de manera despreocupada y no quiere saber nada acerca de su gestión final ni tenerlos cerca (síndrome NIMBY), del acrónimo inglés “not in my backyard” (no en mi patio trasero). "Progreso sí, pero a costa del vecino"(Seoáñez C. 2000, p.22. ).

La sociedad de consumo genera una gran cantidad de desechos. Estos residuos a su vez no son manejados correctamente y entran en contacto directo o indirecto con el hombre y los diferentes ecosistemas en distintas etapas de su ciclo de vida contaminándolos. Entre estos residuos destacan por su importancia dañina al medioambiente **los plásticos**. Un inconveniente añadido es la existencia de una gran variedad de tipos de plásticos con propiedades y composición química muy diferentes, así como la incorporación de cargas tanto orgánicas como inorgánicas para mejorar alguna de sus propiedades.

Los problemas del planeta son muchos y muy complejos y la contaminación ambiental sólo refleja una mínima parte de ellos. Para encontrar soluciones es necesario fraccionar la realidad y hacer aportaciones que den solución a cada una de estas fracciones, en aras de proporcionar una mejor calidad de vida a la sociedad. La problemática ambiental es necesario analizarla desde la perspectiva de diferentes disciplinas abordando los ámbitos sociales, económicos y ecológicos.

Este trabajo tiene su origen en la convicción de que el arquitecto no puede sustraerse de la problemática ambiental existente y la propuesta o elección de materiales para construcción debe tener una tendencia hacia la *arquitectura ambientalmente consciente*.

Los arquitectos no podemos estar como espectadores ante los grandes problemas de la humanidad, que son problemas de supervivencia. La crisis de energía, la conservación del agua y la eliminación de residuos sólidos ya sean industriales o domésticos son también problemas de los arquitectos. Igualmente el adelgazamiento de la capa de ozono, el calentamiento de la tierra, la toxicidad de la atmósfera, la contaminación de los ríos y cuerpos de agua son temas que el arquitecto tiene obligación de conocer y plantear soluciones desde la perspectiva de su oficio. (Deffis A. 1999, p.7)

Desde el campo de la arquitectura surge esta investigación cuyo principal objetivo es disminuir el deterioro ecológico que los plásticos provocan en el entorno, transformándolos a través del reciclaje, lo que permitirá que un problema ambiental se convierta en un recurso de materia prima, utilizándolos como parte de un material

constructivo, el plástico utilizado será PET (polietileno tereftalato), esta selección se basa en la cantidad existente en el ambiente, en su factibilidad de reciclaje y en las propiedades mecánicas del material.

Los plásticos son altamente contaminantes como resultado de que su proceso de degradación es tan largo que los investigadores de este tema no se ponen de acuerdo en este periodo y algunos lo mencionan como 50, 100 y hasta 500 años y otros simplemente lo llaman “indestructible”, esto como producto de una compleja estructura química de estos materiales producidos por la industria petroquímica. Por consiguiente la única manera de equilibrar su existencia es reciclándolos, a una escala considerable con relación a su producción.

Meléndez (2011) menciona: “En la medida en que el crecimiento económico implica utilizar cantidades considerables de materia y de energía, esto supone la creación de más residuos. La única forma de interrumpir parcialmente este proceso es el reciclaje” (p.38).

De no darles un uso a estos materiales plásticos se convertirán en un gran problema para la atmósfera, de ahí que desde la perspectiva de diferentes disciplinas se estén buscando soluciones, y la construcción dado su alto grado de contaminación debe dar alternativas sostenibles.

Se hace la propuesta del diseño de un prototipo de tabicón, a partir del uso del material compuesto cemento – agregados - plástico, para construir muros, con características mecánicas y físicas similares a los materiales tradicionales que se utilizan para este fin en el Distrito Federal (tabique de barro macizo, hueco, tabicón. etc.) con el propósito de favorecer el cuidado del medio ambiente.

Este proyecto tiene un enfoque tecnológico, puesto que se hará uso de un conjunto de conocimientos y pruebas experimentales, con la finalidad de crear un objeto que modificará el impacto negativo que los plásticos provocan en el D.F. Así mismo pretende alcanzar la sostenibilidad (entendiéndola en el contexto de mejorar la

calidad de vida de la población), bajo la premisa de que el beneficio predominante será de tipo social, dejando en un segundo plano a lo económico, basándose en *la corriente humanista crítica*, (ver capítulo I Antecedentes).

El problema ambiental, frecuentemente es invisible al ojo humano, trabaja lento, silenciosamente y sin dramatismos, cuando es diagnosticada a menudo requiere acciones que entran en conflicto con valores sociales, estilos de vida arraigados y principalmente sistemas económicos <sup>1</sup>.

El tema del reciclaje no es nuevo, sin embargo poco se ha hecho al respecto, como resultado del predominio de los intereses económicos de la industria sobre los de la sociedad, lo que nos da como resultado la gran contaminación actual a nivel global.

Los daños al medio ambiente y la destrucción de la naturaleza causada por la industria, con sus diversos efectos sobre la salud y la convivencia de los seres humanos (que sólo surgen en las sociedades muy desarrolladas), se caracterizan por una pérdida del pensamiento social. A esta pérdida se añade lo grotesco: esa ausencia no le llama la atención a nadie, ni siquiera a los sociólogos. (Beck U. 2006, p.77).

Existen antecedentes nacionales e internacionales de la utilización de plásticos reciclados en diferentes elementos constructivos. ***La aportación de este trabajo consistirá en el diseño del prototipo, desarrollo del material y la evaluación de sus propiedades como: Densidad, Peso, Absorción de agua, y Resistencia mecánica. Estos procedimientos se llevarán a cabo en los laboratorios de ingeniería que para tal finalidad se tienen en la UNAM, específicamente en la Facultad de Estudios Superiores Aragón. (FES Aragón). Este estudio será complementando con la investigación arrojada en las empresas dedicadas al reciclaje y a la producción de tabiques de otros materiales. Y finalmente se estudiarán las mezclas adecuadas, para darle las características requeridas.***

---

<sup>1</sup> R .Disch The Ecological Conscience ( citado por Jorge Riechman en Un mundo vulnerable 2000, p. 77)

Los objetivos serán los siguientes:

General:

Encontrar la mezcla adecuada de concreto que integre al PET triturado, para fabricar un tabicón que cumpla con la norma NMX-C-404-ONNCE 2012.

Específicos:

- Conocer los antecedentes del tabicón e investigar los materiales que lo conforman.
- Conocer el procedimiento de fabricación del tabicón.
- Investigar las condiciones de venta del PET en el mercado y encontrar el adecuado.
- Desarrollar la formulación de la mezcla para la fabricación del tabicón.
- Elaborar las muestras y observar su comportamiento a partir de las proporciones de la mezcla durante el colado y curado.
- Hacer un análisis comparativo de las muestras obtenidas con el material comercial en cuanto al aspecto físico, dimensiones y peso.
- Realizar en el laboratorio las pruebas de resistencia a compresión y absorción de agua en las muestras.

Algo importante de considerar es que no existe peligro para la salud humana por el uso de materiales de construcción con PET reciclado, así lo demuestran diversos estudios químicos, dado que este tipo de plástico es utilizado incluso para contener productos alimenticios, además las partículas de este material quedan recubiertas por la pasta de cemento, asimismo se hace la propuesta de que la superficie de los tabicones una vez construido el muro reciban un recubrimiento a base de un aplanado de mortero cemento-arena, elaborado con materiales pétreos convencionales. Y aun el **tabipet** (nombre asignado al material producto de esta investigación) al descubierto no implica un riesgo.

La investigación se desarrollará basándose en el método científico, puesto que permite observar un fenómeno interesante y explicar lo observado; está compuesta por una serie de etapas que deben seguirse en forma ordenada y rigurosa (Sampieri H. 2003.p.107). Además es una investigación aplicada puesto que pretende resolver un problema práctico y tiene un enfoque cuantitativo dado que utilizará la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis. **Así mismo es una investigación experimental dado que se van a manejar variables experimentales para observar qué sucede con el producto creado en situaciones controladas**,(Loc.cit). Además es un método analítico. Gutiérrez S. (1990) lo define como aquel que “distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de sus elementos por separado” (p.133).

La hipótesis planteada es que el **tabipet** (tabicón elaborado con cemento-pet triturado-agregados-agua), tiene las características mecánicas requeridas por la normatividad mexicana, para construir con él muros de carga o divisorios.

Acercas de la viabilidad de fabricación del material (tabipet), sería importante redimensionar el problema así como sus vías de solución, cuestionándonos acerca de cuál es el camino que debería seguir la política ambiental de nuestro país, en la cual se debería medir la importancia que el medio ambiente tiene para la sociedad y en consecuencia su disponibilidad para pagar por él. “En este sentido, la valoración económica busca ponderar los costos y beneficios ambientales de manera que se pueda determinar la variación del bienestar de la población ante modificaciones que ocurran en el entorno.” (González, A. párrafo 2).

Además una empresa dedicada al reciclaje y al fomento de una cultura a favor del reciclaje es conocida como una empresa “verde” o ecológica, puesto que se ahorran recursos naturales y se reduce la contaminación. Al crear nuevos productos a partir de materiales reciclados se evita la contaminación del aire y agua.

El documento quedará estructurado de la siguiente manera: Índice de trabajo, introducción, y cinco capítulos, que contienen la temática mencionada a continuación.

En el primer capítulo se describen los antecedentes históricos y las consideraciones teóricas, que permiten dimensionar al problema en su situación actual a partir de su desarrollo histórico desde que se planteó la alarma inicial. En el segundo capítulo se habla del origen, clasificación, ciclo de vida, consumo en el mundo, estructura química y aplicación en la construcción del material a transformar, el plástico y específicamente del tipo PET, tanto en forma de reúso como en reciclaje. En el tercer capítulo se habla de las características de la mampostería y de los diferentes materiales que la conforman ubicando al tabicón como parte de ella., abordándose ya específicamente las propiedades físicas y mecánicas del tabicón así como su proceso de fabricación.

En el cuarto y quinto capítulos se encuentra la esencia del proyecto.

En el cuarto capítulo se describe el procedimiento y herramientas utilizadas para elaborar las muestras de TABIPET, diseñando diversas proporciones entre cemento – agregado – PET. Así mismo se muestra el proceso para realizar la experimentación con los ensayos de laboratorio requeridos por la normatividad ONNCCE, con el objetivo de establecer las propiedades físicas y de resistencia mecánica ante diferentes factores de las muestras realizadas. En el quinto capítulo se describen y tabulan los resultados obtenidos en laboratorio. Además se hacen conclusiones acerca de la factibilidad de uso del material que cumple con la normatividad requerida, así mismo se hacen recomendaciones de posibles investigaciones que se desprendan de esta investigación.

Finalmente en el documento se encuentra el glosario y las fuentes de consulta, las cuales están clasificadas en: Bibliográficas, Tesis, Revistas, Periódicos y Fuentes electrónicas.



## Capítulo I. ANTECEDENTES

*El hombre difícilmente puede reconocer los daños de su propia obra.  
(Albert Schweitzer, Carson R. 1960, p.6)*

El ser humano ha provocado problemas ambientales desde su origen, desde las sociedades más primitivas. “Por ejemplo la destrucción de la mega fauna es sólo la manifestación más visible de las transformaciones que, desde los homínidos antecesores del *Homo sapiens*, se venían causando a los ecosistemas” (Foladori y Pierrri 2001, p. 10). Por lo que no se requiere ser una sociedad muy desarrollada para provocar un impacto negativo en el medio ambiente a través de la depredación y contaminación. Lo importante para el medio ambiente no es el uso de los recursos naturales ni la generación de residuos, eso es algo inherente a la sociedad no puede detenerse, es inevitable. El riesgo surge cuando esos recursos son utilizados a un ritmo mayor al de la naturaleza por reproducirlos (en unos casos) y degradarlos (en otros). Con el desarrollo del capitalismo a raíz de la Revolución Industrial, la relación del ser humano con la naturaleza sufrió modificaciones significativas en su ritmo, amplitud, nivel, profundidad y grado de conciencia.

El escritor alemán Hoimar Von Ditfurth escribió que está convencido de que la humanidad va a extinguirse. Una especie que trata su espacio vital con la destrucción que nos caracteriza prueba con ello que no es capaz de sobrevivir en ella. De manera análoga, el físico atómico Leo Szilard escribió en los años sesenta que la probabilidad de que la humanidad no sobreviviese era de 85 por ciento y solo del 15 por ciento de que lograra sobrevivir. Pero que él iba a hacer todo lo posible por aprovechar ese margen que aún quedaba (Riechman J. 2000.p 57)

Así mismo se gesta una modificación en la *conciencia hegemónica*. La ideología dominante, que durante casi dos siglos de capitalismo no prestó mayor atención a los efectos degradantes de la acción humana sobre el medio ambiente, comenzó a preocuparse explícitamente. Algunos de los recursos naturales para el proceso productivo parecían agotarse, y la contaminación de cauces de agua y el aire de las ciudades generaba resultados perjudiciales para la salud humana y de gran costo económico. Al concepto de desarrollo, que pareció ser

suficiente hasta la década de los cincuenta, hubo que agregarle el adjetivo *sostenible*, para considerar la necesidad de un *desarrollo sostenible*, o sea, un desarrollo permanente.

La identidad del hombre moderno radica en la idea de que hay una percepción mayor de que el mundo se encuentra al borde de una catástrofe mundial. Diferentes daños como los accidentes petroleros, los peligros nucleares, así como los desastres naturales, terremotos y huracanes consecutivos en diferentes lugares del mundo han dado la visión de una mayor vulnerabilidad del hombre frente a accidentes o fenómenos de tipo natural. De esta forma, el riesgo se percibe como generalizante porque alcanza a todo tipo de sociedades (Mercado y Ruiz 2006, p.202).

Es importante considerar que los límites de los recursos naturales (petróleo, madera, minerales, biodiversidad, etc.) indican que el actual modo de vida que tenemos es insostenible. El consumo en constante expansión somete a tensión al medio ambiente, con emisiones y derroches que contaminan la tierra y destruyen los ecosistemas. Se produce un agotamiento y la degradación en aumento de los recursos: la quema de combustibles fósiles se ha casi quintuplicado desde 1950; el consumo de agua dulce se ha casi duplicado desde 1960; la captura marina se ha cuadruplicado; el consumo de madera es ahora 40% superior a lo que era hace 25 años. Entre 1960 y 1998 mientras la población mundial se ha duplicado, las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha multiplicado por tres, el consumo de fertilizantes por cinco y la producción de energía por seis. Además, este nivel de consumo no repercute sólo en la naturaleza, sino también en la mayor parte de las personas de este planeta, puesto que sufren directamente los efectos de este irracional modelo de vida.

De continuar con este ritmo de destrucción, la problemática generada llegará a un punto imposible de controlar.

Consecuencias ambientales de los modos de vida y consumo:

- Aumento del efecto invernadero.
- El agujero de la capa de ozono.
- La lluvia ácida.
- Contaminación de aguas y suelo.
- Contaminación del aire.
- Deforestación.
- Erosión-desertificación del suelo.
- Agotamiento de los recursos naturales
- Productos químicos
- Pérdida de biodiversidad y de espacios naturales
- Medio ambiente urbano
- **Producción de residuos:** dentro de estos residuos se encuentran **los plásticos**

Los objetos de plástico son un ejemplo de muchos de los productos creados a partir del petróleo. Este material permite a las empresas abaratar enormemente los costos de producción mediante salarios muy bajos, la ausencia de normativas de protección al trabajador o al medio ambiente, y costos más bajos de energía y materias primas. Los desechos plásticos industriales y domésticos provocan la contaminación de suelo, agua y aire. La repercusión para el medio natural de la actividad industrial de producción de plásticos es muy negativa. Esto se debe a que la normativa ambiental o bien no está regulada, o se incumple impunemente.

Es innegable que necesitamos cambiar el rumbo, y cada día que se aplaza ese cambio las condiciones para realizarlo empeoran. La gran interrogante es: ¿hará falta una catástrofe para impulsar las transformaciones necesarias? , ¿Será demasiado tarde cuando intentemos por fin reaccionar?. Este mundo es nuestro, sin embargo ¿tenemos derecho a destruirlo?

## 1.1 Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible que se divulgó en todo el mundo fue el anotado en el libro “Nuestro Futuro Común”, (nombre original del Informe Brundtland), (Brundtland, G. 1987), este fue el primer intento de eliminar la confrontación entre desarrollo y sostenibilidad.

Presentado en 1987 por la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, encabezada por la doctora noruega Gro Harlem Brundtland; trabajó analizando la situación del mundo en ese momento y demostró que el camino que la sociedad global había tomado estaba destruyendo el ambiente por un lado y dejando a cada vez más gente en la pobreza y la vulnerabilidad.

El propósito de este informe fue encontrar medios prácticos para revertir los problemas ambientales y de desarrollo mundial, y para lograrlo destinaron tres años a audiencias públicas y recibieron más de 500 comentarios escritos, que fueron analizados por científicos y políticos provenientes de 21 países y distintas ideologías. Como indica el libro, el trabajo de tantas personas con historia y culturas diferentes hizo que fuera necesario fortalecer el diálogo, por lo cual el resultado es más de lo que cualquiera de ellos hubiera conseguido individualmente. Dicho documento postuló principalmente que la protección ambiental había dejado de ser una tarea nacional o regional para convertirse en un problema global. Todo el planeta debía trabajar para revertir la degradación actual. También señaló que debíamos dejar de ver al desarrollo y al ambiente como si fueran cuestiones separadas.

El informe dice que ambos son “inseparables”. Por último señala que el desarrollo dejaba de ser un problema exclusivo de los países que no lo tenían. Ya no se trataba de que los “pobres” siguieran el camino de los “ricos”. Como la degradación ambiental es consecuencia tanto de la pobreza como de la industrialización, ambos debían buscar un nuevo camino. La importancia de este documento no sólo reside en el hecho de lanzar el concepto de desarrollo sostenible (o desarrollo sustentable), definido como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”, (Desarrollo sostenible, 2006), sino que

este fue incorporado a todos los programas de la ONU y sirvió de eje, por ejemplo, a la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992.

El paradigma desarrollo sostenible surge como respuesta a un modelo de desarrollo social, técnico y económico que puede calificarse como insostenible, el cual rige hasta nuestros días en el planeta, dañando al medio ambiente, y por tanto, a la calidad de vida de la población que invariablemente parece prevalecer, hoy más que nunca, en la búsqueda del crecimiento económico.

## **1.2 Origen y evolución del término Desarrollo sostenible**

Podría decirse que el movimiento ecologista inició hace 150 años cuando algunos investigadores, políticos y pensadores como Marx y Engels (ECO PORTAL –NET. 2011), enviaron señales acerca de la necesidad de buscar un equilibrio entre el crecimiento de la industria, la población y la conservación del medio ambiente. Esto sucedió posteriormente a que se pusiera de manifiesto la trascendencia de la Revolución Industrial.

### Etapas de la Revolución Industrial

La Revolución industrial estuvo dividida en dos etapas: la primera del año 1750 hasta 1840, y la segunda de 1880 hasta 1914. Todos estos cambios trajeron consigo consecuencias como:

- Demográficas: Traspaso de la población del campo a la ciudad (éxodo rural) — Migraciones internacionales — Crecimiento sostenido de la población — Grandes diferencias entre los pueblos — Independencia económica.
- Económicas: Producción en serie — Desarrollo del capitalismo — Aparición de las grandes empresas (Sistema fabril) — Intercambios desiguales.
- Sociales: Nace el proletariado — Nace la Cuestión social.
- Ambientales: Deterioro del ambiente y degradación del paisaje — Explotación irracional de la tierra.

Tras la Segunda Guerra Mundial, el comienzo de la era nuclear trajo consigo el temor a un nuevo tipo de contaminación procedente de la radiación mortal. El movimiento ecologista fue ganando velocidad en 1962 con la publicación del libro de Rachel Carson *Primavera silenciosa*, que advertía acerca del uso agrícola de plaguicidas sintéticos. La científica y escritora Sra. Carson, subrayó la necesidad de respetar el ecosistema en el que vivimos con el fin de proteger tanto la salud humana como el medio ambiente (Global Issues. Medio ambiente).

Sin embargo, para que en el debate político se haya producido una crítica real al modelo de desarrollo, ha sido necesario primero que se cumplan algunas de las predicciones más pesimistas, y segundo que los países industrializados sufrieran una aguda crisis financiera y social durante la década de los setentas, debida en gran parte a la escasez de un recurso natural, el petróleo.

### **1.2.1 Hitos importantes**

Los hitos en la historia de la ONU con relación al desarrollo sostenible ( Terra. 13 de junio de 2012), son sucesos que han condicionado de forma notable la política Internacional y han dado el impulso imprescindible para que se inicie el proceso de cambio hacia un nuevo modelo de desarrollo.

**1968** Creación del Club de Roma, que reúne personalidades que ocupan puestos relativamente importantes en sus respectivos países y que busca la promoción de un crecimiento económico estable y sostenible de la humanidad. El Club de Roma tiene, entre sus miembros a importantes científicos (algunos premios Nobel), economistas, políticos, jefes de estado, e incluso asociaciones internacionales.

**1971** Crisis energética o del petróleo. El aumento del precio unido a la gran dependencia que tenía el mundo industrializado del petróleo, provocó un fuerte efecto inflacionista y una reducción de la actividad económica de los países afectados. Estos países respondieron con una serie de medidas permanentes para frenar su dependencia exterior.

**1972** Informe del Club de Roma (Límites del Crecimiento). En este informe se presentan los resultados de las simulaciones por ordenador de la evolución de la población humana sobre la base de la explotación de los recursos naturales, con proyecciones hasta el año 2100. Demuestra que debido a la búsqueda del crecimiento económico durante el siglo XXI se produce una drástica reducción de la población a causa de la contaminación, la pérdida de tierras cultivables y la escasez de recursos energéticos.

**1972** Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente), Estocolmo. Es la primera Cumbre de la Tierra. Se manifiesta por primera vez a nivel mundial la preocupación por la problemática ambiental global.

**1980** La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) publicó un informe *titulado Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales*, donde se identifican los principales elementos en la destrucción del hábitat: pobreza, presión poblacional, inequidad social y términos de intercambio del comercio.

Inicio de los 80s el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) introduce por primera vez el concepto de Producción limpia, abogando por la prevención de la contaminación, en lugar del control de la contaminación.

**1984** Primera reunión de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, creada por la Asamblea General de la ONU en 1983, para establecer una *agenda global para el cambio*.

**1987** Informe Brundtland. *Nuestro Futuro Común*, elaborado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el que, se formaliza por primera vez el concepto de desarrollo sostenible.

**1990** Formación del Bussines Council an Sustainable Development (Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible), para participar en la Cumbre de Río de Janeiro en 1992.

**1992** Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro; aquí se elaboraron los documentos denominados Declaración de Río y Agenda.

21, se aprueban el Convenio sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Declaración de Río) y la Declaración de Principios Relativos a los Bosques. Se empieza a dar amplia publicidad del término *desarrollo sostenible* al público en general. Se modifica la definición original del *Informe Brundtland*, centrada en la preservación del medio ambiente y el consumo prudente de los recursos naturales no renovables, hacia la idea de "tres pilares" que deben conciliarse en una perspectiva de **desarrollo sostenible**: el progreso económico, la justicia social y la preservación del medio ambiente.

**1997** Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Kioto, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el cual entra en vigor en 2005.

**2000** Lanzamiento de la Carta de la Tierra.

**2000** Tercera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles. La Declaración de Hannover de los líderes municipales en el umbral del siglo XXI.

**2001** Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la Unión Europea. *Medio ambiente 2010: el futuro en nuestras manos*. Definir las prioridades y objetivos de la política medioambiental de la Comunidad hasta y después de 2010 y detallar las medidas a adoptar para contribuir a la aplicación de la estrategia de la Unión Europea en materia de desarrollo sostenible.

**2002** Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible ("Río+10", Cumbre de Johannesburgo), en Johannesburgo, donde se reafirmó el desarrollo sostenible como el elemento central de la Agenda Internacional y se dio un nuevo ímpetu a la acción global para la lucha contra la pobreza y la protección del medio ambiente. Se reunieron más de un centenar de jefes de Estado, varias decenas de miles de representantes de gobiernos, organizaciones no



gubernamentales e importantes empresas para ratificar un tratado de adoptar una posición relativa a la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

**2004** La séptima reunión ministerial de la Conferencia sobre la Diversidad Biológica concluyó con la Declaración de Kuala Lumpur, que ha creado descontento entre las naciones pobres y que no satisface por completo a las ricas. La Declaración de Kuala Lumpur deja gran insatisfacción entre los países. Según algunas delegaciones, el texto final no establece un compromiso claro por parte de los estados industrializados para financiar los planes de conservación de la biodiversidad.

**2004** Ciudades y Gobiernos Locales Unidos aprueba una Agenda 21 de la cultura que relaciona los principios del desarrollo sostenible de la Agenda 21 con las políticas culturales.

**2004** Conferencia Aalborg + 10 - *Inspiración para el futuro*. Llamado a todos los gobiernos locales y regionales europeos para que se unan en la firma de los Compromisos de Aalborg y para que formen parte de la Campaña Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles.

**2005** Entrada en vigor del Protocolo de Kioto sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

**2006** Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre una Estrategia temática para el medio ambiente urbano. Es una de las siete estrategias del Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente de la Unión Europea, elaborada con el objetivo de contribuir a una mejor calidad de vida mediante un enfoque integrado centrado en las zonas urbanas, y de hacer posible un alto nivel de calidad de vida y bienestar social para los ciudadanos, proporcionando un medio ambiente en el que los niveles de contaminación no tengan efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente, fomentando un desarrollo urbano sostenible.

**2007** Cumbre de Bali que busca redefinir el Protocolo de Kioto y adecuarlo a las nuevas necesidades respecto al cambio climático. En esta cumbre intervienen los Ministros de Medio Ambiente de la mayoría de los países del

mundo, aunque Estados Unidos de Norteamérica y China (principales emisores y contaminantes del planeta) se niegan a suscribir compromisos.

**2012** (junio) Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible “Río + 20” Las conversaciones oficiales se centraron en dos temas principales: cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible.

El futuro que queremos: documento final aprobado en Río+20(El futuro que queremos 25 de junio de 2012, párrafo 3). Señala lo siguiente: “Reconocemos que es necesario incorporar aún más el desarrollo sostenible en todos los niveles, integrando sus aspectos económicos, sociales y ambientales y reconociendo los vínculos que existen entre ellos, con el fin de lograr el desarrollo sostenible en todas sus dimensiones”.

El evento que detono la alarma e inicio el proceso de concientización y reconocimiento del problema global fue la Conferencia de **Estocolmo**:

Fue un hito cuya Declaración final contiene 19 principios que representan un manifiesto medioambiental . El trabajo de base para el nuevo programa ambiental del sistema de las Naciones Unidas residió en afrontar la necesidad de ofrecer a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio humano.

La Organización de las Naciones Unidas (1972) en su párrafo 6, señala: Hemos llegado a un momento en la historia en que debemos orientar nuestros actos en todo el mundo atendiendo con mayor cuidado a las consecuencias que puedan tener para el medio. Por ignorancia o indiferencia podemos causar daños inmensos e irreparables al medio terráqueo del que dependen nuestra vida y nuestro bienestar. Por el contrario, con un conocimiento más profundo y una acción más prudente, podemos conseguir para nosotros y para nuestra posteridad unas condiciones de vida mejores en un medio más en concordancia con las necesidades y aspiraciones del hombre.

Así mismo en esta conferencia (Organización de las Naciones Unidas, 1972) se declaraba que: “La defensa y el mejoramiento del medio humano para las generaciones presentes y futuras se ha convertido en meta imperiosa de la humanidad”.

### **Conferencia de Estocolmo**

En junio de 1972 en la conferencia de Las Naciones Unidas, por primera vez a nivel mundial se pone de manifiesto la preocupación por la problemática ambiental del planeta con el informe del Club de Roma “Los límites del crecimiento”. A raíz de esta conferencia surge La Declaración de Estocolmo, la cual introduce por primera vez en la agenda política internacional la dimensión ambiental como condicionadora y limitadora del modelo tradicional de crecimiento económico y del uso de los recursos naturales.

El mayor logro de la Conferencia fue que todos los participantes aceptaran una visión ecológica del mundo, en la que se reconocía, entre otras cosas, que "... el hombre es a la vez obra y artífice del medio que lo rodea, con una acción sobre el mismo que se ha acrecentado gracias a la rápida aceleración de la ciencia y de la tecnología, hasta el punto que los dos aspectos del medio humano, el natural y el artificial, son esenciales para su bienestar". Partiendo de posturas muy diferentes sobre la cuestión ambiental en esta conferencia, se reconocen tres grandes corrientes en disputa que, independientemente de sus matices y evolución, se manifiestan a lo largo del debate ambientalistas. (Foladori G. y Pierri N. 2001 p.28).

**1.-La corriente ecologista conservacionista o sustentabilidad fuerte**, que tiene raíces en el conservacionismo naturalista del siglo XIX, y en las ideas ecocentristas de Leopold (1949) de promover una “estética de la conservación” y una “ética de la Tierra” o “bioética”; contemporáneamente, tiene una importante referencia filosófico-política en la *ecología profunda*, cuya formulación principal la hizo Arne Naess (1973), quien tomó cuerpo en la discusión ambiental y poblacional cero, siendo la justificación teórica más clara dada por la *economía ecológica*, principalmente a través de su “fundador”, el economista norteamericano Herman Daly.

**2.- El *ambientalismo moderado o sustentabilidad débil***, que es antropocéntrico y desarrollista, pero acepta la existencia de ciertos límites que impone la naturaleza a la economía, lo que la separa del optimismo tecnocrático cornucopiano expresado por la economía neoclásica tradicional. Se expresa, teóricamente, en la llamada *economía ambiental*, que es neoclásica, pero keynesiana (Pearce *et al.*, 1993; Pearce y Turner, 1995), y políticamente en la propuesta hegemónica del desarrollo sustentable con crecimiento económico y márgenes de conservación, cuyos voceros más destacados son los organismos internacionales en la materia.

**3.- La *corriente humanista crítica***, alternativa a las anteriores, que con raíces en las ideas y movimientos anarquistas y socialistas, se coloca del lado de los países y sectores pobres y subordinados. Esta corriente se expresa en los años setenta en la propuesta tercermundista de *ecodesarrollo* y, más adelante, asumiendo el objetivo del desarrollo sustentable que entiende que su construcción efectiva requiere un cambio social radical, centrado en atender las necesidades y la calidad de vida de las mayorías, con un uso responsable de los recursos naturales.

Estudios más profundos, analizan la obra desde todos los puntos de vista: social, económico y ambiental; para superar el desmedido crecimiento insostenible. Existen dos subcorrientes importantes: la anarquista y la marxista.

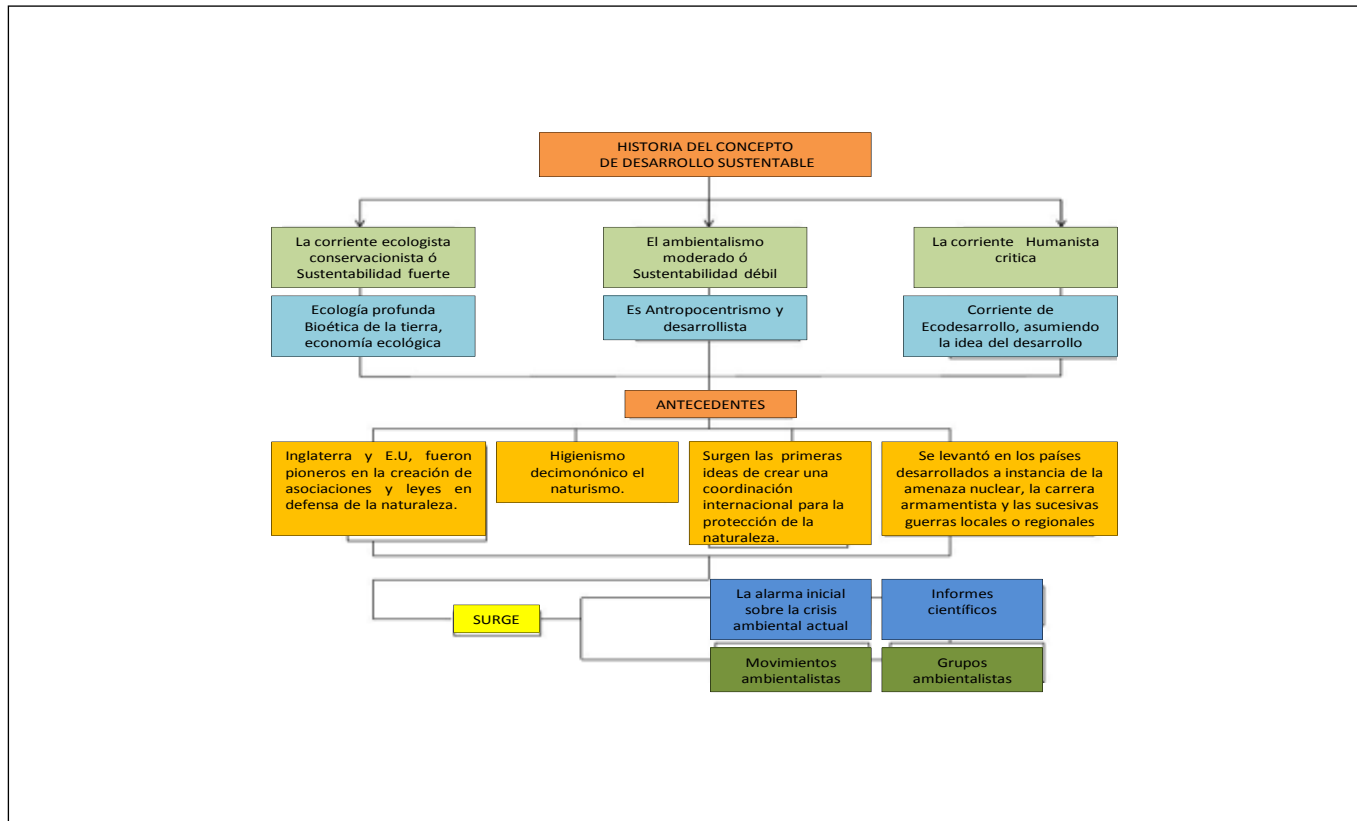
La subcorriente anarquista pertenece a la tradición comunitaria de esta ideología, siendo la heredera más clara de las ideas setentistas del *ecodesarrollo*. Su propuesta política está volcada a promover una “sociedad ecológica” mediante la expansión de la vida y los valores comunitarios, que disminuirían gradualmente el mercado sustituyendo su lógica, así como la dominación estatal.

La subcorriente marxista entiende que el problema ambiental no está dado por los límites físicos externos a la sociedad, sino por la forma de organización social del trabajo que determina qué recursos usar, la forma y el ritmo de uso. El capitalismo es intrínsecamente expansionista y esto tiende a crear los problemas de contaminación y depredación que, por admitir soluciones técnicas, el sistema podría resolver sin ser cuestionado en su base. Sin

embargo no puede resolver la desocupación, pobreza y desigualdad sin cuestionar esa base, desde que no son sólo consecuencias, sino condiciones para el propio establecimiento de las relaciones capitalistas. De ahí que su propuesta es buscar una nueva organización del trabajo, basada en la propiedad social de los medios de producción, utilizados de forma responsable para la satisfacción de las necesidades de la sociedad en su conjunto.

**En la corriente humanista crítica se basa mi propuesta, ya que es radical un cambio social a partir de la concientización del daño que estamos provocando al medio ambiente, considerando nuestra situación económica como país en desarrollo, el cual no puede detenerse, pero sí plantear soluciones. Buscando un equilibrio entre los desechos plásticos producidos y su reutilización como material de construcción, entre otros.**

En la siguiente figura se muestran las tres diferentes corrientes de pensamiento filosófico que delinearon cómo se debería abordar el tema de la sostenibilidad.



**Figura 1. -Mapa conceptual del desarrollo sostenible**  
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/106623688/mapa-conce>

### 1.3 ¿Desarrollo Sostenible o Sustentable?

Los términos sostenible y sustentable son usados en muchas ocasiones como sinónimos, sin embargo es necesario tomar en cuenta el origen de cada uno y la aplicación que se hace de ellos en distintas partes del mundo. El concepto viene del inglés **Sustainable Development** o **Sustainability**, que quiere decir “que se puede sostener en el tiempo por sí solo”. La traducción al español debe ser Desarrollo Sostenible o Sostenibilidad; sin embargo, el anglicismo vendría a ser Sustentabilidad, dado que usa la “u” al igual que en la palabra en inglés. Sustentable significa “Que se puede sustentar o defender con razones”. Con estas definiciones nos damos cuenta que no tienen el mismo significado y que el término adecuado es **Sostenible**. Pero en México y algunos países de América el término más utilizado es el de Sustentabilidad y el de Desarrollo sustentable. En esta investigación será usado el término más adecuado según su significado: sostenibilidad.



Figura 2. - Desarrollo sostenible aplicado a la construcción.

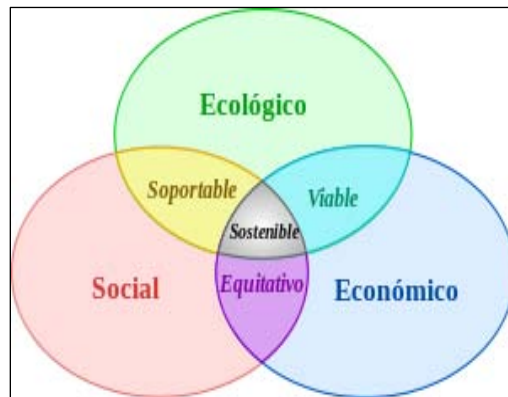
Fuente: Edwards B.2005; 20

La definición de desarrollo sostenible elaborado por la Comisión Brundtland fue un concepto válido pero impreciso, abierto a diferentes interpretaciones de acuerdo al campo de aplicación, a partir de ella surgieron diferentes subdivisiones que responden a las necesidades particulares de cada sector.

En el contexto de la arquitectura las subdivisiones obtenidas a partir del concepto inicial se muestran en la figura 2.

## 1.4 La sostenibilidad y el desarrollo sostenible

La “sostenibilidad” es un principio (o conjunto de principios) aplicables a determinados sistemas, pero no es exactamente sinónimo de desarrollo sostenible. Este último concepto se configura como una opción social que incluye objetivos según determinadas escalas de valores humanos y de necesidades en un proceso abierto, eminentemente participativo, que va cambiando en el tiempo y que se va enriqueciendo a sí mismo progresivamente. Un proceso, en definitiva, que debe materializarse, en una primera fase, frenando los procesos claramente insostenibles e irreversibles y, en fases posteriores, modificando estructuras y movilizándolo el ingenio con nuevas fórmulas. Además, no existe un único modelo de referencia y de validez universal.



**Figura 3.** -Los tres pilares del desarrollo sostenible  
Fuente: <http://www.azulvital.com/2010/10/acerca-del-desarrollo-sostenible.html>

De hecho, existen múltiples realidades y contextos que dan lugar a diferentes estilos de desarrollo(s) sostenible(s). Por eso, es imprescindible tener en cuenta las peculiaridades de cada sistema territorial y socioeconómico.

El desarrollo es sostenible cuando convergen del modo más equilibrado, las fuerzas de cada sector. Pudiera decirse quizás, que el factor social ha venido predominando sobre los otros dos y por ello, las demandas de mayores recursos.

El desarrollo es sostenible cuando convergen del modo más equilibrado, las fuerzas de cada sector. Pudiera decirse quizás, que el factor social ha venido predominando sobre los otros dos y por ello, las demandas de mayores recursos que satisfagan las necesidades



humanas, particularmente sobre lo ecológico, se acentúan de manera peligrosa, llevándonos paradójicamente, a lo insoportable del desarrollo. (Azul vital. Octubre 11 de 2010).

Según Mulder Karel (2007 p.16) El desarrollo sostenible implica lograr nuevos equilibrios:

- Entre ricos y pobres.
- Entre generaciones actuales y futuras.
- Entre humanidad y naturaleza.

## **PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE**

El principal objetivo del desarrollo sostenible es mantener la especie humana. Esto es, sostenerla y guardar su viabilidad. Es así, como la sostenibilidad es la condición o el estado que permitirá la existencia del ser humano y provee seguridad, salud y vida productiva por todas las generaciones en armonía con la naturaleza y los valores culturales y espirituales locales. En otras palabras, la sostenibilidad consiste en una adaptación del hábitat a un factor restrictivo del entorno en cuanto a su capacidad para asumir la presión de los individuos, sin que sus recursos naturales se degraden de forma irreversible.

La base del desarrollo sostenible descansa en la participación responsable de todos los agentes económicos, sociales e institucionales.

Es un proceso abierto y dinámico, sin reglas universales y principios absolutos, sino definido por condiciones particulares y ámbitos de aplicación. (Jiménez H. L. M. 2000 p.56)

Las sociedades no sostenibles se derrumban: El ejemplo de la Isla de Pascua muestra que la gente no puede actuar como si sus recursos fueran ilimitados. Sin embargo no es la única civilización en el mundo que ha colapsado por el abuso y métodos de agricultura no sostenibles.

### 1.5 Arquitectura sustentable, Desarrollo sostenible y Construcción sostenible

La arquitectura sustentable se define como la concepción del diseño del espacio, buscando aprovechar los recursos naturales, minimizando el impacto ambiental en el medio ambiente y sus habitantes. Esta forma de diseñar se relaciona con el término Desarrollo Sostenible, el cual se basa en tres principios que son:

- Análisis del ciclo de vida de los materiales.
- El desarrollo del uso de materias primas y energías renovables.
- La reducción de cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el **reciclaje de los residuos**.

**Los asentamientos humanos** sostenibles son aquellas ciudades, pueblos, municipios y sus comunidades, los cuales nos permiten vivir de tal manera que mantengan la condición de sostenibilidad y los principios del desarrollo sostenible.

**La sostenibilidad urbana** es el proceso amplio de creación de asentamientos humanos sostenibles, especialmente pueblos y ciudades. Incluye la construcción, así como la creación de sistemas institucionales, sociales y económicos que mantienen un desarrollo sostenible.

**La construcción sostenible**, significa que los principios de desarrollo sostenible son aplicados a un ciclo de construcción comprensivo desde la extracción y procesamiento de materias primas, a través de la planeación,

diseño y construcción de edificaciones e infraestructura, hasta su demolición final y gestión de los residuos resultantes. Es un proceso holístico que se relaciona estrechamente con la sostenibilidad de los asentamientos humanos, con la protección del medio ambiente y con el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores. La construcción sostenible es una condición para que esta industria y las edificaciones, respondan en pro de un desarrollo sostenible a partir de diversos aspectos ambientales, sociales, económicos y culturales, que “abarca no sólo los edificios propiamente dichos, sino también, cuentan el entorno y la manera como se integran para formar las ciudades”.

La Construcción Sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, implica el uso sostenible de la energía. Cabe destacar la importancia del estudio de la aplicación de las energías renovables en la construcción de los edificios, así como una especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y la minimización del consumo de energía que implica la utilización de los edificios. (Casado, 1996, citado por Robledo, D. y González, R. p. 16).

### **I.5.1 Los efectos de los materiales de construcción sobre el Medio Ambiente**

Evaluar la dimensión medioambiental de un producto de construcción es intentar calificar y cuantificar el peso de los impactos que se le asocian por el conjunto de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida.

El proceso de fabricación de los materiales de construcción, así como de los productos de los cuales muchos están formados, ocasiona un impacto ambiental. Este impacto tiene su origen en la extracción de los recursos naturales necesarios para su elaboración, incluyendo el proceso de fabricación y el consumo de energía, que deriva en emisiones tóxicas a la atmósfera.

Muchos de estos procesos originan emisiones tóxicas a la atmósfera, que resultan contaminantes, corrosivas y altamente perjudiciales para la salud. Lo que se pretende con la aplicación de los criterios de la construcción sostenible es la construcción de edificios con una disminución de estos materiales y evitar, siempre que sea posible, la utilización de sustancias que al final de su ciclo de vida, originen residuos peligrosos.

**Estrategia de minimización de impacto ambiental de los materiales de construcción** una estrategia óptima para minimizar el impacto ambiental sería aquella que utilizase soluciones que disminuyeran, de manera equilibrada, los efectos que éstos producen sobre el Medio Ambiente, es decir, sobre el consumo de energía, la producción de residuos y la contaminación .

**Utilización de materiales reciclables** para la producción de los agregados del concreto en lugar de utilizar materias primas naturales.

**Reciclaje de materiales:** reutilización de la madera, utilización de materiales reciclados/reutilizados en la construcción de las paredes, techos y suelos; uso de residuos industriales en algunos materiales.

Cabe destacar que la madera es un recurso natural renovable, que consume poca cantidad de energía en su proceso de transformación como material de construcción, pero los tratamientos de conservación y protección que se apliquen pueden originar emisiones y residuos tóxicos. Las pinturas, disolventes y los tratamientos realizados a la madera plantean importantes riesgos para la salud humana y los perjuicios que supone al ambiente a lo largo de su producción, uso y disposición final.

**Reutilización de residuos** de otras construcciones o demoliciones, en un nivel de alta calidad y que no sean utilizados en aplicaciones de baja importancia o vertidos en los vertederos.

El impacto ambiental debido al transporte de los materiales supone un coste indirecto en términos de contaminación en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los gases de escape.

**El diseño del edificio y la elección de los materiales** se realizarán teniendo en cuenta una minimización en la cantidad de materiales que liberen sustancias químicas peligrosas.

La construcción sustentable, implica dar un giro a los sistemas convencionales que venimos utilizando. Para ello es indispensable la innovación tecnológica, el desarrollo técnico científico, la creatividad y los cambios culturales. Construcción sustentable no es volver al pasado, sino que implica producir con calidad. Agregar a nuestros proyectos estudios más profundos, analizar la obra desde todos los puntos de vista: social, económico y ambiental, para superar el desmedido uso de los recursos naturales.

En busca de la sostenibilidad, surge la intención de encontrar sistemas constructivos, que sean sostenibles.

**Utilizar materiales que puedan ser fácilmente reciclables o reutilizados que no contengan productos peligrosos o contaminantes y que favorezcan el ahorro de materia prima y energía.**



Figura 4. - Ciclo de vida de los materiales

Fuente: <http://www.tetrapak.com/co/environment/an%C3%A1lisisdelciclodevida/pages/default.aspx>

## 1.6 México ante el desarrollo sostenible

En México se han realizado estudios al respecto y se han tomado medidas para lograr conciliar las actividades humanas con una actitud de respeto hacia el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Según la Tercera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, elaborado por el INE (Instituto Nacional de Ecología) en 2006; en el caso de México, durante el periodo de 2020 a 2080, la temperatura se elevará entre 2 y 4 grados centígrados, en consecuencia a la reducción de las precipitaciones pluviales en invierno, que alcanzaría hasta un 15% en la región centro y hasta un 5% en la región del Golfo. En verano las lluvias podrían disminuir hasta un 5% en la parte centro; de igual forma, se produciría un retraso en la temporada de lluvias hacia el otoño en gran parte del país. (SEMARNAT e INE 2006).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente fue aprobada en 1988 y en su artículo 3° fracción XI define al Desarrollo Sostenible como:

El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Como consecuencia de la ley mencionada, en diciembre de 1994 se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), como la institución responsable del diseño de políticas públicas para la conservación de la naturaleza y el desarrollo sostenible. Entre sus funciones estaban el cuidado y la atención de diversos aspectos ambientales, como el establecimiento de áreas naturales protegidas, la calidad del aire, la política en materia de desechos peligrosos, la vida silvestre, el ordenamiento ecológico y el impacto ambiental, el cambio climático, la regulación y preservación del medio ambiente, la pesca, los bosques, el agua, los suelos, la educación y cultura ambientales, entre otros; con el objetivo prioritario de revertir la precariedad del medio ambiente.

Los mecanismos clave de coordinación para el desarrollo sostenible nacional son el Consejo Consultivo Nacional y cuatro Consejos Consultivos Regionales creados mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1995. Además de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), están involucradas: la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y las Cámaras de Diputados y de Senadores.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), como órgano descentralizado de la SEMARNAT, vigila el cumplimiento de las disposiciones legales relacionadas con el ordenamiento Marco de referencia: desarrollo sostenible y su relación con la energía y el análisis de ciclo de vida ecológico, el impacto

ambiental y la ocupación de la zona federal marítimo terrestre, así como la atención a contingencias ambientales de los recursos naturales.

### **1.6.1 Órganos e instituciones comprometidas con la sostenibilidad**

Los órganos e instituciones paraestatales involucrados, así como la participación de los sectores académico y privado son: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Instituto de Estudios Jurídicos (IEJ); organismos empresariales: Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN), Consejo Coordinador Empresarial (CCE); Organizaciones sociales: Congreso del Trabajo (CT), Consejo Agrario Permanente (CAP), Confederación Nacional Campesina (CNC). Las organizaciones no gubernamentales participantes son: Pronatura, Grupo de los Cien, Movimiento Ecologista Mexicano (MEM), y el Pacto de Grupos Ecologistas.

### **1.6.2 Leyes**

Entre las leyes, que están en permanente modificación y complementación ante las cambiantes circunstancias y condiciones productivas, se encuentran: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales, Ley Orgánica de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticas, Ley General de Pesca y Acuacultura Sostenibles, Ley de Seguridad de Organismos Genéticamente Modificados, Ley de Desarrollo Rural Sostenible, Ley de Desarrollo Sostenible de la Caña de Azúcar, Ley de Energía para el Campo, Ley de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Ley de Productos Orgánicos, Ley Federal del Mar, Ley General de Asentamientos Humanos, Ley General de Desarrollo Forestal Sostenible, Ley General de Desarrollo Social, Ley General de Vida Silvestre, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, Ley General de Bienes Nacionales y Ley de Suelos, entre otras.



### 1.6.3 La UNAM y el desarrollo sostenible

Para lograr la sostenibilidad, la ciencia, la tecnología, la innovación y la educación son fundamentales en el impulso de una concepción más clara de la dimensión ambiental y su impacto en el terreno económico, político y social. Es por esto que las universidades del país tienen el compromiso de emplear sus recursos materiales y humanos en el desarrollo de nuestra sociedad.

Ante tal situación, la UNAM ha promovido y apoyado la creación de infraestructura y la formación de recursos humanos, lo que ha permitido el desarrollo de manera muy diversificada de las Ciencias Ambientales, de tal forma que fue necesario crear una estructura transversal organizativa denominada Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA), el cual pertenece a la Coordinación de la Investigación Científica. A través del PUMA, la UNAM cumple con su compromiso ante la

sociedad y atiende sus demandas, así como las de instituciones públicas y privadas que se lo solicitan. Como

parte de su compromiso con la conservación y el manejo ambiental; el PUMA en la UNAM forma parte del comité técnico de la reserva del Pedregal de San Ángel y de la Comisión de Salud, Protección Civil y Manejo Ambiental, desarrollando el programa “Por UNAMambiente sin basura”.



Figura 5. - Aportaciones de la UNAM a la sostenibilidad  
Fuente: <http://www.cic->

En los últimos años, el PUMA ha enfatizado la importancia del trabajo universitario en detener o revertir los procesos de degradación ambiental, mediante estudios y proyectos que han propuesto soluciones científicas y tecnológicas a problemas específicos en materia de conservación y protección del ambiente.

## Capítulo II. LOS PLÁSTICOS Y EL PET

### 2.1 Origen de los plásticos

La palabra “plásticos” proviene de la palabra griega *plastikos* que significa que pueden moldearse, esto es lo que lo hace especial. Se han fabricado plásticos durante unos 200 años. (Kachur M. 2011, p.6), sin embargo, algunas sustancias naturales parecidas al plástico han existido en la tierra mucho más tiempo. Los antiguos griegos y romanos hacían adornos de ámbar, y hace unos mil años, los europeos aprendieron a usar goma laca. Desde el principio de los tiempos, el hombre ha empleado polímeros naturales para satisfacer sus necesidades: madera, cuero, resinas, gomas naturales, y fibras como el algodón, la lana y la seda. Pero contrariamente a otros materiales, como los metales o las cerámicas, que se han desarrollado a lo largo de miles de años, los polímeros sintéticos (plásticos) son un invento que ha inundado al planeta en múltiples formas durante un periodo de tiempo muy corto.

En el siglo XIX el juego del billar, a veces llamado pool, se hizo muy popular; mucha gente quería jugarlo y para fabricar las bolas de este juego se suministraba marfil lo cual requería matar a cientos de elefantes. Así fue como John Wesley Hyatt, un impresor de Albany, comenzó a experimentar en Nueva York cómo hacer una bola de billar más barata. En 1869 sus experimentos resultaron en la creación de una sustancia llamada celuloide; fue el primer plástico sintético. Aunque el celuloide reemplazó al marfil en las bolas de billar, resultó tener un uso más importante. Se utilizó para fabricar película fotográfica. A finales del siglo XIX, George Eastman promocionó el uso de esta nueva película para ayudar a vender cámaras económicas conocidas como “kodaks”.

Durante algún tiempo después de que se inventó el celuloide, la industria no encontraba qué aplicaciones útiles darle al plástico.

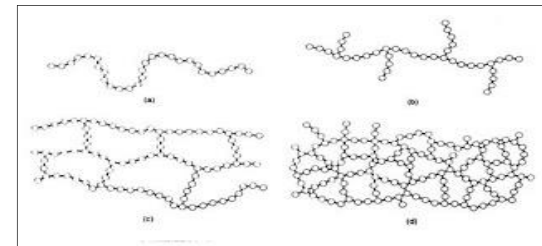
En 1909, Leo Baekeland, un químico estadounidense de origen belga, inventó la bakelite o baquelita. Este fue el primer plástico que mantenía su forma bajo cualquier condición.

Casi al mismo tiempo algunos químicos desarrollaron otros nuevos tipos de plásticos: el rayón en 1891 y el celofán en 1913. En 1939 cuando estalló la segunda Guerra Mundial se volvió muy difícil conseguir hule natural y seda, debido a que el hule provenía de Asia y la seda de Japón; los investigadores estudiaron como reemplazar esos materiales. Nuevos tipos de plásticos se utilizaron para recubrir balas y bombas y además se creó un hule sintético para utilizar en las llantas de tanques y aviones de combate. Cuando termino la guerra en 1945 mejoró la economía, y los estadounidenses estaban ansiosos de comprar cosas nuevas. Las compañías trabajaron para desarrollar nuevos tipos de plásticos y a los ya existentes darles nuevos usos, así los usados para recubrir bombas serían utilizados como material antiadherente para sartenes.

El consumo de polímeros fue considerablemente en aumento, favorecido por factores económicos y disponibilidad de materia prima, su facilidad de desarrollo ha hecho que sustituyan parcial y a veces totalmente a muchos materiales naturales como madera, algodón, papel, lana, piel, acero y concreto.

## 2.2 ¿Qué son los plásticos?

Los plásticos son polímeros de elevado peso molecular (del Griego: poly: muchos y mero: parte, segmento) son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Estas unidades fundamentales se obtienen básicamente del petróleo y son responsables del enorme crecimiento de la industria petroquímica de los últimos 50 años.



**Figura 6. - Estructura de los polímeros**  
 Fuente: <http://equipoviquimica.blogspot.mx/2012/05/polimeros.html>

El proceso de unión de los monómeros para dar lugar a la cadena de polímero se denomina polimerización. Puesto que las moléculas de polímero están hechas de muchas unidades repetitivas, el siguiente elemento en importancia en un polímero, después de la propia cadena, es la unidad monomérica, que condiciona todas las propiedades de los polímeros. Por ello, los polímeros se denominan como poli (unidad repetitiva). Así: poli(etileno), poli (estireno), poli(metacrilato de metilo), poli (etilen tereftalato).

### **Creación de Polímeros sintéticos (plásticos)**

- 1839. Charles Goodyear (USA), de forma accidental, realiza el **vulcanizado del caucho**. Montó un negocio de maquinaria que fracasó. El comprador fundó la compañía Goodyear.
- 1938. El investigador R.J. Plunkett, de la compañía Du Pont, sintetiza el **teflón**.
- 1844. Louis Chardonnet (FRA) obtiene la primera fibra artificial a partir de la celulosa, de tacto similar a la seda y que se denominó más tarde **rayón** debido a su aspecto brillante.
- 1869. John Hyatt (USA) obtuvo el primer polímero sintético: el **celuloide**, a partir de fibra de celulosa.
- 1909. Leo H. Baekeland (BEL) obtiene el primer polímero totalmente sintético: la **baquelita**.
- 1914. Durante la 1a Guerra Mundial se empieza a producir **caucho sintético** debido a las dificultades que tenían los ejércitos para el suministro del caucho natural.
- 1926. Hermann Staudinger (ALE) expone su hipótesis de que los polímeros son largas cadenas de unidades pequeñas unidas por enlaces covalentes, que fue aceptada a partir de 1930, por la que recibió el Premio Nobel en 1953.
- 2a Guerra Mundial: EEUU pide a sus mujeres que donen sus medias de nailon para utilizarlas en la fabricación de paracaídas.

- 1950-1960. Karl Ziegler (ALE) y Giulio Natta (ITA) desarrollan catalizadores heterogéneos para producir polímeros por adición. Compartieron Premio Nobel en 1963.
- **En 1990. Las botellas de PVC fueron sustituidas por PET, con propiedades más adecuadas para conservar alimentos.**

Durante las décadas de los cincuenta y sesenta la producción y el consumo de plásticos crecieron de manera desmesurada, siendo éste el momento de mayor apogeo comercial.

Los polímeros sintéticos (plásticos), con base en su comportamiento térmico se clasifican en termoplásticos y termoestables. Además admiten diversas clasificaciones atendiendo a distintas propiedades o aspectos, uno de ellos es considerando el volumen de producción, y éste los divide en tres grupos:

- **Los plásticos “comodity”**, son los de gran consumo, sólo son seis materiales, polietileno de baja densidad, (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el policloruro de vinilo (PVC), y el miembro más reciente, el polietileno tereftalato (PET). Principal uso es la fabricación de envases y embalajes.
- **Los plásticos de ingeniería** son de alta resistencia térmica, son caros y con características muy específicas, ejemplo: polibencimidazoles (PBI), con el que se fabrican los trajes espaciales.
- **Los plásticos técnicos** se utilizan en menor proporción. A este grupo pertenecen el polimetacrilato de metilo (PMMA), así como otros polímeros acrílicos utilizados en pinturas, adhesivos, vidrios orgánicos, resinas fenólicas utilizadas en la industria de la madera, así como el policarbonato.

Los plásticos se han constituido como un material imprescindible en la sociedad actual; para comprobarlo basta con observar los objetos de cualquier entorno cotidiano y darse cuenta de que están presentes en la mayoría de los bienes y productos, por ejemplo: nuestra vestimenta lleva incorporada un alto porcentaje de fibras plásticas;

el acabado estético de multitud de elementos se logra gracias al recubrimiento de materiales plásticos como pinturas y barnices; gran parte del mobiliario es de plástico, o bien está recubierto por láminas de melamina; los envoltorios y embalajes de muchos productos son, o llevan incorporado, material plástico; las carcasas u otras estructuras que no deban soportar cargas o esfuerzos. El crecimiento de esta tecnología ha generado efectos tan peculiares que no existe lugar de la civilización en la que los plásticos no hayan dejado su huella. A estos factores agreguémosle una sociedad vulnerable a los excesos desmedidos de un modelo de vida que implica el mundo moderno basado en el sistema consumista, producto de un pensamiento materialista y capitalista. El resultado de esta fórmula es la problemática ambiental producida por el exceso de producción de estos materiales, derivándose en un mayor empleo de recursos naturales y finalmente la producción de CO2.




Figura 7 . - Un mundo plástico

Fuentes diversas como

[http://quercusprevencionderiesgoslaborales.blogspot.mx/2013\\_03\\_01\\_archive.html](http://quercusprevencionderiesgoslaborales.blogspot.mx/2013_03_01_archive.html)

La gran profusión del empleo de los plásticos se debe fundamentalmente a que su precio es muy competitivo, y a que sus propiedades son muy ventajosas respecto a otros materiales a los que sustituyen; incluso, han sido imprescindibles **para el desarrollo de algunos procesos técnicos. Además la obtención, el procesamiento, la aplicación y generación de** mercados de estos materiales orgánicos sintéticos, han requerido de la colaboración de especialistas en muchas áreas, que han determinado su manufactura.

### 2.3 Clasificación de los plásticos

Existen más de 50 tipos diferentes de plásticos, dentro de los cuales 6 son los más comunes (Tipos de plásticos en México), son los llamados “comodity”. Para clasificarlos, se usa un sistema de codificación que se muestra en la figura 8. Los productos llevan una marca que consiste en el símbolo internacional de reciclado  con el código correspondiente en medio, según el material específico. El objetivo principal de este código es la identificación del tipo de polímero del que está hecho el plástico para su correcto reciclaje. El número presente en el código, está designado arbitrariamente para la identificación del polímero del que está hecho el plástico y no tiene nada que ver con la dificultad de reciclaje ni dureza del plástico en cuestión.

La aparente semejanza de los materiales plásticos ha obligado a la industria a la creación de códigos de identificación para facilitar el posterior reciclado. El sistema de identificación SPI ha sido adoptado por muchos fabricantes en todo el mundo, El logotipo es universal y puede fácilmente ser grabado en los moldes utilizados para fabricar envases.



El código SPI (por sus siglas en inglés, Society of Plastics Industry), fue creada por la sociedad de industrias del plástico. (Meritxell E. 2007, p.103)

Termoplásticos			Aplicaciones	Usos después del reciclado
Poliétileno tereftalato	PET		Botellas, envasado de productos alimenticios, moquetas, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos
Poliétileno alta densidad	PEAD		Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, laminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos
Poliétileno de baja densidad	PEBD		Film adhesivo, Bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego.	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Policloruro de vinilo	PVC		Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario.	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP		Envases para productos alimenticios, Cajas, tapones, piezas de automoviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas multiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS		Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina

**Figura 8 .-** Codificación internacional para los distintos plásticos más comunes.  
Fuente: [http://hablemosdetodounpoco68.blogspot.mx/2013\\_02\\_01\\_archive.html](http://hablemosdetodounpoco68.blogspot.mx/2013_02_01_archive.html)



## 2.4 Plásticos utilizados en la construcción

Los plásticos más utilizados en la construcción en orden de mayor a menor son: PVC, polietileno de alta, media y baja densidad; poliuretano, poliestireno, poliésteres, polimetacrilato, polipropileno y resinas urea-formaldehido.

### Usos

Los plásticos por sus características mecánicas son utilizados como elementos de apoyo, delimitantes o aislantes que hasta ahora no se utilizan como elementos de carga. Sus usos principales son:

- Bovedillas, casetones, placas.
- Aditivos y adhesivos.
- Sistemas de inyección en grietas de concreto.
- Pinturas y recubrimientos.
- Selladores y juntas.
- Páneles para fachada.
- Impermeabilizantes.
- Mobiliario.
- Cancelería.
- Aislantes térmicos y acústicos.
- Cubiertas.
- Domos.



*Figura 9. - Materiales constructivos plásticos*  
Fuente: <http://www.metroscubicos.com/articulo/decoracionhogar/2012/12/11/ventajas-del-piso-vinilico-para-tu-casa>

## Plásticos en la construcción ventajas y desventajas

Los plásticos en la construcción no se utilizan como elementos estructurales, sino como complementos, algunas de las funciones que desempeñan son: delimitar los espacios exteriores e interiores, conductores, protectores de instalaciones, recubrimientos etc.

Ventajas:

- Versatilidad: pueden fabricarse de formas variadas: espumas, fibras, películas, placas, perfiles, tubería etc.
- Resistencia a factores ambientales (no se corroe).
- Capacidad aislante térmica y eléctrica.
- Baja densidad.

Desventajas o limitaciones

- Módulo de elasticidad bajo (Al aplicar fuerza sobre ellos se deforman más fácilmente que otros materiales).
- Algunos fácilmente flamables.
- Coeficiente de dilatación muy grande, lo cual afecta su estabilidad.



*Figura 10. - Materiales constructivos fabricados con plástico*

Fuente: Perfiles y tubos plásticos para la construcción  
<https://www.google.com.mx/search?q=perfiles+y+tuberias+de+pvc&hl=es&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei>

## 2.5 Producción anual de plásticos en el mundo

Se calcula que cada año se producen 300 millones de toneladas de este material, cifra que puede expandirse con las nuevas formas de plástico que están en desarrollo. (Cardona A. 2013). Desde sus inicios en 1940 la producción de los plásticos se convirtió en la industria química de mayor crecimiento a nivel mundial. Esto como consecuencia de que el plástico cada vez tiene más aplicaciones en multitud de formas. Sumado también a que existen factores técnicos que han favorecido este aumento de producción como el que la materia prima para su elaboración (petróleo y gas natural) es relativamente fácil de conseguir a un costo moderado y en cantidades suficientes.

La producción mundial de plásticos pasó de 1,5 millones de toneladas (Mt) al año en 1950 a 245 Mt en 2008. De acuerdo a Plastics Europe, la asociación europea de fabricantes de plástico, en el 2011 se produjo a nivel mundial 280 millones de toneladas de plástico, con el 4 por ciento de la producción de petróleo, del que se deriva en un 99.5 por ciento. De seguir esta tendencia en 2020 se comercializarán en la Unión Europea 66,5 Mt de plástico y la producción mundial de plásticos podría triplicarse de aquí a 2050. (LIBRO VERDE 2013).

Pero, ¿qué pasaría mañana si los recursos fósiles de los que se derivan los plásticos llegaran a desaparecer? Según científicos, industriales y profesionales del diseño, el plástico tiene todavía mucho camino por delante. Michel Loubry director general de Plastics estima que el plástico ocupará en el futuro una parte aún más importante en nuestras vidas, ya que reemplazará a ciertas materias primas que requieren demasiada energía o recursos fósiles.

En este panorama a nivel mundial, los plásticos no dejarán de producirse, al menos no como los conocemos, mientras haya petróleo. Los principales organismos internacionales estiman que las reservas de petróleo durarán unos 50 años, y algunos ambientalistas hablan solo de 20 ó 30 años. Esto es algo incierto y mientras tanto el mundo plástico sigue creciendo, y la industria económica que los rodea también.

## 2.6 Los plásticos en México

En la industria petroquímica referente a resinas sintéticas es la que ha tenido un mayor desarrollo, la producción nacional de plásticos se remonta escasamente a 57 años y se ha caracterizado por su movilidad y constante aumento. Esto ha impactado en la cadena productiva a todos los sectores de la economía nacional, es decir es una industria joven que evoluciona de manera acelerada.

Al inicio de la década de los 40, comenzó la comercialización de los plásticos y el conocimiento del desarrollo a nivel industrial que ha tenido este sector, y la flexibilidad de sus productos les ha permitido aplicarse en mercados que antes eran cautivos de materiales como: el hierro, cobre y acero. Desde 1960 la infraestructura y capacidad de las regiones económicamente poderosas, hicieron aumentar el sector, originando el crecimiento dinámico de resinas termoplásticas, la demanda interna de resinas sintéticas mostró una caída significativa durante 1982-1984 del orden del 12% en términos globales. En 1986 y 1987 presentó una moderada recuperación, y en 1985, 1988 y 1989 un importante crecimiento del 4.5 por ciento.

Las bondades del poliestireno (PS) lo ubican como uno de los plásticos más utilizados en todo el mundo, en 1945 el primer plástico que se comercializó en México fue el PS, y en 1957 se importaron las primeras máquinas inyectoras, con la ventaja de obtener de forma industrial artículos iguales y en mayor número para cubrir las demandas del mercado, pero fue hasta 1962 cuando se inició la producción nacional principalmente en la elaboración de productos de embalaje, carcasas de electrodomésticos, casetes, envases térmicos.

En México se comercializa el PVC desde 1947. En 1953 -1955 se instalaron las primeras plantas productoras de esta resina en el país, sin embargo el mayor desarrollo tecnológico y la comercialización a nivel internacional se dio con el comienzo de la década de los ochentas. Hasta 1987 el PVC mantuvo el liderazgo en cuanto a la resina de mayor producción. El campo de aplicación principalmente era en tuberías.

La comercialización de los polietilenos comenzó a partir de 1934, y la producción nacional fue en 1946, los grandes aumentos en 1961 y 1963 se debieron a rebajas en los precios de origen. En 1988 el polietileno ocupó el primer lugar en la producción nacional. Su participación principal es en el mercado de envase y embalaje, donde se aplica, en película encojible y estirable, empaque de alimentos y recubrimiento de latas, tubería a presión, bolsas grandes y películas.

El polipropileno junto con el polietileno son las dos olefinas o parafinas más importantes, tanto para su consumo como por sus propiedades y aplicaciones, fue descubierto en 1950 y comercializado en 1957, ocupando de acuerdo a su consumo, el cuarto lugar; a nivel nacional, considerando al polietileno de alta y baja como un solo polímero. El mayor uso de este material se utilizaba en el sector de rafia para la elaboración de costales para azúcar, granos y otros productos alimenticios, en películas para botanas, chocolates, dulces, productos secos, carnes frías, entre otros. Debido a la gran demanda de éste, la construcción de la primera planta fue en 1989 y en 1992 se dio la comercialización formal en México.

Desde que fue patentado en 1941 como un polímero para fibras, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico. Su diversificación lo ha llevado a obtener un espectacular crecimiento a rango mundial, especialmente por sus grandes beneficios como empaque. En México se empezó a utilizar para este fin a mediados de la década de los ochenta, en sus inicios presentó algunas dificultades debido al costo relativamente alto de la materia prima, sin embargo en poco tiempo se estabilizó y se desarrolló de manera desmesurada. Mientras que en 1989 se consumían en el país 11 mil toneladas, la comercialización de éste hasta la fecha, es de casi 500 mil toneladas.

Actualmente, el principal uso para la resina PET es la fabricación de envases para refrescos, agua purificada, aceite comestible, alimentos, medicinas, productos de limpieza, productos de aseo personal y cosméticos, entre otros.

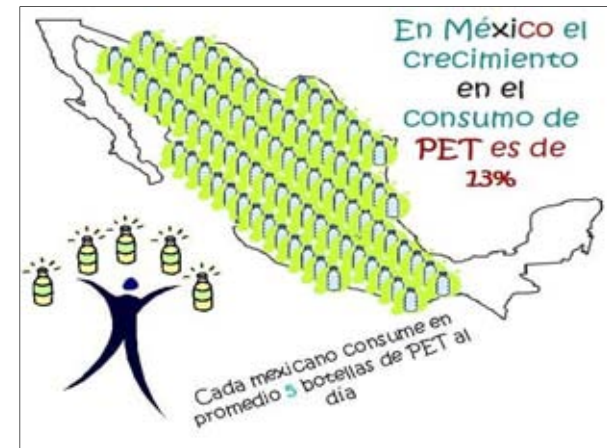
Cada mexicano consume 7.2 kg de PET por año, y sólo en México D.F. se generan cada año 63,000 toneladas de desechos de PET. (Schwansee E., junio 12 2007, p 4).

En la producción de plásticos destaca el polietileno tereftalato. en su utilización como botella. Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT), se calcula que en nuestro país se producen alrededor de 9000 millones botellas de plástico tipo PET (Sanz D., 13 abril 2011), de las cuales 900 millones contaminan los ecosistemas terrestres y acuáticos al ser arrojadas al ambiente.

Este polímero tiene la capacidad de soportar el embotellado de bebidas carbonatadas sin alteración. Y en la actualidad, nuestro país es el principal consumidor de bebidas embotelladas y existe un crecimiento anual de 13%. Además, el principal uso de los envases de PET lo llevan las botellas de refresco, con más del 50%, seguido del agua embotellada (17%).



**Figura 11. - Residuos de plástico PET**  
Fuente: <http://medioambientales.com/mexico-produce-9000-millones-de-botellas-de-plastico-cada-ano/>



**Figura 12. - El problema ambiental del PET**  
Fuente: [http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108&Itemid=65](http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65)

## 2.7 PET (Polietilen Tereftalato)

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno. Fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Se debe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films. En 1952 se le comenzó a emplear en forma de film para envasar alimentos. El PET se desarrolló primero para uso de fibras sintéticas por la British Calico Printers en 1941. Los derechos de patente se vendieron entonces a DuPont e ICI que a su vez vendieron los derechos regionales a muchas otras compañías. (Neumann, E. H. (1986). Thermoplastic polyesters. Encyclopedia of Packaging Technology. Bakker M. John Wiley: New York. Citado por García O. A., 2005).

Aunque originalmente se produjo para fibras, el PET empezó a ser usado como películas para empaquetar a mediados de los años sesenta, y en los inicios de los setenta, la técnica para expandir botellas orientadas biaxialmente se desarrolló de manera comercial. Las Botellas hoy día, representan su uso más significativo. A partir de 1976, se abrió camino gracias a su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas.

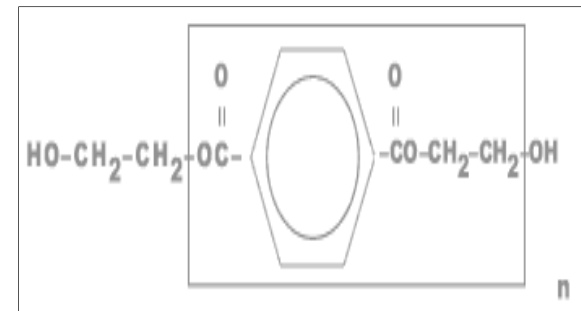
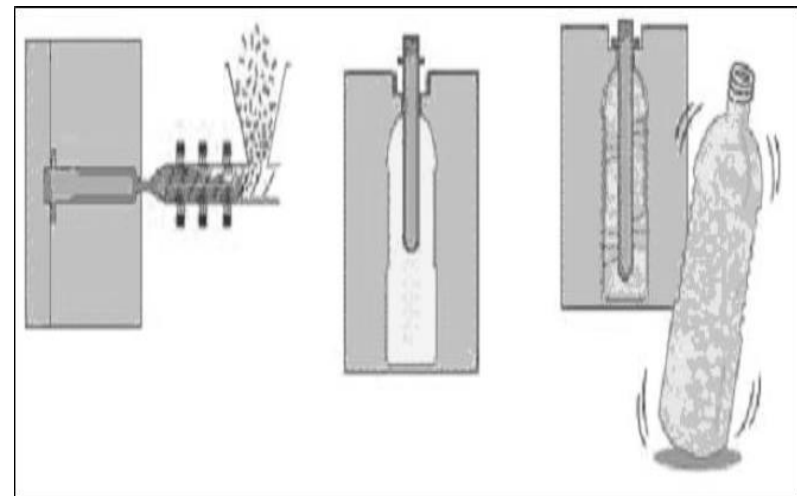


Figura 13. - Estructura química del PET  
Fuente: [www.eumed.net/libros/2006a](http://www.eumed.net/libros/2006a)

Hacer una botella con este material inicia desde las materias primas: etileno y paraxileno. Los derivados de estas dos sustancias (glicol de etileno y ácido tereftálico) se hacen reaccionar para obtener el PET. La resina, en forma de cilindros pequeños llamados pellets, son fundidos e inyectados en un molde para hacer una preforma. La preforma, (una especie de tubo de ensayo), más corto que la botella que será, pero con las paredes más gruesas, se sopla y amolda. Durante la fase de soplo-moldura, el aire a alta presión es soplado en la preforma permitiéndole tomar la forma exacta del molde en el que fue introducido. El producto final es una botella transparente, fuerte y ligera.

Propiedades del PET Comparado con otros plásticos utilizados en la construcción.

Algunas de las propiedades mecánicas de los termoplásticos, (grupo al que pertenece el PET) más utilizados en la construcción se presentan en la siguiente tabla.



**Figura 14.** - Proceso esquemático de la fabricación de una botella por inyección

Fuente: (García O, 2006, p. 149)



Nombre	Resistencia a la tensión libra/pulg <sup>2</sup>	% de alargamiento	Módulo elástico (psi)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Impacto Izod (pie-lb/pulg)
Polietileno (PE)					
Baja densidad	3000	800	40000	0.92	9
Alta densidad	5500	130	180000	0.96	4
Cloruro de polivinilo (PVC)	9000	100	600000	1.4	
Polipropileno (PP)	6000	700	220000	0.9	1
Poliestireno (PS)	8000	60	450000	1.06	0.4
Poliamida (PA)(nylon)	12000	300	500000	1.14	2.1
<b>Poliéster (PET)</b>	<b>10500</b>	<b>300</b>	<b>600000</b>	<b>1.36</b>	<b>0.6</b>
Policarbonato(PC)	11000	130	400000	1.2	16

Figura 15. - Propiedades mecánicas de algunos termoplásticos  
Fuente: Askeland, 2004, p.681.

De acuerdo a las propiedades mencionadas, comparando a los termoplásticos ubicamos al PET con una resistencia a la tensión alta, un porcentaje de alargamiento bajo, un módulo elástico alto y una resistencia al impacto Izod muy baja.

El ensayo de Izod (en inglés: Izod impact testing) es de tipo destructivo dinámico de resistencia al choque, que utiliza un péndulo de Charpy como herramienta. Este procedimiento se lleva a cabo para averiguar la tenacidad de un material, ya que al realizarlo obtenemos su resiliencia.

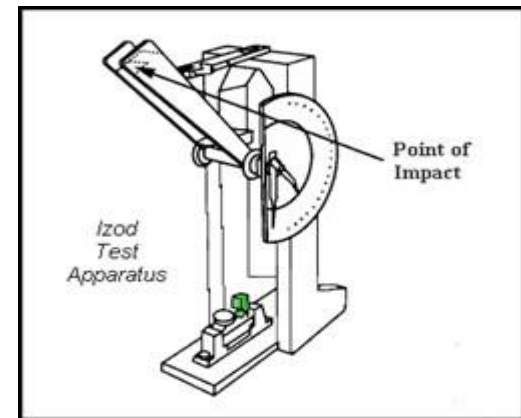


Figura 16. - Prueba de Izod  
Fuente: <http://slideplayer.es/slide/1492908/>

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.34 – 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 <sup>-4</sup> / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

Figura 17. - Datos técnicos del PET

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/05/pet.html>

**Otras propiedades son <sup>2</sup> :**

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química.
- Buenas propiedades térmicas.
- Muy buena barrera a CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto.
- Totalmente reciclable.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimenticios.
- Alta rigidez y dureza.
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes.
- Superficie barnizable.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- Coeficiente de dilatación muy grande, lo cual afecta su estabilidad.

---

<sup>2</sup> Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Valladolid, Propiedades generales del PET

## 2.8 Análisis del Ciclo de vida (ACV)

El análisis de ciclo de Vida es una técnica para evaluar los aspectos y los impactos ambientales potenciales asociados con productos. El análisis de ciclo de vida en México empieza a tener auge en algunas instancias tanto gubernamentales como de la iniciativa privada, éstas últimas motivadas principalmente por sus exportaciones de productos, hacia países donde el Análisis de Ciclo de vida es un requisito indispensable para la comercialización en éstos. Aún no hay legislaciones en México que exijan el ACV como requisito para comercializar productos, y son pocas las empresas e instituciones que piden un análisis de ciclo de vida para comprar productos y/o servicios. Si el ciclo de vida considera que el ciclo completo es habitual denominarlo "desde la cuna hasta la tumba", pero si además existe la posibilidad de reciclado, se puede denominar "desde la cuna hasta la cuna".

La vida de un producto empieza en el *diseño y desarrollo* del producto y finaliza con las actividades de *reutilización y reciclaje*, pasando por las siguientes etapas:

- *Adquisición de materias primas*: Todas las actividades necesarias para la extracción de las materias primas y las aportaciones de energía del medio ambiente, incluyendo el transporte previo a la producción.
- *Proceso y fabricación*: Actividades necesarias para convertir las materias primas y energía en el producto deseado.
- *Distribución y transporte*: Traslado del producto final al cliente.
- *Uso, reutilización y mantenimiento*: Utilización del producto acabado a lo largo de su vida en servicio.
- *Reciclaje*: Comienza una vez que el producto ha servido para su función inicial y consecuentemente se recicla a través del mismo sistema de producto (ciclo cerrado de reciclaje) o entra en un nuevo sistema de producto (ciclo de reciclaje abierto).
- *Gestión de los residuos*: Comienza una vez que el producto ha servido a su función y se devuelve al medio ambiente como residuo.

## La Economía Circular y sus escuelas de pensamiento

Es necesario concientizar a la sociedad acerca de la protección al medio ambiente. Esta función corresponde a los investigadores académicos y líderes empresariales.

La esencia de la **economía circular** reside en diseñar productos sin desechos, productos que faciliten su desmontaje y su reutilización, así como en definir modelos empresariales para que los fabricantes puedan ser incentivados económicamente para recoger, volver a fabricar y distribuir los productos que hacen.

El concepto de *economía circular* se alimenta de diversas corrientes ecologistas, surgidas en diferentes partes del mundo, las cuales tienen como principio el trabajo en conjunto con la naturaleza y no contra ella, y principalmente son:

### Diseño Regenerativo

En 1970, un profesor estadounidense llamado *John T. Lyle* retó a sus estudiantes a que propusieran ideas para *conseguir una sociedad en la que las actividades diarias estén dentro de los límites de los recursos renovables disponibles sin degradar el medio ambiente*.

### La Economía del Rendimiento o Performance Economy

Walter Stahel, *arquitecto y analista industrial*, esbozó la visión de una economía en bucles y su impacto en la creación de empleo, competitividad económica, el ahorro de recursos y la prevención de residuos *en un informe de investigación realizado para la Comisión Europea*.



Figura 18. - Economía circular  
<http://www.ecointeligencia.com/2013/03/economia-circular-y-sus-escuelas/>

### **Cradle to Cradle (de la Cuna a la Cuna)**

En la década de los noventa, el arquitecto estadounidense Bill McDonough y el químico alemán Michael Braungart desarrollaron el concepto Cradle to Cradle y su proceso de certificación. Esta filosofía de diseño considera todos los materiales involucrados en los procesos industriales y comerciales como nutrientes, de los cuales hay dos categorías principales: *los técnicos y biológicos*. El paradigma *Cradle To Cradle* se centra en el diseño de la ecoeficacia en lo relativo a que los flujos de productos tengan un impacto positivo, a diferencia de los enfoques tradicionales que se centran en la reducción de los impactos negativos. Se basa en tres principios fundamentales: Basura = Alimento, Aprovecha la energía del Sol y Celebra la Biodiversidad.

#### **1. La Ecología Industrial**

Es el estudio de los flujos de materiales y de la energía a través de sistemas industriales. Centrándose en las conexiones entre los operadores dentro del *ecosistema industrial*, este enfoque tiene como objetivo crear procesos de circuito cerrado en el que los residuos sirven de entrada para otro proceso, eliminando la noción de un subproducto no aprovechable. La *ecología industrial* adopta un punto de vista sistémico, diseñando los procesos de producción atendiendo a las restricciones ecológicas, mientras mira su impacto global desde el principio, y trata de darles forma para que se puedan realizar lo más cerca posible de los sistemas vivos.

### **Economía Azul**

Impulsado por el empresario belga *Gunter Pauli*, la Economía Azul es un movimiento de código abierto que reúne una serie de casos de estudio, inicialmente recopilados en un informe del mismo nombre entregado al Club de Roma. Como dice el manifiesto oficial, *utilizando los recursos disponibles en los sistemas en cascada*, los residuos de un producto se convierte en la entrada para crear un nuevo flujo de caja. La Economía Azul insiste en soluciones que están determinadas por su entorno local y las características físicas y ecológicas.

## **Biomímesis**

Su autora, Janine Benyus, define este enfoque como una nueva disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver problemas humanos. Estudiar una hoja para diseñar una célula fotovoltaica es un mejor ejemplo.

Biomímesis es la innovación inspirada por la Naturaleza.

Biomímesis se basa en tres principios fundamentales:

La Naturaleza como modelo: modelos de estudio de la Naturaleza y emular estas formas, procesos, sistemas y estrategias para resolver los problemas humanos.

La Naturaleza como medida: Utilizar un estándar ecológico para juzgar la sostenibilidad de nuestras innovaciones.

La Naturaleza como mentor: El valor de la Naturaleza no se basa en lo que podemos extraer de ella, sino en lo que podemos aprender del mundo natural.

## **Permacultura**

A finales de los 70, se acuñó este concepto que se define como el diseño consciente y mantenimiento de ecosistemas agrícolas productivos, que tienen la diversidad, estabilidad y resistencia de los ecosistemas naturales. Ha adquirido notoriedad gracias a Masanobu Fukuoka (Japón) y a Sepp Holzer (Austria). La Permacultura toma elementos tanto de la agricultura tradicional sostenible como de las innovaciones modernas. Los sistemas de Permacultura mejoran el rendimiento y reducen el consumo de elementos externos, mejoran la calidad del suelo y protegen la biodiversidad. La Permacultura integra elementos de los sistemas agroforestales (bosque agricultura, cultivos en franjas, protección contra el viento), de la agricultura de conservación (árboles fertilizantes, ausencia de y de compactación de suelos, cubiertas permanentes del suelo), de la agricultura orgánica (insumos orgánicos y reciclaje de nutrientes), y de la agricultura tradicional (infiltración del agua de lluvia).

## 2. Nueva Alquimia

El Canadiense John Todd y su mujer Nancy Jack Todd son pioneros en la búsqueda por el camino hacia la vida sostenible.

Sus conceptos van desde purificar agua con el uso de varios ecosistemas de bacterias, algas, plantas acuáticas, moluscos, crustáceos y peces, hasta construir casas bio-climáticas, diseñar parques eco-industriales y la organización de una empresa o una bio-región, incluyendo sistemas educativos, políticos, o de salud, todo está relacionado con el diseño ecológico.

## 3. Agricultura Orgánica

Sir Albert Howard (1873-1947) botánico inglés, después de estudiar la agricultura hindú tradicional pasó a ser partidario de ella en detrimento de la agricultura convencional; bajo la premisa de que:

«La salubridad de la tierra, la planta, el animal y el hombre es una e indivisible».

## 4. La Etnobotánica

Para el investigador de la Universidad de Arizona en Tucson, Gary Paul Nabhan, la etnobotánica tiene especial relevancia porque estudia la interacción de los conglomerados humanos con el mundo vegetal y su equilibrio con el ambiente.



## 2.9 Ciclo de vida del plástico PET

### Producción del PET

El camino para casi cualquier plástico producido, hoy en día, es por medio de plantas petroquímicas, la mayoría de polímeros son el fin del producto de refinación y reformación del petróleo.

- Petróleo

### Sedimentación

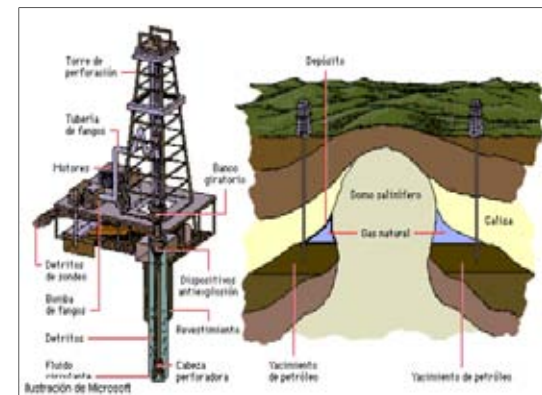
Plantas y animales muertos van quedando bajo tierra a medida que ésta va cambiando. Poco a poco se van convirtiendo en petróleo. El petróleo ("aceite de roca") tiene por lo tanto muchos compuestos de origen orgánico, muy complejos y diversos (teoría orgánica).



**Figura 19.** - Proceso de sedimentación del petróleo  
<http://alkimiasystem.blogspot.mx/p/la-gasolina-y-el-calor-de-formacion-de.html>

### Extracción

La detección del petróleo se hace a partir de unos estudios que son muy impactantes: explosiones que provocan ondas sísmicas que se estudian y revelan datos sobre las bolsas de petróleo. Cuando se realizan en zonas de alta diversidad biológica, como las selvas tropicales, no sólo la fauna y flora está amenazada sino la misma existencia de los pueblos indígenas.



**Figura 20.** - Extracción del petróleo  
<http://alkimiasystem.blogspot.mx/p/la-gasolina-y-el-calor-de-formacion-de.html>

## Refinación

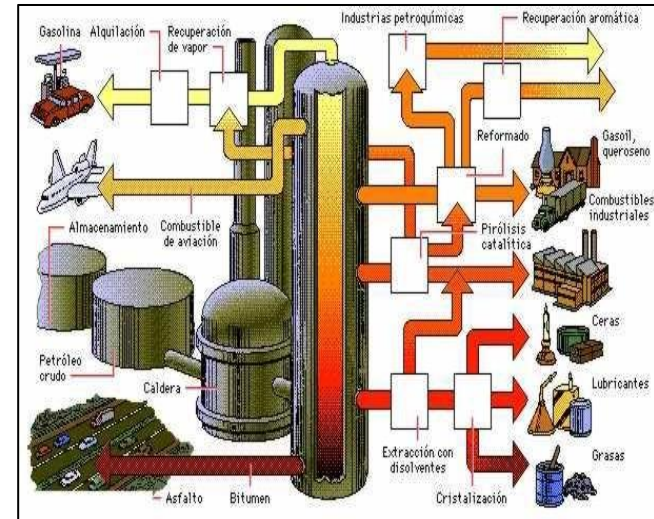
Se obtienen el polietilen tereftalato o politereftalato de etileno. Son derivados de petróleo y al ser puestos a reaccionar a temperatura y presión elevada se obtiene la resina PET, que se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad.

Su apariencia es la de pequeños cilindritos de color blanquizco, llamados chip, una vez seca se almacena en sacos para después ser procesada.

El material obtenido es mezclado con otros productos químicos para darle diversas características, por ejemplo colorantes.

**Pellet o pelet** es una denominación genérica, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido. El término es utilizado para referirse a diferentes materiales.

Pellet plástico: pequeñas concentraciones de resina  
Estos gránulos o pellets, se calientan o funden, convirtiéndose en una pasta uniforme.



**Figura 21. - Industria petroquímica**  
<http://lauraydaniel052.blogspot.mx/>



**Figura 22. - Pellet de plástico**  
Fuente: Alibaba.com

A partir de los polímeros y de acuerdo con el tipo de artículo que se desea confeccionar se emplean distintos procedimientos, siendo los principales:

- Moldeo por inyección.
- Moldeo por extrusión.
- Moldeo por soplado.
- Moldeo por vacío.
- Calandrado.

#### 1) Moldeo por inyección (formación de la preforma)

Un émbolo o pistón de inyección se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico ablandado por el calor a través del espacio existente entre las paredes del cilindro y una pieza recalentada y situada en el centro de aquél. Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeño.

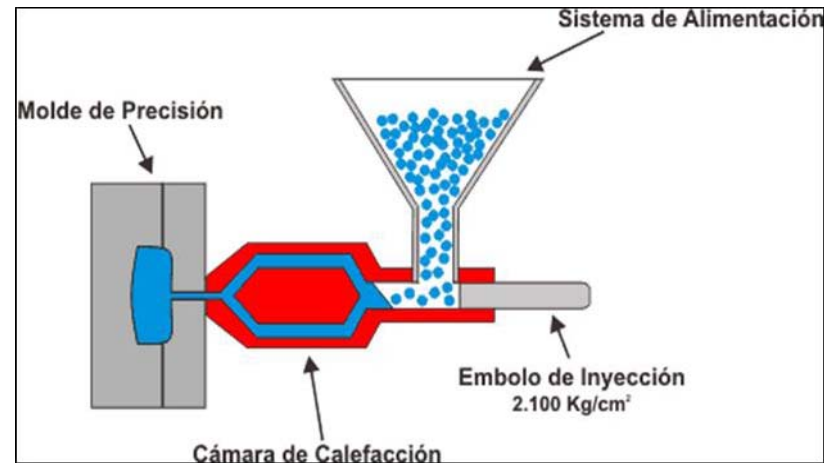


Figura 23. - Proceso de inyección para generar la preforma  
Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado>



Figura 24. - Preformas de PET  
Fuente: [http://lima.quebarato.com.pe/lima/fabrica-de-preformas-pet-laminas-termocontraibles-y-mangas-de-polietileno\\_8000A7.html](http://lima.quebarato.com.pe/lima/fabrica-de-preformas-pet-laminas-termocontraibles-y-mangas-de-polietileno_8000A7.html)

### Fabricación de la botella

Se parte de un tubo continuo de PVC rígido, de un diámetro apenas inferior al cuello de la botella.

Este se aprisiona entre las dos mitades del molde de la botella, luego una cuchilla corta el tubo a la altura de la boca de la botella, y una boquilla que encaja perfectamente en el tubo, insufla aire a presión. Como el tubo estaba previamente precalentado, hasta el punto de plasticidad, con el aire comprimido lo expande y lo oprime contra el molde que al estar refrigerado, enfría el plástico y lo vuelve rígido. En el momento en que ha enfriado se retira la botella extrayéndola del molde.

Una vez que la botella es utilizada se cumple, su ciclo y va a dar a los tiraderos de basura. Sumando la gran cantidad de residuos y el periodo tan largo de desintegración de ellos; creando así todos los problemas de contaminación ambiental que se han mencionados.

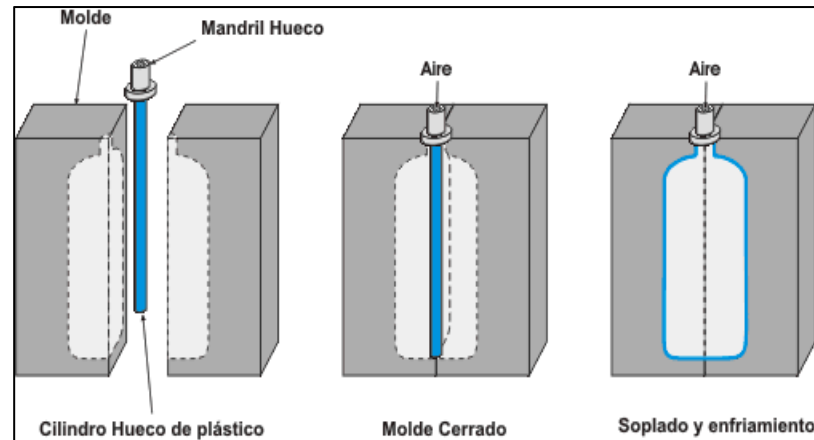


Figura 25. - Moldeo por soplado

Fuente: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado>



Figura 26. - Fabricación industrial de botellas

Fuente: <http://www.dariomasdario.com/botellasdeplastico.html>



Tiempo de degradación 100 a 1000 años.  
 Las botellas de plástico son las más rebeldes a la hora de transformarse. Al aire libre pierden su tonicidad, se fragmentan y se dispersan. Enterradas, duran más. La mayoría está hecha de tereftalato de polietileno (PET), un material duro de degradar: los microorganismos no tienen mecanismos para atacarlos.

Este ciclo es de la cuna a la tumba, si queremos ayudar al medio ambiente debemos llevarlo de la cuna a la cuna recicándolo.



**Figura 28.** - Diversas botellas de PET  
 Fuente: <http://cristalmunoz.com/go/perdida-de-peso/beber-agua-2/>



**Figura 27.** - Montañas de PET post-consumo  
 Fuente: <http://redanimalia.com/2011/03/31/agua-Embotellada-un-verdadero-problema/>

MATERIAL	TIEMPO
Papel	2-5 meses
Cáscaras de naranja	6 meses
Calcetines de lana	1-5 años
Colillas de cigarro	1-12 años
Plástico de envases de leche de cartón	5 años
Zapatos de piel	25-40 años
Tela Nylon	30-40 años
Latas de aluminio	80-100 años
Botellas de vidrio	1000-4000 años
Llantas de auto	500 años
Chicles	5 años
Botellas de plástico	100-1000 años



**Figura 29.** - Tiempo de degradación de los materiales  
 Fuente: <http://eliminarpilas.blogspot.mx/>

## 2.10 Reciclaje de Plásticos PET

El reciclaje es un proceso fisicoquímico o bien mecánico que consiste en someter un producto, una materia o un material ya utilizado a un tratamiento por el cual se obtiene materia prima como producto final, o incluso un nuevo producto. Otra definición para el reciclaje podría ser la obtención de materia prima a través de desechos, volviéndolos a introducir en el ciclo de vida. El reciclaje se da cuando hay un agotamiento de recursos naturales o bien para eliminar desechos.

El primer paso para el reciclaje de plásticos es la recolección.

Recolección: Todo sistema de recolección diferenciada que se implemente descansa en un principio fundamental, que es la separación, en el hogar, de los residuos en dos grupos básicos: residuos orgánicos por un lado e inorgánicos por otro; en la bolsa de los residuos orgánicos irían los restos de comida, de jardín, y en la otra bolsa los metales, madera, plásticos, vidrio, aluminio. Estas dos bolsas se colocarán en la vía pública y serán recolectadas en forma diferenciada, permitiendo así que se encaucen hacia sus respectivas formas de tratamiento.



Figura 30. - Separación de residuos

Fuente: <http://www.alianzatex.com/nota.php?nota=N0029288>

Centro de reciclado: Aquí se reciben los residuos plásticos mixtos compactados en fardos que son almacenados a la intemperie. Existen limitaciones para el almacenamiento prolongado en estas condiciones, ya que la radiación ultravioleta puede afectar a la estructura del material, razón por la cual se aconseja no tener el material expuesto más de tres meses.

Clasificación: Luego de la recepción se efectúa una clasificación de los productos por tipo de plástico y color. Si bien esto puede hacerse manualmente, se han desarrollado tecnologías de clasificación automática, que se están utilizando en países desarrollados. Este proceso se ve facilitado si existe una entrega diferenciada de este material, lo cual podría hacerse con el apoyo y promoción por parte de los municipios.



Figura 31. - Clasificación de plásticos

Fuente: <http://www.redcicla.org/organizacion/que-son-las-3-erres>.

El reciclado de plásticos PET post consumo se puede hacer de tres formas que son:

*Reciclado físico o mecánico:* Consiste en una serie de operaciones de trituración, lavado y clasificación para el posterior aprovechamiento. Este puede ser directo, o bien transformarse en granza y ser utilizado como materia prima para la fabricación de nuevos productos.

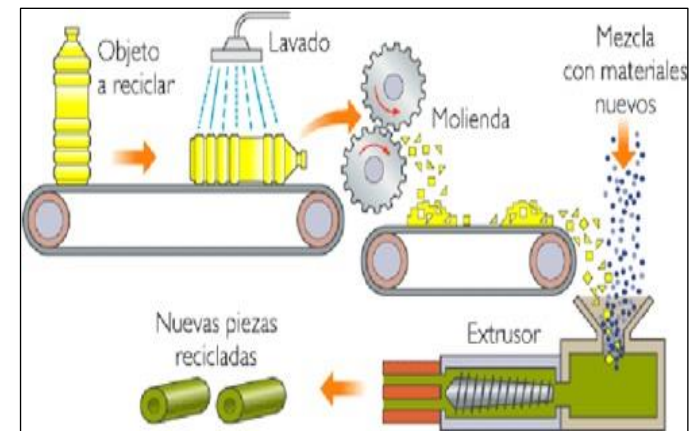


Figura 32. - Reciclado mecánico

Fuente: <http://materiales-industriales.wikispaces.com/PLASTICOS>

**Reciclado químico:** Consiste en la transformación de las largas cadenas poliméricas que constituyen los plásticos en hidrocarburos de cadena ligera para su posterior aprovechamiento en otros procesos. El calor actúa de elemento transformador.

**Reciclado energético:** Se refiere a la incineración con recuperación de energía.

Al igual que ocurre con el papel, el plástico no soporta ser reutilizado de manera infinita y tras varios procesos de reciclado queda inservible teniendo como único fin acabar sus días en los vertederos, donde tardará mucho tiempo en ser reabsorbido y su descomposición producirá grandes dosis de gases de efecto invernadero, principalmente metano cuyo efecto es 24 veces superior al del CO<sub>2</sub>.

Muchos plásticos pueden arder y servir de *combustible*. A modo de ejemplo: 1 kg de polipropileno aporta en su combustión casi tres veces más energía calorífica que 1 kg de madera de leña; 1 kg de PET aporta igual energía que 1 kg de carbón; Pero, al tratarse de un proceso de combustión, se genera CO<sub>2</sub> que es expulsado a la atmósfera y contribuye al efecto invernadero, así como otros compuestos gaseosos que pueden resultar tóxicos. Por ello, este proceso debe ser controlado.

Los procesos de reciclado van degradando el material. Por ello, según Cicloplast (Empresa española dedicada a

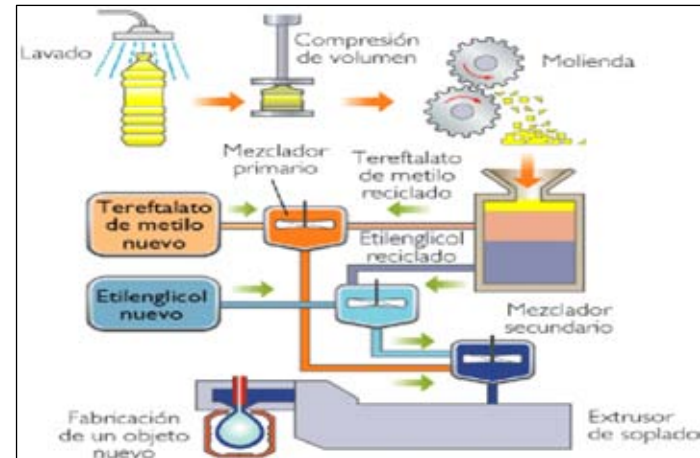


Figura 33. - Reciclado mecánico

<http://materiales-industriales.wikispaces.com/PLASTICOS>

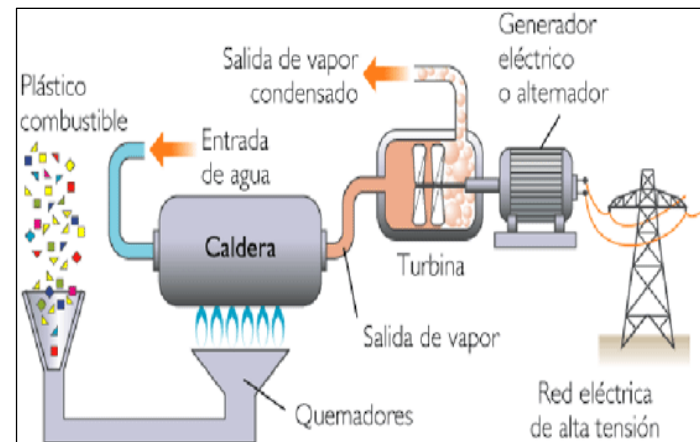


Figura 34. - Reciclado energético

Fuente: <http://cienciasnaturalesactividades.blogspot.mx/2014/02/por-que-son-un-problema-los-plasticos.html>



promover el reciclaje de plásticos), que integra a las empresas del sector plástico, sólo se puede reciclar unas 4 ó 5 veces. “Se puede incrementar este número si se añaden aditivos en el material virgen para mejorar sus propiedades”, asegura Alberto Caldeiro, director técnico de esta sociedad.

¿En qué se convierte ese plástico reciclado? Como explica Caldeiro, el 26% va destinado a fabricar tuberías, el 22% a láminas y bolsas, el 14% a piezas industriales, el 19% a perchas, calzado, mobiliario urbano. Algunos envases de plástico vuelven a transformarse en nuevos envases, pero existen restricciones para aquellos que contienen alimentos o bebidas. Con el plástico es habitual que el material reciclado se dedique también a otras aplicaciones diferentes a la que tenía en su primera vida (y esto hace que a veces no sea fácil encontrar compradores). En el caso de las botellas de PET, se pueden convertir en un forro polar o en una alfombra. Se le habrá dado una nueva vida al plástico, pero será sólo su última etapa hacia el vertedero, pues no habrá forma de devolverlo otra vez al principio del ciclo. Para aquellos plásticos ya degradados por fases de reciclado anteriores, Caldeiro es partidario de lo que denomina “reciclado energético”, lo que en realidad significa desviarlos a una incineradora para generar electricidad mediante su quema. Según datos de Cicloplast, en España se recicla el 21% del plástico, se quema para generar electricidad el 14% y se envía a vertedero un 65% (Álvarez C., 2010, 30 de octubre).

El mercado natural para el reciclaje de este material tiene un gran potencial, ya que de los que se recolecta, sólo entre 20 y 30% se queda, el resto se exporta a China y otros países a un precio de \$3 pesos el kilo. China es el principal mercado de reciclado, este país importa 250 mil toneladas de Estados Unidos, 150 mil de la Unión Europea y 25 mil de México.

Se calcula que el valor potencial del mercado de reciclaje de **PET** asciende a 700 millones de dólares anuales; sin embargo, hasta el momento sólo se aprovecha alrededor de 15% de lo que se produce en el país. El valor actual de la incipiente industria de reciclaje de **PET** en México se calcula en \$44 millones de pesos.

El tipo de reciclado que se propone en este estudio es el mecánico debido a que es el más sencillo y el que requiere para su proceso menor cantidad de energía.



**Figura 35. - Segundo ciclo de los desechos de PET (propuesta de esta investigación)**

**Fuente: Elaboración propia con imágenes de internet y fotografías propias**

## 2.11 Uso de los desechos plásticos PET en la construcción

En este momento y desde hace varias décadas los países más desarrollados están preocupados por darles un uso a los desechos plásticos con el propósito de minimizar la contaminación que éstos provocan en el planeta. Si son recuperados apropiadamente, son una materia prima muy valiosa para fabricar: telas, fibras, láminas, y entre otros materiales de construcción.

En la construcción el uso de PET es limitado, pero poco a poco van surgiendo investigaciones y experimentos que van demostrando que puede sacarse provecho de este material, el cual puede utilizarse como reúso o reciclado. Su uso principalmente es como muro aun cuando hay aplicaciones como cubierta, panel solar, o losa. Como se verá a continuación en los ejemplos.

- **Reúso**

Se refiere a darle un uso a la botella sin hacerle ningún tratamiento. Utilizada de este modo va desde construcciones humildes como vivienda emergente para aquellos que no tienen de que echar mano, solo los desechos, hasta construcciones sofisticadas. Todos con diferentes variantes en su uso.



*Figura 37. - Botella rellena de residuos*  
<http://www.dondereciclo.org.ar/blog/ecoladrillos-una-nueva-opcion-para-reutilizar-residuos-plasticos/>



*Figura 36. - Construcción a partir de botellas de plástico (casa en Guatemala)*

Fuente: de <http://www.basurillas.org/construccion-a-partir-de-botellas-de-plastico-pura-vida/>

Existen diversas técnicas para reutilizar los envases de PET en la construcción. Por ejemplo, en Guatemala rellenan cada botella con plástico, mientras en Bolivia lo hacen con tierra. En ambos casos, las botellas acomodadas se usan como ladrillos que se pegan con mortero. En México hay ejercicios de este tipo en Tlaxcala y en Nuevo León. Aquí se presentan diferentes ejemplos de utilización en construcciones con diversos usos.

En otros casos la botella se utiliza con una especie de refuerzo a base de bambú antes de ser recubierta con mortero o barro.

#### Procedimiento constructivo

Las botellas se rellenan de tierra y se van colocando horizontales y en algunos casos verticales, entre las hiladas se coloca mezcla para asentarlas y nivelarlas para obtener así los muros de la construcción, terminados los muros, se atan las tapas con alambre recocido, horizontal y verticalmente para formar una malla. Finalmente se recubren por ambas caras del muro con un aplanado de cemento-arena, y se construyen los castillos. Algo importante es rellenar las botellas con materiales locales disponibles, como escombros, arena o tierra. Ésta debe ser colada con una malla para facilitar el llenado, en seguida, con la ayuda de un embudo, se llena cada botella, el siguiente paso es comprimir bien la tierra por dentro con ayuda de alguna varilla o palo para que ésta resulte bien prensada.



**Figura 38. - Construcción con madera, PET y mortero**  
Fuente: García H. E. (7 octubre de 2011).



**Figura 39 . - Casa construida con botellas PET en Nigeria**  
Fuente: <http://generatuenergia.com/2011/11/29/Construcción-sostenible-reciclando-botellas-pet-nigeria-africa>

El resultado final es un envase muy duro, “tan duro como un ladrillo, un ladrillo de plástico”. En seguida se cierra con el tapón original de plástico para evitar la fuga de la tierra y garantizar la dureza. Los envases llenos deben de superar una prueba de calidad que garantiza si están suficientemente compactos para formar parte de la construcción y en caso contrario, debe comprimirse o llenarse más. Ésta es una de las medidas que asegura la calidad de la edificación. (Sistema constructivo con botellas de plástico: ecotec, 31 de marzo de 2012).



**Figura 40.** - Taller de autoconstrucción con botellas de plástico en Kajunga, Uganda en 2010. (izquierda). Oficina de la Asociación de Mujeres Unidas de Campo Cielo en Tegucigalpa (derecha)  
Fuente: <http://ecococos.blogspot.mx/2012/03/sistema-constructivo-con-botellas-de.html>



**Figura 41.** - Acabado estético con las botellas vistas y construcción de bóveda en Tegucigalpa, Honduras en 2005  
Fuente: <http://ecococos.blogspot.mx/2012/03/sistema-constructivo-con-botellas-de.html>

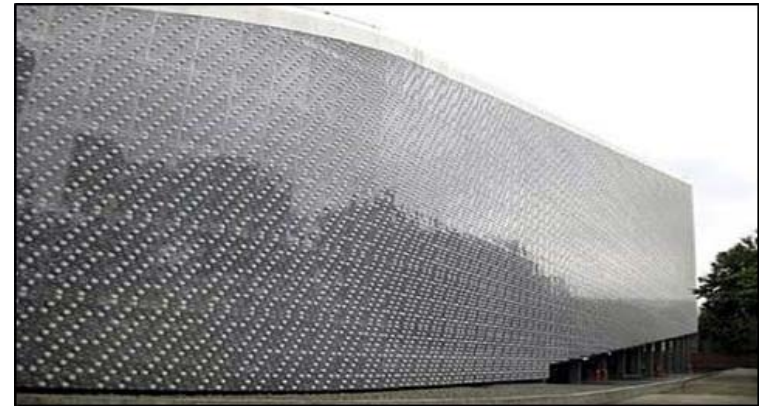


El diseñador Garth Britzman tuvo una gran idea para reutilizar aquellas botellas PET que se acumulan en nuestros vertederos, usándolas para construir este techo multicolor. Las botellas están amarradas, suspendidas y rellenas con líquido de distintos colores y cumple perfectamente su misión de proteger de los rayos solares.



**Figura 42.** - Cubierta para estacionamiento de botellas  
Fuente: <http://ecoinventos.com/2012/botellas-pet-para-impresionante-techo-multicolor>

El edificio más grande construido con botellas PET es el centro de convenciones, el pabellón EcoARK, inaugurado en 2010. Consta de tres plantas y cuenta con un anfiteatro, un salón de exposiciones de 130 metros de ancho por 26 de alto fue levantado por el grupo taiwanés de construcción y servicios financieros Far Eastern Group con un costo de unos 3 millones de dólares y donado al ayuntamiento de Taipéi (capital de Taiwán) para atraer la atención de la gente sobre la vital importancia de comprometernos con los tres conceptos clave del desarrollo sostenible: reducir, reutilizar y reciclar.



**Figura 43.** - EcoARK, construido con 1.5 millones de botellas.  
Fuente: <http://www.amarilloverdeyazul.com/el-edificio-construido-con-botellas-de-plastico-mas-grande-del-mundo/>

A pesar de su gran tamaño, la composición del edificio lo hace ligero y movable es un 50% más liviano que un edificio convencional- pero es capaz de soportar los embates de tifones y las sacudidas de terremotos. Además se demuestra que el reciclaje no está en absoluto reñido con la funcionalidad, la calidad y el buen diseño.

- **Reciclaje**

El reciclaje es un proceso donde las materias primas que componen los materiales que usamos en la vida diaria como el papel, vidrio, aluminio, plástico, etc., una vez terminados su ciclo de vida útil, se transforman de nuevo en materiales útiles.

En el caso del plástico ya se habló de los 3 tipos de reciclaje y hay investigaciones y experimentos aplicando los tres procedimientos como se verá en la siguiente parte del trabajo.

*Por reciclado físico o mecánico*

Algunas organizaciones y empresas que comenzaron a desarrollar nuevos materiales de construcción, como el AVE (Asociación de la Vivienda Económica de Argentina), y el CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba, Argentina), que en conjunto con algunas universidades, han realizado investigaciones con diferentes tipos de plástico, empleándolo como un agregado al cemento, sustituyendo los agregados comúnmente utilizados (arena, grava) o mezclándolo en conjunto, resultando una nueva mezcla que es empleada en los elementos de construcción tales como tabiques, placas y bloques para diferentes usos.

En otras partes del mundo el uso de plástico reciclado en la construcción también ha tomado fuerza. En Letonia se creó un programa para la generación de materiales de construcción, como hormigón y ladrillos con residuos de botellas de PET, cartón y envases de yogur.

Investigadores del Centro Tecnológico de Letonia, del Instituto de Mecánica de Polímeros de la Universidad de ese país y un grupo



*Figura 44.* - Bloques de plásticos reciclado comprimido

Fuente: <http://blog.construmatica.com/ladrillos-De-plastico-reciclado/>

español crearon una sustancia a partir de residuos de polímeros que se mezcla con materiales como arena, desechos de construcciones y vidrio para generar hormigón sin cemento.

En Argentina uno de los precursores del uso de plásticos declaró lo siguiente:

Los desperdicios que producimos son infinitos -dice el arquitecto Horacio Berreta, que dirigió el proyecto- y la fabricación del ladrillo clásico es un verdadero desastre ecológico, porque se hace con humus que tarda miles de años en formarse y en hornos a cielo abierto, como ocurría en Babilonia. Es decir, que por un lado enterramos la basura y, por el otro, devastamos la tierra fértil. Nosotros proponemos una tecnología que ayuda a paliar ambos problemas, pero además es más económica, muy eficiente desde el punto de vista de la aislación y fácil de fabricar. (Lanación.com, 16 de octubre de 2006).

A continuación se presentan varios materiales compuestos con PET, producto de diversas investigaciones.

En la figura 45 se muestran diversos tipos de bloques, el de la izquierda, ensamblable, y para su construcción se requiere más de un tipo de pieza. El de la derecha es un bloque hueco, propuesto para construir muros divisorios.



**Figura 45.** - Diferentes prototipos de bloques, usando PET  
Fuentes: Máas A. (2012), Domínguez G. (2011).



El PET reciclado mecánicamente también se investiga y propone como agregado al concreto de baja resistencia en diferentes universidades de varios países como son: La India, Brasil, Venezuela, Portugal y México.

*Reciclado Químico (materiales fabricados con plásticos con este proceso)*

El ingeniero mexicano Mariano Núñez inventó un tabique hecho con PET cuya forma es similar a la de una pieza de lego; con esta ecotecnia es capaz de construir un edificio de hasta siete metros de altura.

Estos paneles son fonoabsorbentes desarrollados con respeto al medio ambiente. Están hechos de 100% poliéster (60% de fibra de PET reciclado y 40% de fibra de PET virgen) y son 100% reciclables, proporcionan muchas ventajas que los paneles estándar no lo hacen, como: formaldehído, inodoro, libre de polvo y un mayor grado de resiliencia, entre otros.

Placas, este material es Idea del Dr. Khoury y consiste en calentar las escamas y mezclarlas con subsuelo que contiene limo y arcilla. Él la llama Plastisoil. (Se requieren unas 30 mil botellas para hacer una tonelada del material propuesto). Cuando se mezcla con áridos (piedra triturada que se utiliza en los cimientos de carreteras y edificios) se forma un material similar al hormigón o asfalto que puede utilizarse en pavimentos, actualmente peatonales, y se busca que sean también vehiculares.



**Figura 46. - Mezcla de arena plástica y pétreos convencionales**  
Fuente: Méndez E. (2012)



**Figura 47. - Tabique plástico**  
Fuente: Santos L. (13 de febrero de 2013)



**Figura 48. - Placas de panel acústico**  
<http://spanish.alibaba.com/products/recycled-pet-acoustic-panel-1857100434.html>



**Figura 49. - Bloques para pavimento**  
Fuente: <http://www.economist.com/node/17664351>

### Reciclado energético

Este procedimiento se aplica a plásticos que no son factibles de reciclar o que ya llegaron a su límite de reciclaje, porque han sido reciclados varias veces. Este proceso debe realizarse de manera controlada o de lo contrario contaminará aún más al desprender CO<sub>2</sub> a la atmósfera así como otros compuestos gaseosos que pueden resultar tóxicos contribuyendo así al efecto invernadero.

La incineración de estos plásticos produce energía calorífica que puede aprovecharse para producir calefacción, electricidad y agua caliente.

Existen ya en el mundo algunas empresas en Brasil, Europa y Japón que realizan este tipo de reciclaje, basados en el poder calórico de los plásticos.

Un gramo de PET libera una energía de 22,075 Btu/g similares a las que tienen otros combustibles derivados del petróleo. Es por ello, que en algunos países como Italia se viene utilizando en los hornos de las cementeras.

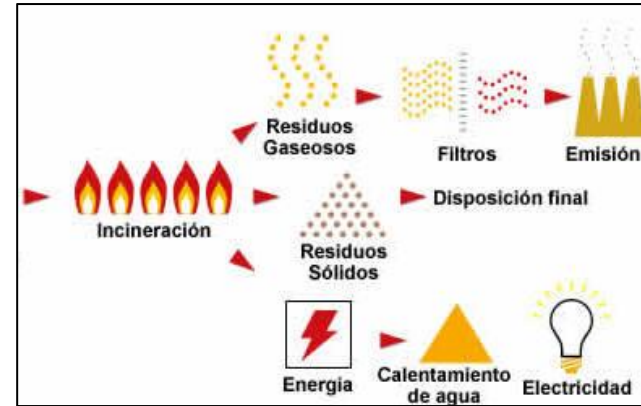


Figura 50. - Reciclado energético y sus productos  
Fuente: [http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado\\_auto/tiposdereciclado.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/tiposdereciclado.htm)

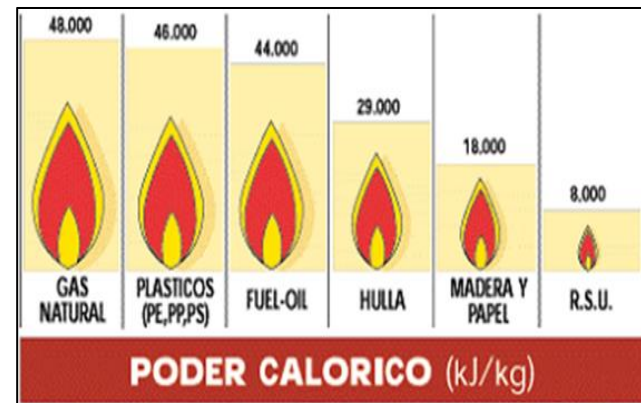


Figura 51. - Poder calórico del plástico comparado con otros materiales

Fuente: [http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado\\_auto/tiposdereciclado.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/tiposdereciclado.htm)

## Capítulo III. MAMPOSTERÍA Y GENERALIDADES DEL TABICÓN

### 3.1 Definición de mampostería

Se le llama mampostería al procedimiento constructivo en el cual un muro o estructura se erige a partir de sobreponer piezas o bloques manualmente (a estas piezas se les denomina mampuestos).

El uso de la mampostería se remonta a las primeras civilizaciones que poblaron la tierra. Las ruinas de Jericó (Medio Oriente, 7350 a.C.), las pirámides de Egipto (2500 a.C.), la gran muralla China (200 a.Ca 220 d.C.), las pirámides de Yucatán en México (500 d.C.), estas construcciones, son sólo algunos ejemplos de este sistema constructivo.

Se pueden distinguir 2 principales tipos de mampostería:

#### Mampostería en seco

En este tipo de mampostería no se emplea ningún mortero. Hay que escoger los mampuestos uno a uno para que el conjunto tenga estabilidad. Se emplean piedras pequeñas, llamados ripios, para acuñar los mampuestos y rellenar los huecos entre éstos.

#### Mampostería ordinaria

Se ejecuta con un mortero de cal o cemento. Las piedras deben adaptarse unas a otras lo más posible para dejar el menor porcentaje de huecos relleno de mortero. Únicamente se admitirá que aparezca el ripio al exterior si la fábrica se va a revocar posteriormente.

Han sido muchos los materiales utilizados a lo largo de la historia como elementos componentes de la mampostería y al paso del tiempo los procesos de fabricación han evolucionado.

En el pasado todas las construcciones a base de mampostería fueron construidas a partir de reglas empíricas. Es hasta mediados del siglo XX que aparecen las primeras normativas y reglamentaciones de diseño. La aplicación de los principios de ingeniería estructural ha significado un avance importante en el avance de las propiedades y del comportamiento de la mampostería.

### 3.2 Materiales de la mampostería

Por mampostería se entiende al conjunto de dos fases de materiales constituidas por bloques ya sea naturales o fabricados, adheridos con mortero. Las dimensiones de estos bloques varían en cada región.

La primera unidad artificial de mampostería consistió en una masa amorfa de barro secado al sol, conocida con el nombre de adobe (Ruinas de Jericó-Medio Oriente, 7350 a.C.), posteriormente se crearon unidades de tierra y de arcilla cocida en Sumeria (Valle de Tigris y Éufrates 4000 a.C.) y en una de sus ciudades más antiguas, Ur (3000 a.C.). Esto fue dando paso a la masificación de las construcciones de mampostería en las primeras civilizaciones. A partir de ese momento, se levantaron grandes construcciones de ladrillos asentados con betún o alquitrán, como por ejemplo la Torre de Babel (8 pisos).

El primer intento de reglamento de construcción fue creado por el rey Hammurabi en Babilonia (1700 a.C.), donde se especificaba que si por causas atribuibles al constructor, fallecía el propietario de una vivienda, se debía dar muerte al constructor.

El Código de Hammurabi fue tallado en un bloque de basalto de unos 2,50 m de altura por 1,90 m de base y colocado en el templo de Sippar; asimismo se colocaron otros ejemplares similares a lo largo y ancho del reino.



Figura 52. - Hammurabi, de pie, delante del dios del Sol Shamash

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo\\_de\\_Hammurabi](http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_Hammurabi)

El objeto de este código era homogeneizar jurídicamente el reino de Hammurabi. Dando a todas las partes del reino una legislación común, se podría controlar al conjunto con mayor facilidad.

Los materiales existentes en cada región, generaron una gran variedad de tipos de construcciones, desde las pirámides de Giza en Egipto, construidas con mortero de yeso y arena, hasta el templo de la diosa Atenea en Grecia (Partenón), donde se utilizaron piedras asentadas con mortero de cal y revestidas con mármol. Por su parte el mortero de cemento puzolanico (nombre dado porque la fuente de extracción del material volcánico se encontraba cerca de la ciudad de Puzzuoli en el Golfo de Nápoles, Italia), fue utilizado en las construcciones romanas. El pueblo romano usó hormigón en sus construcciones, para lo cual utilizaron cal como aglomerante. Se puede mencionar la construcción del alcantarillado de Roma, hace 2.300 años. Ellos elaboraban sus fábricas (opus caementicium) con una mezcla de guijarros (caementa) y aglomerante de cal y puzolana. La palabra pasó de la piedra al aglomerante. De ahí la palabra “cemento”.

### **3.3 Unidades de mampostería**

Los principales materiales que pueden ser utilizados para su construcción son:

- Piedra: Fue el material más utilizado en la antigüedad debido a su alta resistencia y abundancia, sin embargo tiene limitantes como son: su peso excesivo y transporte.
- Adobe: Piezas formadas por tierra arcillosa mezcladas con paja, arena estiércol u otro material con forma paralelepípedica, elaborado a mano con molde de madera.
- Ladrillo: Es un mampuesto (puesto a mano) de forma ortoédrica, fabricado con una gran variedad de materiales como barro seco, arcilla cocida, pizarra o la mezcla de éstos. Su fabricación consiste en someter a la unidad a temperaturas entre 750°C y 1300°C, de tal forma que el agua se evapore y las partículas de arcilla se endurezcan. En el siglo XIX comienza a utilizarse maquinaria para la elaboración de los ladrillos, así mismo se construyen los ladrillos que nosotros llamamos tabiques tanto los sólidos como los huecos. La

parte negativa de este material es la gran cantidad de contaminación que generan los hornos en los cuales el material es cocido.

- Bloques de concreto: Estas unidades se componen por cemento, agua y agregados minerales son fabricadas, por presión o vibro compactación, hay bloques sólidos y huecos. Los factores más importantes que afectan las propiedades de los bloques son:
  - a) Relación agua-cemento;
  - b) Tipo de agregados utilizados, y
  - c) Tiempo de fraguado.

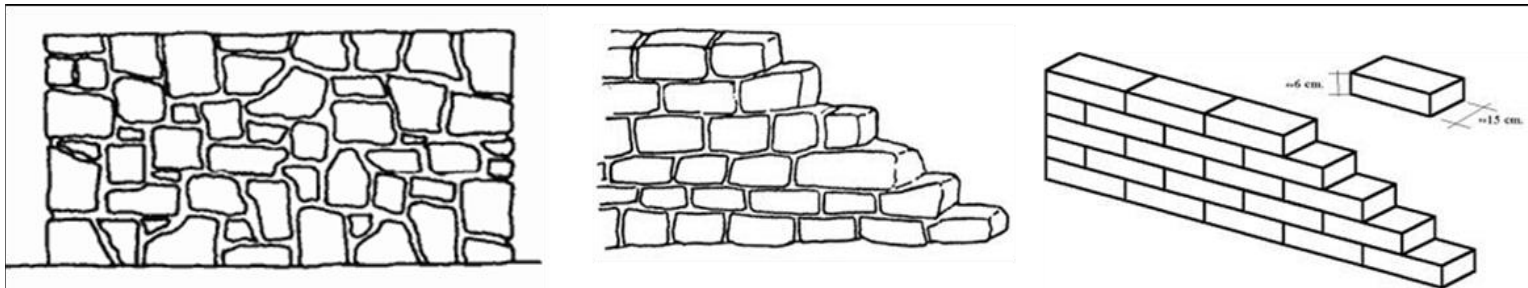


Figura 53. -Mampostería a base de piedra y de tabique  
Fuente: <http://www.petrecal.com/mamposteria/>

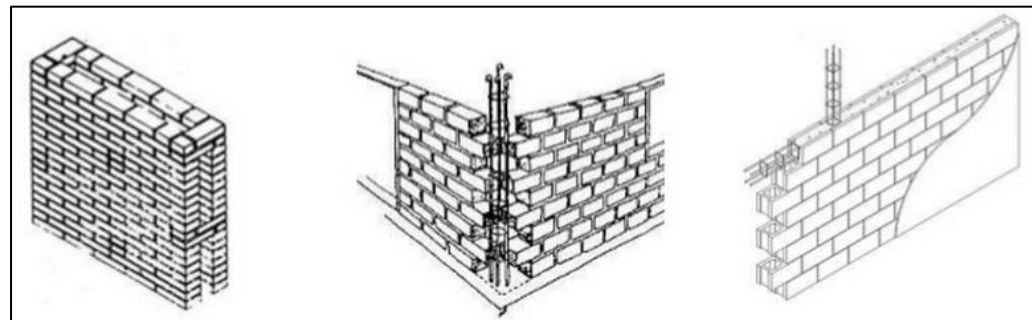


Figura 54. – Diferentes acomodos de los tabiques en un muro: doble, al hilo y capuchino.  
Fuente: <http://es.slideshare.net/jamieduardocantoral/muros-y-castillos>



### 3.4 Propiedades mecánicas de las unidades de mampostería

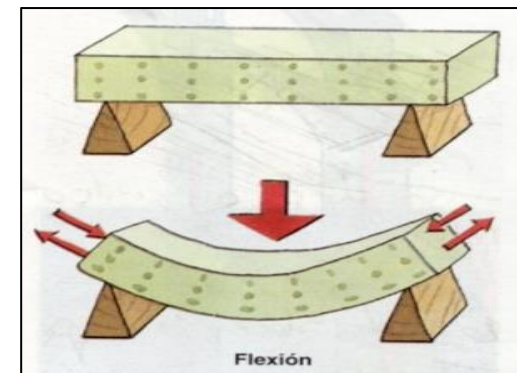
Las propiedades mecánicas de estos materiales están en función de su composición, estructura o comportamiento ante algún efecto físico o químico, estas propiedades son usadas en dichos materiales de acuerdo a las necesidades requeridas en la construcción.

Cada material tiene unas propiedades mecánicas definidas (elasticidad, plasticidad, maleabilidad, dureza, etc.), entre ellas la que más nos interesa, es la Resistencia Mecánica, la cual es definida como: su capacidad de resistir fuerzas o esfuerzos. Siendo los tres esfuerzos básicos los siguientes.

**Esfuerzo de Flexión:** Las fuerzas externas actúan sobre el cuerpo tratando de “doblarlo”, alargando unas fibras internas y acortando otras.

Cualquier fuerza externa que se aplique sobre un material causa deformación, la cual se define como el cambio de longitud a lo largo de la línea de acción de la fuerza. Para estudiar la reacción de los materiales a las fuerzas externas que se aplican, se utiliza el concepto de esfuerzo.

El esfuerzo tiene las mismas unidades de la presión, es decir, unidades de fuerza por unidad de área. En el sistema métrico, el esfuerzo se mide en Pascales (N/m<sup>2</sup>). En el sistema inglés, en psi (lb/in<sup>2</sup>). En aplicaciones de ingeniería, es muy común expresar el esfuerzo en unidades de Kg /cm<sup>2</sup>.



**Figura 55. - Prueba de flexión**  
Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/files/2011/05/img-5.jpg>

**Esfuerzo de compresión:** Es el resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable, se caracteriza porque tiende a una reducción de volumen o acortamiento en determinada dirección, ya que las fuerzas invertidas ocasionan que el material quede comprimido, también es el esfuerzo que resiste el acortamiento de una fuerza de compresión.

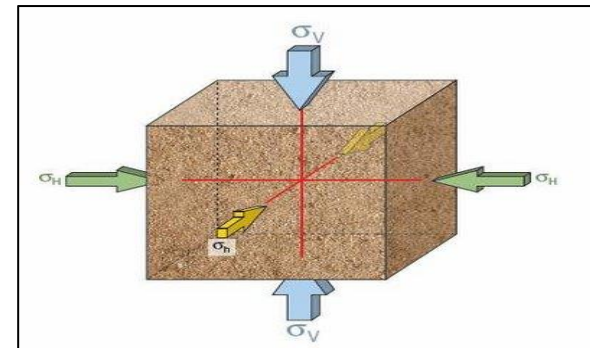


Figura 56. - Esfuerzo de compresión

Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>

Material	Intervalo $f'_{cb}$ ( $T/m^2$ )
Piedra	$4.000 < f'_{cb} < 10.000$
Hormigón macizo	$1.500 < f'_{cb} < 2.500$
Arcilla	$500 < f'_{cb} < 2.000$
Hormigón aligerado	$400 < f'_{cb} < 600$
Adobe	$100 < f'_{cb} < 150$

Figura 58. - Resistencia a compresión de diferentes unidades de mampostería, obtenidas por ensaye

Fuente: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/07CAPITULO6.pdf?sequence=7>

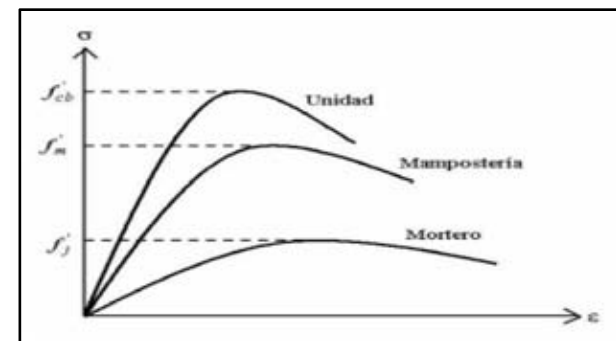


Figura 57. - Relación Esfuerzo-Deformación

Fuente: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/07CAPITULO6.pdf?sequence=7>



La resistencia a compresión se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-036. Sin embargo estas resistencias obtenidas individualmente sufren una disminución drástica cuando se ensayan formando parte de un panel de mampostería.

La resistencia de diseño a compresión de la mampostería, ( $f_m^*$ ), sobre área bruta, se determinará con alguno de los siguientes tres procedimientos:

*Resistencia a compresión:* Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.

*Resistencia a compresión diagonal:* Ensayes de muretes construidos con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.

*Valores indicativos:* Si no se realizan determinaciones experimentales podrán emplearse los valores de ( $f_m^*$ ) que, para distintos tipos de piezas y morteros, se presentan en la siguiente tabla.

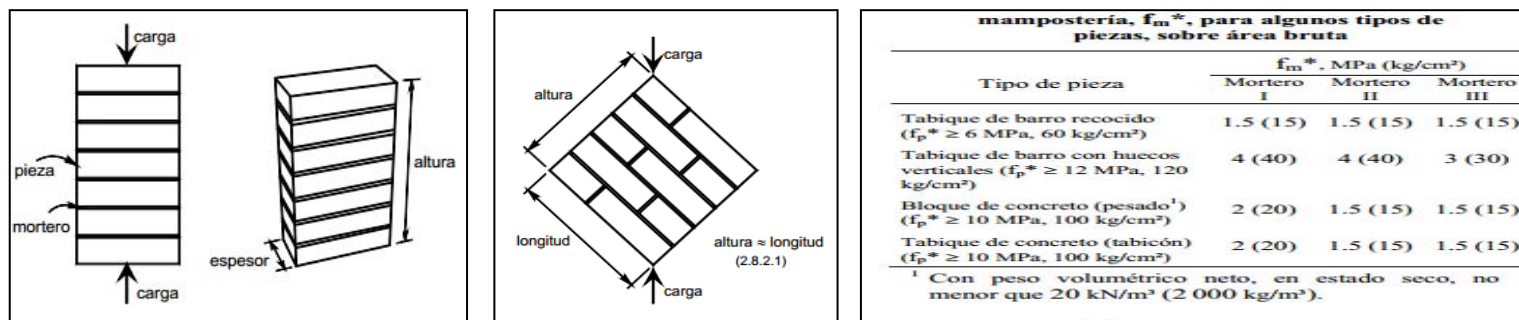


Figura 59. - Ensayes para obtener la resistencia a compresión de la mampostería: Pilas, Murete y Valores indicativos.

Fuente: Arnal S. y Betancourt M. (2005), Normas Técnicas Complementarias para de Mampostería p. 682,684 y 685.

**Esfuerzo a cortante:** Este tipo de esfuerzo busca cortar el elemento, esta fuerza actúa de forma tangencial al área de corte. Como se muestra en la siguiente figura. Y viene dado por la siguiente fórmula.

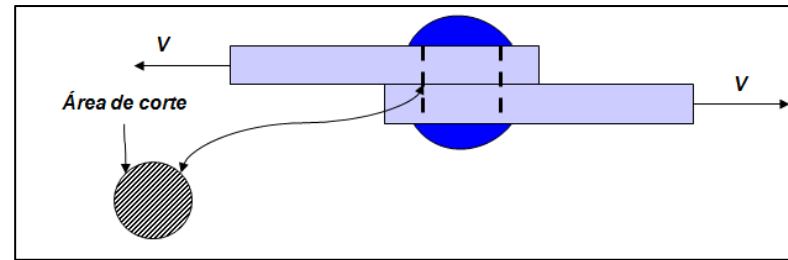


Figura 60. - Elemento sometido a cortante

Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>

$$\tau = \frac{\text{Fuerza tangencial al área transversal del elemento}}{\text{Área de corte elemto.}} = \frac{V}{A_c}$$

**Otras propiedades importantes a considerar en las piezas de mampostería son:**

Contenido de humedad y absorción, éstas son de las propiedades más importantes de las unidades y tienen un efecto considerable sobre las características de la mampostería.

El contenido de agua se define como la masa de agua por unidad de volumen, la cual puede ser expresada, en términos absolutos o en términos relativos a la densidad de la humedad cuando está seca. A esto se conoce como:

Absorción total (24 horas).

Absorción inicial (10 minutos).

*\*A partir de este punto la investigación y los trabajos de laboratorio serán específicamente sobre la unidad de mampostería de concreto aligerado es decir TABICÓN, considerando los esfuerzos mecánicos mencionados anteriormente.*

### 3.5 Origen de los bloques de concreto

El opus caementicium u hormigón romano, (del latín: escombros, piedra en bruto), es un tipo de obra hecha de mortero (cal-arena) y de residuos de piedra volcánica (puzolana). La mezcla se hacía a pie de obra, alternando paladas de mortero con guijarros. Los romanos fueron ante todo prácticos y crearon piezas repetitivas que no requirieran mano de obra especializada. 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 principios del siglo XIX que en Inglaterra se originó uno de los grandes avances en el sector constructivo: la fabricación del bloque de concreto los cuales eran sumamente sólidos y pesados pues usaban cal como cementante.

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.

### 3.6 Usos y características de bloques de concreto

Los bloques de concreto son principalmente usados como materiales de construcción de muros. 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 del muro.

La desventaja del bloque de concreto es su peso. Debido a que el concreto tiene un peso volumétrico de  $2000 \text{ kg/cm}^3$ , un bloque de  $6 \times 12 \times 24 \text{ cm}$  pesa aproximadamente  $3.45 \text{ kg}$ . Debido a esta característica es que surge el tabicón, un material similar, fabricado con agregados más ligeros que la arena y la grava, lo cual también disminuye el costo. Sin embargo el material obtenido tiene menor resistencia.

El tabicón es un bloque sólido de forma prismática, siempre es macizo. Su fabricación es a base de moldeo, es de color natural grisáceo y de superficie rugosa. Se utilizan para construir muros de carga y se pueden recubrir con todo tipo de aplanados.



**Figura 61.** - Diferentes tipos de bloque de concreto  
Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/09/el-bloque-de-concreto-en-albanileria/>



**Figura 62.** - tabicón ligero y pesado  
Fuente: <http://casagongora.com/tabiques.html>

Existen comercialmente dos tipos de tabicones el sólido de concreto conocido como tabicón pesado y el tabicón ligero cuya diferencia son los agregados utilizados en su fabricación. Los tabicones pesados se utilizan en la construcción de muros de plantas bajas para resistir a los muros de niveles superiores, los cuales pueden ser contruidos con tabicones ligeros.

### **3.7 Normatividad que debe cumplir el tabicón en México**

El documento más importante que norma al diseño y construcción de la Arquitectura en México es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), apoyado también por las Normas Técnicas Complementarias (NTC). Para el caso del material analizado, nos remitimos a las Normas Técnicas Complementarias de Mampostería (NTCM), las cuales en su punto 2, dicen lo siguiente: (Arnal y Betancourt, 2005, p. 675):

#### 2. Materiales para mampostería

##### 2.1 Piezas

##### 2.1.1 Tipos de piezas

Las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCE, con excepción de lo dispuesto para el límite inferior del área neta de piezas huecas señalada en la sección 2.1.1.2.

Esta es la razón por la cual este trabajo se basa en la Norma NMX referida, así como en aquellas otras que ayudarán a definir las propiedades y métodos de ensayo del material. Así mismo se hará referencia la NTC y al RCDF.

Otras propiedades descritas en las NTC. son:

Peso volumétrico neto mínimo de las piezas en estado seco.

Resistencia a compresión, la cual nos dice se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-036, así mismo nos marca que para diseño se empleará un valor de resistencia,  $f^*p$ , medida sobre el área bruta, que se determinará como el que es alcanzado por lo menos por el 98% de las piezas producidas.

Tipo de pieza	Valores en $kN/m^2$ (kg/m <sup>2</sup> )
Tabique de barro recocido	13 (1300)
Tabique de barro con huecos verticales	17 (1700)
Bloque de concreto	17 (1700)
Tabique de concreto (tabicón)	15 (1500)

Figura 63.- Peso volumétrico neto mínimo de piezas en estado seco

Fuente: Normas Técnicas Complementarias de Mampostería. p. 676

### 3.8 Origen de El ONNCCE

En el marco de la llamada "Globalización de Mercado" y con la suscripción de los Tratados de Libre Comercio de México con América del Norte, la Comunidad Económica Europea, los Países que forman la llamada Cuenca del Pacífico y América Latina; los fabricantes de bienes y servicios deben tomar una nueva actitud de producción y negocios ya que las estrategias comerciales basadas exclusivamente en el precio o la supremacía del líder, aunque importantes, resultan insuficientes. Esta nueva actitud tiene como eje principal la búsqueda de una competitividad sostenible mediante la mejora continua de la calidad de los bienes y servicios como condición indispensable para vivir.

La industria de la construcción para enfrentar estos retos, creó en 1994 el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (ONNCCE), mismo que en 1994 fue acreditado por la Secretaría de Economía como Organismo Nacional de Normalización; en 1997 obtuvo la acreditación como Organismo de Certificación de Producto por la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. (EMA) con la aprobación de las Secretarías de Economía y de Desarrollo Social, de la Comisión Nacional de



Figura 64. - El ONNCCE  
Fuente: <http://www.onncce.org.mx/>

Ahorro de Energía (actualmente CONUEE) y de la Comisión Nacional del Agua; en 2000 fue acreditado por la EMA como Organismo de Certificación de Sistemas de Calidad.

El ONNCCE, es una Sociedad Civil reconocida en el ámbito nacional, que tiene como propósito contribuir a la mejora de la calidad y de la competitividad de los productos, procesos, servicios y sistemas relacionados principalmente con la industria de la construcción a través de la Normalización de Certificación.

De acuerdo con el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (ONNCCE) en su Catálogo de Normas (2012), las normas mexicanas que establecen las características físicas, especificaciones y métodos de ensayo para medir el comportamiento ante diferentes esfuerzos de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones, son las siguientes:

NMX-C-404-ONNCCE-2012

Industria de la construcción – Mampostería – Bloques, tabiques o ladrillos para uso estructural - Especificaciones y métodos de ensayo.

NMX-C-036-ONNCCE-2012

Industria de la construcción-Mampostería-resistencia a la compresión de Bloques, tabiques (ladrillos y tabicones) y adoquines. Método de ensayo.

NMX-C-037-ONNCCE-2012

Industria de la construcción-Mampostería-determinación de la absorción inicial de agua en Bloques, tabiques (ladrillos y tabicones) y adoquines. Método de ensayo.

NMX-C-038-ONNCCE -2012

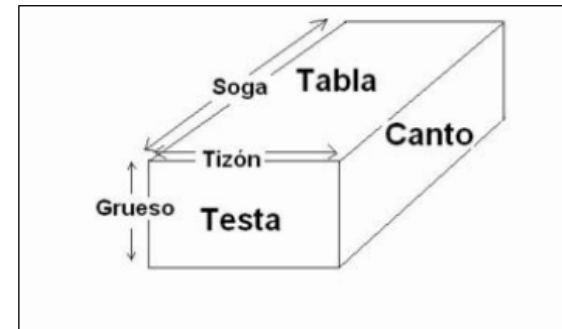
Industria de la construcción-mampostería-determinación de las dimensiones de bloques, tabiques (ladrillos y tabicones) y adoquines. Método de ensayo.

De acuerdo a la norma NMX-C- 404 ONNCE-2012, un tabicón debe tener las siguientes características:

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

Que de acuerdo a esta norma son:

- Grava – Cemento.
- Arena – Cemento.
- Tepojal – Cemento.
- Otros.



**Figura 65. - Nombres de las partes de un tabicón**  
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos57/materiales-para-obras/material-para-obras-4.shtml> Ilustración

Como pieza maciza se denomina aquella en que el área de las celdas es mayor al 25% de su área total pero menor o igual al 50% y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 15mm.

Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben ser: Alto 6cm, ancho 10cm y largo 24cm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas deben ser de  $\pm 3$ mm en la altura, y  $\pm 2$ mm en el largo y ancho.

Propiedades mecánicas a considerar:

Resistencia a compresión mínima debe ser 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia a flexión.

La absorción máxima de agua en % durante 24 horas será de 12.

Absorción inicial.



### 3.9 Materiales para fabricar tabicón

#### Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de roca caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tienen la propiedad de endurecerse al contacto con agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, ésta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, éste le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse.

El proceso de fabricación del cemento comprende cuatro etapas principales:

1. Extracción y molienda de la materia prima.
2. Homogeneización de la materia prima.
3. Producción del Clinker.
4. Molienda de cemento.

La materia prima para la elaboración del cemento (caliza, arcilla, arena, mineral de hierro) se extrae de canteras o minas y, dependiendo de la dureza y ubicación del material, se aplican ciertos sistemas de explotación y equipos. Una vez extraída la materia prima es reducida a tamaños que puedan ser procesados por los molinos de crudo.

La etapa de homogeneización puede ser por vía húmeda o por vía seca, dependiendo de si se usan corrientes de aire o agua para mezclar los materiales. En el proceso húmedo la mezcla de materia prima es bombeada a balsas de homogeneización y de allí hasta los hornos en donde se produce el clinker a temperaturas superiores a los 1500 °C. En el proceso seco, la materia prima es homogeneizada en patios de materia prima con el uso de maquinarias especiales. En este proceso el control químico es más eficiente y el consumo de energía es menor, debido a que al no tener que eliminar el agua añadida con el objeto de mezclar los materiales, los hornos son más

cortos y el clinker requiere menos tiempo sometido a las altas temperaturas. El clinker obtenido, independientemente del proceso utilizado en la etapa de homogeneización, es luego molido con pequeñas cantidades de yeso para finalmente obtener cemento.

### Tipos de cementos

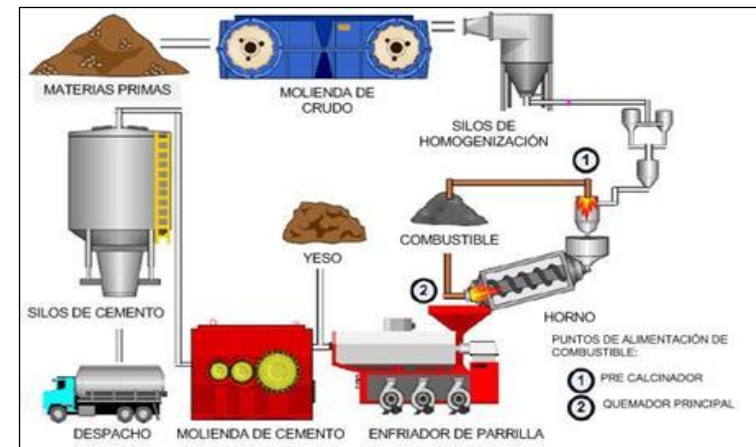
I.-Cemento gris común.

II.-Cemento blanco utilizado para junteado de recubrimientos.

III. Cemento de resistencia rápida. El proceso de fraguado es muy rápido comparado con el cemento común.

IV. Cemento resistente a sulfatos del terreno, al agua de mar o a otros medios agresivos.

V.- Cemento de bajo calor de hidratación. Obras masivas del concreto en las que la temperatura pueda ocasionar agrietamientos por cambios térmicos.



**Figura 66. - Proceso de fabricación del cemento**  
Fuente:[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892010000200002&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892010000200002&script=sci_arttext)

El cemento utilizado para fabricar el tabicón es el gris común. Es un material de construcción de alta calidad, compuesto principalmente de clinker que cumple con todos los requisitos físicos y químicos aplicables, y se utiliza ampliamente en todos los segmentos de la industria de la construcción: residencial, comercial, industrial, y de infraestructura pública.

## Agregados

Un agregado es un material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero. Los agregados fino y grueso conforman del 60 al 75% del volumen total de la mezcla del concreto hidráulico, por este motivo es de suma importancia la correcta selección del tipo y calidad de los agregados a utilizar.

Las propiedades de los agregados influyen de manera importante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, por ejemplo en la trabajabilidad, durabilidad, resistencia a compresión y flexión, propiedades térmicas y densidad.

Los agregados, compuestos de materiales geológicos tales como la piedra, la arena y la grava, se utilizan en todas las formas de construcción. Se pueden aprovechar en su estado natural o bien triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños.

### Clasificación de agregados

Para su uso en el concreto los agregados se clasifican generalmente de la siguiente manera:

- Tamaño

Agregado grueso: material que pasa la criba de 3" y es retenido en la criba No.4 (4.75 mm). Conocido como **grava**.

Agregado fino: material que pasa la criba No. 4 (4.75 mm) y es retenido en la criba No. 200 (0.075 mm). Conocido como **arena**.



Figura 67. - Agregados  
<http://www.acimexico-snem.org/online/destacados/boletin-tecnico->

- Fuente y preparación

Naturales: obtenidos del cribado, lavado y aireado de materiales excavados o dragados de minas, ríos o lagos.

Artificiales: obtenidos mediante el triturado de rocas provenientes de canteras, ríos, gravas grandes o escoria de alto horno enfriada al aire libre.

Combinados: mezcla de agregados naturales y artificiales.

Reciclados: concreto de desperdicio triturado, obtenido de sobrantes en plantas de concreto industrial o demolición de pavimento rígido y otro tipo de obras; con la posibilidad de sustituir al 100% el agregado grueso y hasta el 20% del agregado fino.

- Origen

Ígneas, Sedimentarias o Metamórficas.

#### Propiedades de los agregados

Los agregados deben de ser partículas duras, limpias, resistentes y libres de revestimiento de arcilla u otros

materiales finos que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento con el agregado.

Para tener agregados de buena calidad en la fabricación de concreto hidráulico, y a fin de validar su uso, éstos tienen que cumplir con ciertas normativas existentes para evaluar sus propiedades físicas y químicas.



*Figura 68.* - Planta de trituración Presa PH La Yesca (Cortesía CEMEX Concretos  
<http://www.acimexico-snem.org/online/destacados/boletin-tecnico->

Dependiendo del tipo de proyecto, en México las normativas que especifican las características que los agregados tienen que cumplir son:

- NMX C 111 (ONNCE-Norma Mexicana).
- N-CMT-2-02-002 (SCT-IMT-Norma Mexicana).
- ASTM C 33 (American Society of Testing of Materials).

En México los agregados que se usan más frecuentemente para elaborar concreto son a partir de rocas, calizas, basálticas, andesitas y de río.

La importancia de la selección de los agregados radica en una característica básica del concreto que es su peso volumétrico, el cual a su vez depende del peso específico de los agregados que se utilizan en su fabricación. La división básica que existe es: ligero, normal y pesado.

**En el D.F. para fabricar tabicón se utiliza los siguientes agregados:**

En tabicón de concreto –arena y grava.

En tabicón pesado– Arena negra.

En tabicón ligero– tepojal.

Otro agregado utilizado es el tepezil.

Tanto el tepojal como el tepezil, no son originarias del Distrito Federal, son extraídos de minas ubicadas en Puebla, Veracruz y Toluca.

### Tepojal

El tepojal o cacahuatillo es una pequeña piedra pómez de origen volcánico recubierto de arcilla, es más ligero que el tezontle es utilizado como material de relleno y se utiliza para la fabricación de tabiques o blocks ligeros para la construcción. El tepojal se aplica en los muros donde no se cargarán pesos importantes debido a su ligereza, aunque es un material de larga duración, por lo que es muy utilizado en la construcción. Este agregado es traído al D.F. de lugares aledaños como Calimaya Estado de México y Perote Veracruz.



*Figura 69. - Tepojal*

Fuente: <http://www.materialesparaconstruccion.com.mx/tepojal/>

### Tepezil

El Tepezil es un mineral inerte natural que es liviano, de bajo costo. Facilita la aeración y capilaridad. Excelente para mezclar con otros sustratos. Este agregado es originario de Perote Veracruz y el Estado de Puebla.



*Figura 70. - Tepezil*

Fuente: [http://www.sembrarte.com.mx/detalles\\_09--Sustratos-Tepezil--Grano-pequeno-,75,10,4.htm](http://www.sembrarte.com.mx/detalles_09--Sustratos-Tepezil--Grano-pequeno-,75,10,4.htm)

Otro agregado utilizado para hacer tabicones pesados es la arena de tezontle negro.



*Figura 71. - Arena de tezontle negro*

Fuente: <http://www.dwconstruccion.com/venta-de-arena-negra/>



## Agua

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad aglutinante.

Por cada cantidad de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua sólo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable.

El agua del curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia. Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el concreto y atacarlo causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua.



**Figura 72 . - El agua para concreto**  
<https://www.google.com.mx/search?q=cara+caracteristicas+del+agua+para+elaborar+concreto&source=inms&tbn>

### 3.10 Proceso de fabricación del tabicón

El proceso de fabricación consta de las siguientes VII etapas:

#### I. Selección y almacenamiento

Debe buscarse fuentes o proveedores que aseguren un suministro constante en volumen y procedencia de los materiales para garantizar la uniformidad de la mezcla y como consecuencia la de los tabicones.

#### II. Dosificación de la mezcla

En el proceso debe contarse con una báscula para pesar adecuadamente los materiales de acuerdo a la proporción. La medida debe hacerse correcta y uniformemente. La dosificación debe ser tal que pueda obtenerse un bloque con las características siguientes:

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

#### III. Elaboración de la mezcla

Se utiliza una mezcladora especial para concreto con la siguiente secuencia: colocar el agregado grueso y las tres cuartas partes del agua a utilizar en la mezcladora y mezclarlo por treinta segundos, luego adicionar el cemento, para finalmente agregar el resto de agua y arena para completar la mezcla.



#### IV. Elaboración de bloques

Lo primero será revisar que los moldes estén en buen estado y limpios. Después se coloca la tolva alimentadora y se llena con la mezcla. Se aplica la vibración al molde por un promedio de tres segundos para acomodar la mezcla. Si se deja mucho tiempo puede producirse segregación de los materiales. Se vuelve a llenar el molde hasta el ras y se quitan los excesos con la tabla o bandeja. Ésta se puede recubrir con aceite quemado o polvillo selecto para evitar que los bloques se peguen a ella. Se voltea el molde de modo que la tabla o bandeja quede debajo, y se bajan los martillos compactadores antes de aplicar la vibración para que la mezcla se compacte suficiente.



**Figura 73.** - Máquina vibrocompactadora tabiconera  
Fuente: <http://www.idem-mx.com/maquinaria.html>

#### V. Fraguado de los bloques

Los bloques recién fabricados deben permanecer quietos en un lugar que les garantice protección del sol y del viento, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. Las tablas deben colocarse en el piso o estanterías y dejarse fraguar hasta que lleguen a una resistencia suficiente para ser manipulados (entre 12 y 24 horas).



**Figura 74.** - secado del tabicón  
Fuente: <http://www.materialesdeconstruccion.com.mx/materiales-tabicon.php>

## VI. Curado de los bloques

El curado consiste en mantener los bloques, durante los primeros siete días por lo menos, en condiciones de humedad y temperatura de 17 grados centígrados; necesarios para que se desarrolle la resistencia y otras propiedades deseadas.

Una manera de curarlos es rociarlos con manguera (preferiblemente con atomizador) de manera que no se sequen en ningún momento. Otra forma de curarlos es recubrirlos con mantas de algodón mojadas permanentemente, o con láminas de plástico que formen un ambiente hermético, que evite la pérdida de humedad por evaporación. La cobertura con plásticos negros y exposición al sol acelera el desarrollo de resistencia siempre que los bloques se mantengan húmedos.

El bloque tendrá la resistencia calculada a los 28 días de haber sido fabricado.

## VII. Manejo y almacenaje de los tabicones

Los bloques deben tratarse con cuidado, no deben tirarse, sino deben ser colocados de manera organizada sin afectar su forma final. El manejo debe realizarse de manera individual o agrupada. Es recomendable usar carretillas especiales para transportarlos por mayor número y más cómodamente.

Se puede almacenar un máximo de siete filas de bloques y no es recomendable utilizar los bloques antes de ocho días de edad.



*Figura 75. - Almacenaje del tabicón*  
Fuente: <http://www.materialesdeconstruccion.com.mx/materiales-tabicon.php>

## Capítulo IV. REALIZACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN SOBRE LAS MUESTRAS DE TABIPET

### 4.1 Descripción del procedimiento y sus objetivos

En este capítulo se presenta el planteamiento, diseño del experimento, ejecución de los trabajos y pruebas realizadas.

Esta experimentación tiene como objetivo demostrar que al utilizar hojuela de plástico PET, como agregado en la mezcla para fabricar un tabicón, se obtendrá un material TABIPET con características mecánicas similares al tabicón tradicional. El uso del PET, en este material constructivo, favorecerá al ambiente al retirar de las calles y cuerpos de agua este plástico que tiene un proceso de degradación muy lento.

#### Hipótesis

El material obtenido tendrá características físicas y mecánicas suficientes que cumplan con la norma mexicana para ser utilizado como un tabicón tradicional.

Los resultados obtenidos en el laboratorio se compararán con los parámetros marcados en la NMX-C-404-ONNCE -2012, la cual se refiere a: Industria de la construcción – Mampostería - Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – Especificaciones y métodos de ensayo.

Esta norma se complementará con otras para ayudar a definir el material propuesto. Se utilizan estas normas de referencia debido a que no existen otras específicas para el tabicón con PET.

Con base en la norma mencionada, la resistencia a compresión será la variable dependiente, y las proporciones entre los materiales, incluyendo el PET las independientes.

¿Por qué se le da tanta importancia a esta propiedad (la resistencia a compresión), en las piezas? Porque de acuerdo a las normas es el índice de calidad más importante para definir la resistencia de muros de mampostería; su determinación se requiere para fines de control de calidad, lo cual finalmente repercutirá en el muro.

Las normas especifican que la determinación de la resistencia a compresión debe efectuarse sobre las piezas enteras, y de no ser posible en la mitad de la pieza, siempre y cuando la pieza sea simétrica

La gran mayoría de los fabricantes de tabicón elabora las mezclas sin llevar algún registro del diseño o dosificación de los materiales, con excepción del cemento, que por ser el material de mayor costo es controlado. Se basan en la experiencia y apreciación de los operarios y no tienen disposición para compartir el diseño de la mezcla que nos permita inferir alguna proporción. Además no conocen la normatividad, aunque argumentan que sí la cumplen. De ahí que el material resultante tenga variación en sus propiedades. Al no poder acceder a esta información de los productores de tabicón, no es posible determinar las cantidades mínimas y máximas en las que cada material es agregado para la elaboración del producto final. Con la finalidad de delimitar la zona específica de estudio y de esta manera hacer factible la realización de esta investigación, se proponen las siguientes cantidades de materiales, teniendo como base la normatividad principalmente y el comportamiento de las primeras muestras al agregarle el PET.

Para la obtención de resultados el tamaño de la muestra será de 2 especímenes en la primera etapa y 2 en la segunda. Las pruebas de resistencia se efectuarán en la primera etapa a los 14 días y en la segunda a los 28.

*Primera etapa:* Se elaborarán las primeras 2 muestras para observar el manejo de los materiales, y su comportamiento ante las pruebas de laboratorio. Con base en esta primera experiencia, se planificará la segunda etapa.

La primera propuesta será tabicón de concreto: cemento – arena – grava – agua; Con proporción de la resistencia requerida por la normatividad ( $100 \text{ kg/cm}^2$ ). En esta muestra se agregarán 250 gr de PET, es decir el agregado grueso será sustituido por el PET en un 20%.

*Segunda etapa:* En las siguientes 2 muestras se variarán la proporción de los materiales y el porcentaje de PET agregado de acuerdo a los resultados y observación en laboratorio para determinar el comportamiento del material compuesto y sus propiedades físicas y mecánicas.

Estas características son:

- Adherencia del PET al concreto.
- Aspecto físico (dimensiones y color).
- Peso del bloque.
- Comportamiento en el proceso de fraguado.
- Resistencia a compresión.
- Resistencia a flexión.
- Comportamiento al estar en secado al horno durante 24 horas.
- Absorción máxima de agua en % durante 24 horas.
- Absorción inicial de agua.



*Figura 76. - Prueba a compresión*  
Fuente: <http://www.scielo.cl/scielo.php?Script=sciarttext&pid=S0718076420070003010>

## 4.2 Materiales y herramientas para la elaboración de las muestras

Las herramientas necesarias para elaborar los tabicones son:

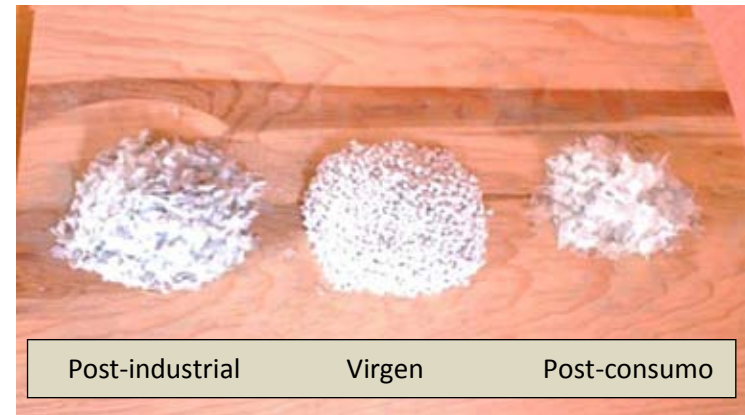


Fotografía 1. - Báscula Artesa, Criba, Cuchara de albañil y Cimbra.  
Fuente: Elaboración propia

Los materiales serán: cemento, arena, grava, agua y PET.

El PET se encuentra a la venta en el mercado como resultado de tres orígenes que son:

- *Virgen*: material directo de la industria química que aún no ha sido utilizado.
- *Post-Industrial*: Residuos de las plantas fabricantes de botellas o algún otro producto, que aún no salen al mercado, que tienen alguna imperfección y que se vuelve a procesar y se utiliza o vende como hojuela.
- *Post-Consumo*: Recipientes ya utilizados.



Fotografía 2. - Presentación de PET en hojuela  
Fuente: Elaboración propia



El PET post-consumo a su vez se encuentran en dos formas que son las siguientes:

*Sucio*: son las botellas que llega a los basureros se separa de otros materiales y se tritura todo el recipiente, incluyendo tapa, sello, etiqueta (los cuales están formados por otros materiales), y no importa lo que hayan contenido interiormente (agua, refresco, jugo, etc.), tal como está se tritura.

*Limpio*: implica separar los diferentes materiales que lo compongan, dejar sólo el PET (la botella), lavar el interior, secar y finalmente triturar. La hojuela obtenida en la trituración, dependiendo de la criba de la máquina se produce en dos dimensiones 1/2 "y 3/8".

El material propuesto para esta investigación, es el de post consumo específicamente las botellas, trituradas a 3/8" de dimensión presentación de hojuela limpia, para evitar contenidos de otros materiales que contaminen al producto resultante.



**Figura 77.** - PET sucio triturado  
Fuente: <http://teoloyucan.saintclassified.com.mx/pet-shop-semanal-sucia-de-tierra-600-por-kilo100-de-rosca-con-empresa-mexicana-lo-ad-86787>



**Fotografía 3.** - Hojuela de PET limpio 3/8"  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Elaboración de las muestras

El proceso de elaboración será artesanal, el cual es el mismo procedimiento que siguen algunos fabricantes de estos materiales.

La elaboración de las muestras se llevará a cabo en el siguiente orden:

- Cribado del agregado grueso, se hará pasar por una criba con número de malla 3/8" – (9.52 mm de abertura). Con objeto de tener un agregado bien graduado y adecuado a las dimensiones del bloque. El material retenido será desechado.
- Pesado de los diferentes materiales de acuerdo a las proporciones para cada muestra.
- Mezclado en seco de los materiales.
- Agregado de la cantidad de agua calculada.
- Mezclado de los materiales hasta tener una mezcla homogénea.
- Previamente se preparó la cimbra con algún desmoldante para poder descimbrar fácilmente.
- Se hará el colado en la cimbra, apisonando por capas (3 aproximadamente), con objeto de no dejar oquedades.
- Una vez completado el bloque, se cubrirá con plástico para evitar la pérdida de humedad y se almacenará
- Se controlará la humedad curándolo durante 3 días.
- Se descimbrará a los 7 días y se almacenará en un lugar fresco hasta la edad del ensayo.



Se elaboraron muestras con 4 diferentes diseños de mezclas, utilizando el mismo procedimiento.



**Fotografía 4.** - Proceso de elaboración de las muestras de TABIPET  
Cribado, pesado, mezcla, colado, curado y descimbrado.  
Fuente: Elaboración propia

- **Primera etapa**

**Primera muestra TABIPET 1 (concreto)**

Tabicón de concreto con dimensiones de 6 x 12 x 24 cm  
 $F'c=100 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, TMA =9.5 mm – 3/8” de diámetro.

En esta muestra se sustituyó el 20% del agregado grueso (grava) por PET. 250 grs.



*Fotografía 5.* - Primera muestra TABIPET 1 y materiales utilizados  
Fuente: Elaboración propia

**Segunda muestra TABIPET 2 (concreto ligero)**

Dimensiones 6 x 12 x 24 cm.

En esta segunda prueba el agregado grueso utilizado será tepojal, no se agregará arena para hacerlo más ligero y se sustituyeron 400 grs. de tepojal por hojuela de PET, es decir el 30%.



*Fotografía 6.* - Segunda muestra TABIPET 2 y materiales utilizados  
Fuente: Elaboración propia

- **Segunda etapa**

**Tercera muestra TABIPET 3 (concreto ligero)**

Dimensiones 6 x 12 x 24 cm.

En esta muestra se utilizó cemento, arena, tepojal, PET.  
El PET sustituyó a la arena un 30%, agregándose 250 grs.



*Fotografía 7.* - Tercera muestra TABIPET 3 y materiales utilizados  
Fuente: Elaboración propia

**Cuarta muestra TABIPET 4 (concreto ligero)**

Dimensiones 6 x 12 x 24 cm

En esta muestra se utilizó:

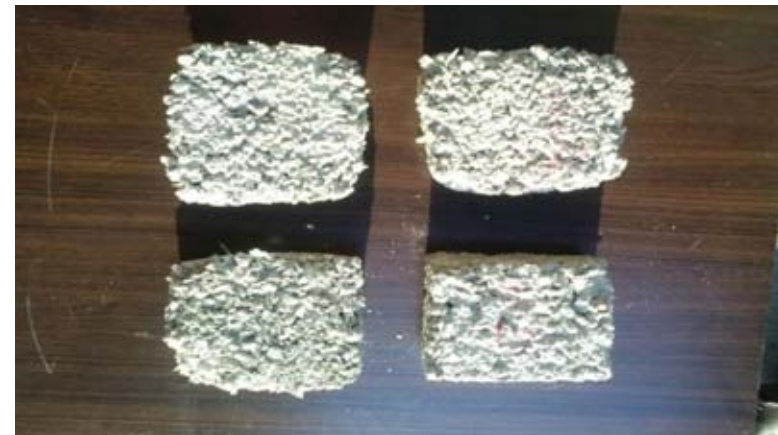
Cemento, arena, tepojal, PET. La cantidad de PET fue de 250 grs. lo que representa el 50% de la arena.



**Fotografía 8. - Cuarta muestra TABIPET 4 y materiales utilizados**  
Fuente Elaboración propia



**Fotografía 10. - Muestra cuatro descimbrada**  
Fuente: Elaboración propia



**Fotografía 9. - Partes de las cuatro muestras elaboradas**  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Resultados esperados

Características técnicas del producto



Figura 78. - Tabicón ( TABIPET)

Fuente: <http://www.napresa.com.mx/PREFABRICADOS/DECONCRETO/MATERIALESPARAMURO/TABICON.aspx>

#### **Características y especificaciones**

Color gris claro.

Dimensiones 6 X 12 X 24 cm.

Peso 2.5 kg máximo.

Resistencia a la compresión a los 28 días 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Rendimiento 50 piezas 'por m<sup>2</sup>.

Cumple con la norma mexicana NMX-C-404-ONNCE-2012.



#### 4.5 Ensayos de laboratorio

Se realizaron en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), Edificio L-4, bajo la supervisión y ayuda del Ingeniero Ricardo Heras Cruz.

Ensayo de materiales: Se denomina así a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material. Se clasifican en: ensayos destructivos y no destructivos.

##### *Ensayos no destructivos*

Permiten realizar la inspección sin perjudicar el posterior empleo del producto, por lo que permiten inspeccionar la totalidad de la producción si fuera necesario.

Entre los ensayos no destructivos más comunes se encuentran los siguientes:

- Ensayo de durezas (en algunos casos no se considera como ensayo no destructivo, especialmente cuando puede comprometer la resistencia de la pieza a cargas estáticas o a fatiga).
- Inspección visual, microscopía y análisis de acabado superficial.
- Ensayos por líquidos penetrantes.
- Inspección por partículas magnéticas.
- Ensayos radiológicos.
- Ensayo por ultrasonidos.
- Ensayos por corrientes inducidas.
- Ensayos de fugas: detección acústica, detectores específicos de gases, cromatógrafos, detección de flujo, espectrometría de masas, manómetros, ensayos de burbujas, etc.



### Ensayos destructivos

Son pruebas que se realizan a algunos materiales como el acero por ejemplo. Algunas de ellas son ensayo de tensión, flexión, compresión, etc. Se les llama destructivos porque deforman al material.

Entre los ensayos destructivos más comunes se encuentran los siguientes:

- Ensayo de tracción.
- Ensayo de compresión.
- Ensayo de cizallamiento.
- Ensayo de flexión.
- Ensayo de torsión.
- Ensayo de resiliencia.
- Ensayo de fatiga de materiales.
- Ensayo de fluencia en caliente.
- Ensayo de plegado libre.

#### 4.5.1 Análisis comparativo TABIPET 1 vs Tabicón tradicional

De acuerdo con la norma de referencia NMX-C-404- ONNCE -2012 y con la hipótesis planteada, las pruebas más importantes a realizar sobre la muestra serán: *Dimensiones, peso, resistencia a compresión, resistencia a flexión y absorción de agua*. En la siguiente fotografía se muestra el análisis comparativo, el cual es de tipo no destructivo.



**Fotografía 11. - Diferencias físicas y pesaje de ambos bloques Tabicón tradicional 1.462.5 Kg. TABIPET 3.139 kg.**  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2 Ensayo destructivo a flexión<sup>3</sup>

Ensayo realizado el lunes 21 de octubre, con máquina universal para ensayos destructivos Marca Tinius Olsen de 60000 kg. de capacidad.



**Fotografía 12.** - Ensayo de prueba de flexión sobre TABIPET. La carga soportada fue de 510 kg  
Fuente: Elaboración propia



**Fotografía 13.** - Prueba de flexión en tabicón tradicional. Carga soportada fue de 100 kg  
Fuente: Elaboración propia

<sup>3</sup> El esfuerzo a flexión fue explicado en el Cap.III en el tema 3.4 propiedades mecánicas de las unidades de mampostería.



**Fotografía 14.** - Corte en las piezas fragmentadas en ensayo a flexión de tabicón para tener superficies rectas  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3 Ensayo destructivo a compresión<sup>4</sup> NMX-C-306 ONNCE

Ensayo realizado el lunes 22 de octubre en los laboratorios L4, con máquina universal para ensayos destructivos marca Tinius Olsen de 60000 kg. de capacidad.



**Fotografía 14.** - Ensayo a compresión en TABIPET  
Fuente: Elaboración propia

<sup>4</sup> El esfuerzo a compresión fue explicado en el Cap.III en el tema 3.4 propiedades mecánicas de las unidades de mampostería.



#### 4.5.4 Ensayo de absorción de agua a 24 horas NMX-C-037-ONNCE

Para esta prueba la norma dice lo siguiente:  
 Los especímenes se secan en el horno a temperatura entre  $378\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) durante un periodo de  $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$  a menos que se asegure la condición de masa constante en un tiempo menor, para lo cual se determina la masa pesando los especímenes hasta que en dos pesadas sucesivas, la diferencia en más no sea mayor de 0,2 % de la masa de las piezas. 24 horas después de estar en el horno las muestras fueron pesadas.

- Muestra 1. 1088.6 grs.
- Muestra 2. 380 grs.
- Muestra 3. 820 grs.
- Muestra 4 502 grs.

De acuerdo a la norma las muestras se sumergieron en un recipiente de metal inoxidable, con agua de la red, de manera que el nivel esté 3 0 4 mm arriba del nivel superior de las muestras, a temperatura entre  $290^\circ\text{ K}$  y  $296^\circ\text{ K}$  ( $17^\circ\text{C}$  y  $23^\circ\text{C}$ ) por un período de 24 h.



**Fotografía 16. - Fotografía 18 Secado de las muestras en Horno de convección marca CONTROLS**  
 Fuente: Elaboración propia



**Fotografía 17. - Pesado de las muestras en estado seco, utilizando balanza OHAUS**  
 Elaboración propia



**Fotografía 18. - Muestras sumergidas en agua de la red en charola metálica rectangular**

Pasado el tiempo de inmersión, se retiraron las muestras, removiendo el exceso de agua de las superficies expuestas con un trapo húmedo, no utilizando más de 15 segundos en esta operación. Posteriormente se pesaron nuevamente las muestras, registrando como masa húmeda M1 en gramos. La operación de secado y pesado debe ser en un lapso máximo de 2 min.



*Fotografía 19.* - Secado y pesado de las muestras en estado saturado de agua  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.5 Ensayo de absorción máxima inicial de agua NMX-C-037-ONNCE

Las muestras nuevamente se introdujeron al horno para corroborar su peso seco y realizar la prueba de absorción inicial.

Para realizar este ensayo la norma dice lo siguiente

Los especímenes se secan en el horno a temperatura entre  $343\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $70^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) durante un periodo de  $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$  a menos que se asegure la condición de



*Fotografía 20.*- Secado de las piezas  
Fuente: Elaboración propia

masa constante en un tiempo menor, para lo cual se determina la masa pesando los especímenes hasta que en dos pesadas sucesivas, la diferencia en masa no sea mayor de 0,2 % de la masa de las piezas.

Dejar los especímenes estabilizándose (reposando) dentro del laboratorio durante  $6 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ .

Este método de ensayo se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar en que se realice

- Pesarse cada pieza y registrar como  $M_s$  cada una de las masas en g.
- Colocar en el recipiente de metal inoxidable, unos soportes a base de dos barras de metal.
- Llenar el recipiente con agua de la red municipal de manera que el nivel del agua se encuentre entre 3 mm y 4 mm arriba del nivel superior de las muestras.
- Los apoyos de metal inoxidable. Ajustar la posición de los soportes y del nivel de agua requerido con una pieza de referencia en estado saturado.
- Poner en contacto con el agua el espécimen de ensayo sumergiendo una cara de acabado liso de manera tal que quede  $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  por debajo del nivel del agua por un periodo de  $10 \text{ min} \pm 20 \text{ s}$ , contando el tiempo de contacto desde el momento que el espécimen toca la superficie del agua. Durante el período de contacto, manténgase el nivel del agua dentro de los límites preestablecidos.
- Pasado el tiempo de contacto, retire el espécimen, removiendo el exceso de agua de las superficies expuestas con un trapo húmedo, no utilizando más de 15 s en esta operación. Pesar nuevamente el espécimen, registrándolo como masa húmeda  $M_1$  en gramos. La operación de secado y pesado no debe dilatar más de 2 min.



**Fotografía 21.** - Proceso para obtener el peso de las muestras en estado de absorción de agua durante 10 minutos  
Fuente: Elaboración propia

## Capítulo V. RESULTADOS DE LABORATORIO

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos en el laboratorio con la finalidad de formular conclusiones acerca del comportamiento de las muestras realizadas.

### 5.1 Generalidades

Los resultados arrojados por los ensayos en el laboratorio determinarán:

- La influencia de los componentes de las mezclas
- El comportamiento del concreto al agregarle el PET.
- La influencia mecánica de las diferentes proporciones del PET.

Estos resultados permitirán establecer de qué forma los materiales componentes y sus proporciones afectan las propiedades del tabicón. En este trabajo las propiedades a considerar son:

- ❖ Resistencia a compresión.
- ❖ Resistencia a flexión.
- ❖ Absorción máxima de agua en % durante 24 horas.
- ❖ Absorción inicial.
- ❖ Peso.

Los resultados obtenidos se compararán con los parámetros marcados por las normas ONNCE.



**Fotografía 22. - Número de muestras ensayadas**  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Esfuerzo a compresión

Para el ensaye a compresión la siguiente tabla indica cuáles deben ser estos índices, de acuerdo a la norma: NMX-C-036-ONNCE.

Resistencia mínima a compresión sobre área bruta	Tipo de pieza	Resistencia de diseño ( $f^*p$ ) N/mm <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Bloques de concreto vibrocomprimido	6 (60)
	Tabicones	10 (100)
	Tabique (Ladrillo) recocido	6 (60)
	Tabique (Ladrillo) extruido o prensado (huevo vertical)	10 (100)
	Tabique (Ladrillo) multiperforado	10 (100)

*Figura 79.* - Resistencia a compresión de diferentes piezas para mampostería  
Fuente: [http://net.imcyc.com/biblio/fihas/pdf/N\\_MX-C-404-ONNCE-2012.pdf](http://net.imcyc.com/biblio/fihas/pdf/N_MX-C-404-ONNCE-2012.pdf)

La importancia del resultado de esta prueba radica en que la resistencia a compresión de las piezas es el índice de calidad más importante para definir la resistencia del muro que se construirá con ellas, su determinación se requiere para fines de control de calidad o para la determinación de la resistencia en compresión de la mampostería cuando no se cuente con datos previos para el material en cuestión.



## Resultados en las muestras ensayadas a compresión y flexión NMX-C.036-ONNCE



*Fotografía 23. - TABIPET 1 (concreto)*  
Fuente: Elaboración propia

### Muestra 1

Ensayo a los 14 días.

Cumple con las dimensiones, con la resistencia a compresión y a flexión. Sin embargo la pieza es más pesada de lo deseado, en función de la hipótesis.



*Fotografía 24. - TABIPET 2 (concreto ligero)*  
Fuente: Elaboración propia

### Muestra 2

Ensayo a los 14 días.

Cumple con las dimensiones, con el peso, pero no con la resistencia a compresión ni flexión, el material es muy poroso y se disgrega fácilmente.



*Fotografía 25.* - TABIPET 3 Concreto ligero  
Fuente: Elaboración propia

### **Muestra 3**

Ensayo a los 28 días.

Esta muestra cumple con las dimensiones, con la resistencia a compresión y con el peso, hasta este momento es el ideal, de acuerdo a lo que se propone en la hipótesis.



*Fotografía 26.* - TABIPET 4 Concreto ligero  
Fuente: Elaboración propia

### **Muestra 4**

Ensayo a los 28 días.

Esta muestra cumple con las dimensiones, con el peso, pero no con la resistencia a compresión.



### 5.3 Ensayo de absorción de agua

Para los ensayos de absorción de agua en 24 horas y absorción inicial los parámetros están marcados por la siguiente tabla, de acuerdo a la norma NMX-C-037-ONNCE.

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
<b>Contracción por secado</b>	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%.		

*Figura 80.* - Absorción de agua en 24 horas y en 10 minutos  
Fuente: [http://net.imcyc.com/biblio/fichas/pdf/N\\_MX-C-404-ONNCE-2012.pdf](http://net.imcyc.com/biblio/fichas/pdf/N_MX-C-404-ONNCE-2012.pdf)

La importancia de esta prueba radica en que nos indica el comportamiento de la pieza ante la presencia del agua. El agua puede atacar, proveniente del suelo o de la lluvia a través del fenómeno de capilaridad. En estos casos se puede solucionar con recubrimientos adecuados (lluvia) y para la humedad proveniente del suelo con membranas impermeabilizantes en el desplante.

Sin embargo lo más importante a considerar en el ensayo es que las piezas altamente absorbentes despojan al mortero con que se adhieren para construir el muro de la humedad necesaria para ser trabajable, esto produce un efecto deshidratador en el mortero, lo cual tiene como resultado una adherencia deficiente que afecta a la resistencia final de la mampostería.

Los resultados del ensayo de absorción de agua en 24 horas para las cuatro muestras son:

Se aplicó la fórmula :

$$A = \frac{M_{SSS} - M_s}{M_s} \times 100$$

Donde:

A es la absorción en %

M<sub>s</sub> es la masa seca del espécimen en g

M<sub>SSS</sub> es la masa saturada y superficialmente seca en g

<b>Muestras</b>	<b>Peso en estado seco masa seca en g. M<sub>s</sub></b>	<b>Peso en estado saturado, masa saturada g. M<sub>SSS</sub></b>	<b>Absorción total en 24 horas. M %</b>
1 	1088.6	1202.7	10.48
2 	380	482	26.84
3 	676	820	21.3
4 	502.9	628.3	24.935

Figura 81. - Absorción de agua en porcentaje en 24 horas en las 4 muestras elaboradas  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla de las normas el máximo porcentaje de absorción en 24 horas para tabicón es 15% por lo tanto la única muestra que cumple con la norma es la 1, la elaborada con concreto y PET.

Los resultados del ensayo de absorción inicial para las cuatro muestras son:

Se aplicó la fórmula:

$$C_b = \frac{100 M}{S\sqrt{t}} = \frac{100 (M_1 - M_s)}{S\sqrt{10}}$$

Donde:

$C_b$  es la absorción inicial en g / (cm<sup>2</sup> x min<sup>0.5</sup>)

$M$  es la masa del agua absorbida por el bloque durante el ensayo en g.

$S$  es la superficie de la cara sumergida en cm<sup>2</sup>

$T$  es el tiempo de inmersión en min.

$M_1$  es la masa húmeda en g

Muestras	Peso en estado seco masa seca en g. $M_s$	Peso en estado húmedo, masa húmeda en g. $M_1$	Superficie de la cara sumergida en cm <sup>2</sup> $S$	Absorción inicial en gr/min $C_b$
1 	1088.6	1127.3	612	1.999
2 	380	438.5	168	11.01
3 	676	701.8	168	4.85
4 	502.9	570	168	12.79

Figura 82.- Absorción inicial en las cuatro muestras elaboradas  
Fuente: Elaboración propia

La norma nos dice que el máximo porcentaje de absorción inicial para tabicones es 5 g/min.

Cuando se comparan los resultados obtenidos con la norma se aprecia que sólo cumplen las muestras 1 de concreto con PET y 3 de concreto aligerado y PET.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta investigación se abordó el problema ambiental que implica la excesiva presencia del plástico tipo PET. Y para darle un uso a este material de desecho, con el objetivo de tratarlo como material útil, se planteó la siguiente hipótesis:

Al utilizar hojuela de plástico PET como agregado en la mezcla para fabricar un tabicón, se obtendrá un material TABIPET con características mecánicas similares al tabicón tradicional.

### Conclusiones en campo

En la investigación realizada en campo (tabiqueras y empresas dedicadas al reciclaje) se tienen las siguientes conclusiones generales:

- El tabicón comercial no cumple con las normas respectivas.
- No hay un manual que homologue la forma de fabricarlo, ni las proporciones entre los materiales que lo conforman, todo el proceso es basado en la experiencia de cada fabricante, por lo tanto, tienen características diferentes.
- El mercado de los envases PET postconsumo es informal, irregular, sin estructura, sin promoción, sin apoyo y mal pagado.
- El plástico tipo PET no es reciclado en nuestro país de manera importante.
- No es sencillo conseguir el PET triturado, puesto que la gran mayoría es enviado a China, por lo que depende de ese mercado, el cual condiciona su recolección, acopio, supervivencia y por supuesto costo.
- No existe suministro confiable ni precio estable.

## Conclusiones en laboratorio

De los ensayos realizados en laboratorio con la finalidad de comprobar la hipótesis se desprenden las siguientes conclusiones:

- El PET se integra a la mezcla de materiales con que se fabrica el tabicón sin problemas de adherencia.
- En el tabicón de concreto el porcentaje de PET agregado no altera la resistencia a compresión del material obtenido.
- Al integrar el PET al tabicón de concreto el material resultante es muy resistente pero muy pesado, por lo tanto no cumple con uno de los objetivos planteados que es lograr un material más ligero.
- La muestra 3 es la que más se acerca a la hipótesis planteada, sin embargo no cumple con la absorción a 24 horas, lo que implica que al construir con este material tendría que humedecerse previamente, para que no absorba agua del mortero para adherirlo con otras piezas.

## Conclusión general

De manera general las conclusiones que se desprenden son las siguientes:

Es factible integrar el PET postconsumo triturado en la mezcla para fabricar un tabicón que cumpla con la normas NMX-C-404- ONNCE -2012, NMX-C-306 ONNCE y NMX-C-037-ONNCE.

De acuerdo a la muestra que cumplió con la resistencia a compresión, la cantidad adecuada fue 150g de PET, por lo tanto para un millar de este TABIPET se requieren 1.5 k de PET triturado y de acuerdo con los recicladores esta cantidad es obtenida de 60 botellas de agua de ½ litro. Esta es una cantidad importante si consideramos que para construir un espacio de 3.0m x 3.0m x 2.5 m de altura se requieren aproximadamente de 1800 tabicones, para los que se necesita 2.7 k de PET triturado , el cual se obtendría de 108 botellas postconsumo.

En resumen este material es posible realizarlo, sin embargo es necesario realizar una labor de concientización en constructores y propietarios de tal manera que se tomen decisiones morales y éticas que impacten a futuras generaciones de manera positiva.

Además de las pruebas realizadas en este trabajo es necesario analizar aún más el comportamiento del material bajo diferentes condicionantes, por lo que quedan abiertas líneas de investigación para aquellos profesionistas interesados en proponer soluciones que mejoren la calidad de vida de la población a partir de solucionar problemas medioambientales como son en este caso el utilizar los desechos como materia prima.

### **Recomendaciones**

- Utilizar el PET totalmente molido quizá daría mejores resultados en su integración como agregado fino.
- Analizar la durabilidad del material en diferentes climas.
- Estudiar su comportamiento ante la aplicación de diferentes recubrimientos.
- Analizar el prototipo como parte ya de un muro.
- Estudiar su comercialización.

## GLOSARIO

**Aditivos:** Sustancias agregadas en los plásticos antes, después o durante su procesamiento para modificar las propiedades o comportamiento de los plásticos.

**Antropocéntrico:** Que gira en torno a los seres humanos.

**Biodiversidad:** Se refiere a la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta.

**Botella de Post-consumo:** Botellas de PET consumidas y dispuestas por el usuario final.

**Composición de plásticos:** La incorporación de ingredientes adicionales necesarios para procesar y obtener propiedades óptimas. Estos ingredientes pueden incluir aditivos para mejorar las propiedades físicas de un polímero, estabilidad o procesabilidad. La composición normalmente se requiere para los materiales reciclados.

**Curado:** Rehidratación de la mezcla para asegurar su adecuada humedad, se realiza por diferentes procedimientos, en este caso riego con agua.

**Desarrollo sustentable:** Es aquel que para satisfacer las necesidades del presente no compromete la habilidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

**Economía ambiental:** Especialización dentro de la economía neoclásica que se ocupa de lo que la economía introduce en el medio ambiente natural.



**Ecotecnia:** También llamada Ecotecnología, rama aplicada de la ecología, ciencia que estudia la interacción de la vida en su medio o nicho ecológico y sus distribuciones. Su etimología “oikos” que quiere decir hogar y “logos” que quiere decir conocimiento, estudio o tratado; se traduce como el “conocimiento de nuestra casa”, que es el Planeta Tierra.

**Extrusión:** Técnica de procesamientos de plásticos en la que las resina se funde, calienta y bombea. El material a ser procesado es hecho pedazos entre un tornillo y la pared del barril que es fijo. Este proceso produce energía friccional que calienta y fusiona la sustancia para ser después transportada abajo del barril. El fundido extruido de la máquina se procesa después de la fase de expulsión.

**Fonoabsorbente:** Material que tiene la cualidad de absorber el sonido.

**Fraguado:** Es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto(o mortero de cemento), producido por la reacción química del agua y el cemento al unirse.

**Lixiviados:** Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen residuos sólidos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

**Ortoédrica:** Figura con forma de ortoedro. Un ortoedro o cuboide es un paralelepípedo ortogonal, es decir, cuyas caras forman entre sí ángulos diedros rectos. Los ortoedros son prismas rectangulares rectos, y también son llamados paralelepípedos rectangulares. Vulgarmente se los denomina cajas de zapatos, cajas o simplemente se les suele llamar cubo. Las caras opuestas de un ortoedro son iguales entre sí.

**Paralepipédica:** Es un prisma cuya base es un paralelogramo.

**Pelletizaje:** Proceso para producir tamaños uniformes de resinas plásticas vírgenes o recicladas. El polímero fundido se fuerza a través de un extrusor, que produce largas cuerdas de resina. Las cuerdas se sumergen en un baño de agua para solidificar y se cortan para hacer los cilindros uniformes.

**Pellets:** Cilindros diminutos de Resina virgen o reciclada que están listos para fundirse.

**Polímero:** Compuesto orgánico de alto peso molecular, natural o sintético cuya estructura puede representarse por una unidad pequeña repetida, el monómero (el ej., polietileno, caucho, celulosa).

**Preforma:** Tubo de plástico utilizado para hacer botellas utilizando el proceso de inyección de soplo-moldura.

**Recuperación:** El proceso de obtener materiales o recursos de energía de residuos sólidos.

**Resiliencia:** Es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que almacena un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada.

**Sostenibilidad débil:** Idea de que el agotamiento del capital natural está justificado, siempre y cuando se lo pueda compensar con aumento del capital artificial; supone que el capital artificial puede reemplazar a la mayoría de los tipos de capital natural.

**Sostenibilidad fuerte:** Idea de que el capital natural y artificial son generalmente complementarios y, por lo tanto se deberían mantener los niveles de capital natural.

**Termoestable:** QUÍM. ORG. Dic. del plástico que no pierde su forma por la acción del calor y la presión.

**Termoplástico:** Es un plástico que, a temperaturas relativamente altas, se vuelve plástico, deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente.

## FUENTES DE CONSULTA

### Bibliográficas

Akovali G. (2005) *Polymers in construction*. Crewe, Reino Unido: Rapra technology

Arnal S. y Betancourt M. (2005), *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*, México. Editorial Trillas

Arnal S. y Betancourt M. (2005), *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. En Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería* (p. 671-758). México. Editorial Trillas

Askeland R., D. (2004). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. (4a ed.) México D.F., México: Thomson.

Bartolomé Fernando et, all. (2007) *Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI*. Madrid, España: CSIC

Beck U. (2006) *La sociedad del riesgo (hacia una nueva modernidad)*. Barcelona España: Paidós Ibérica.

Berreta H. (2006) *Manual de producción y aplicación de ladrillo PET*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko.

Blanco Francisco et, all. (2005) *Filosofía de la Sustentabilidad*. Madrid: Comisión Federal de Comisiones Obreras CC.OO.

Brian E. (2005). *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona, España: GG

Brundtland, G.H. (1987). *Our common future. World Commission on Environment and Development (WCED)*. Oxford Inglaterra: University Press.

- Capuz S. y Gómez T. (2002) *Ecodiseño, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia
- Carson R. (1960) *Primavera silenciosa*, Madrid, España: CRITICA. Traducción Joandoménech Ros (2010) a colección clásicos de la Ciencia y la Reciclaje de residuos industriales tecnología.
- Castells, E. X. (2000). *Reciclaje de residuos industriales .Aplicación a la fabricación de materiales de construcción*, Madrid, España: Díaz de Santos.
- Deffis , A, (1993).*La basura es la solución*. México, D. F, México: Concepto.
- Deffis. A. (1999).*Las casas del sol. Residencias ecológicas autosuficientes*. México, D.F, México: Ediciones El autor
- Edwards B. (2005) *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona, España: Gustavo Gili
- Foladori G. y Pierri N. (2001) *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. México D.F, México: Miguel Ángel Porrúa.
- Gaggino R. (2003) *“Elementos constructivos con PET reciclado”*. Revista Tecnología y Construcción. Caracas, Venezuela: Ed. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción –IDEC- Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. Nº II, Vol. 19, pp. 51 a 64.
- Gaggino R. (2008.) *Componentes constructivos elaborados con plásticos reciclados*, 2do Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales. Caracas: Posadas Misiones 16-17.
- G.H.D .Albert, (1973). *Plásticos para arquitectos y constructores*, Barcelona, España: Reverte
- Gutiérrez S.(1990) *Metodología de la Investigación*, México,D.F: Esfinge

- Hans J. (1995) *El principio de la Responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona, España: Herder.
- Instituto de Ingeniería UNAM (1977), *Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, Normas Técnicas Complementarias. Series del Instituto de Ingeniería No.403*. México D, F., México.
- Jiménez H. L. M. (2000) *Cuadernos de Sustentabilidad y Patrimonio Natural No. 1* España: Santander Central Hispano
- Kachur M. (2011) *A "Miracle" Material*. (Trad. Francisco Hernández). Guangzhou, China: Benchmark Education Company
- Meléndez S. (2011) *Arquitectura Sustentable*, México, D.F. México: Trillas
- Mercado, A. y Ruiz, A (2006). *El concepto de las crisis ambientales en los teóricos de la sociedad del riesgo, Espacios Públicos, vol. 9, núm. 18*. México, Universidad Autónoma del Estado de México
- Merixell E. (2007). *Tecnologías II*. Madrid, España: EDITEX.
- Mijangas C. y Maya J. S. (2007), *Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI*. Capítulo 3 Polímeros Avanzados de José González De La Campa (pp.31-40). Madrid, España: CSI.
- Mulder K. (2007) *Desarrollo Sostenible para Ingenieros*. Barcelona, España: Ediciones UPC
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.(ONNCE). *Catálogo de Normas* (2012).
- Rangel N., C. (1986). *Los plásticos*. México. D.F, México: SEP-UNAM

Riechmann J. (2000) *Un mundo vulnerable: Ensayo sobre Ecología. Ética y Tecnología*. Madrid, España: Los libros de la Catarata.

Rubin I. (1999). *Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones*. México, D.F, México: Limusa.

Sampieri H. R. (2003) *Metodología de la investigación*. México D. F, México: Edit. Mc Graw Hill.

Seoáñez C. (2000) *Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos Tomo 1*. Madrid, España: Aedos

Vigil, M., R. Pastoriza, M., A., Fernández, D., I. (2002). *Los plásticos como materiales de construcción*, Madrid, España: SAFEKAT, S.L.

## Tesis

Alesmar Luis, Nalia Rendón, María Eugenia Korody, (2007), *Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (Pet) – cemento*, Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Estructural, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Baboo R., Tabin R., Bhavesh Kr., and S. K. Duggal. (2012), *Study of Waste Plastic Mix Concrete with Plasticizer*. Trabajo de grado, Civil Engineering Department, National Institute of Technology Patna, Patna 800005, India y Motilal Nehru National Institute of Technology, Allahabad 211004, India

García O. A. (2005), *Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa: estudio de caso en la industria del reciclaje de plásticos*. Trabajo para obtener el grado académico de maestría en Ingeniería de sistemas. UNAM. México, México.

- K.Ramadevi, R. Manju, (2012), *Experimental Investigation on the Properties of Concrete With Plastic PET (Bottle) Fibres as Fine Aggregates*, Trabajo de grado, Department of Civil Engineering, Kumaraguru College of Technology Coimbatore, Tamilnadu, India.
- Máas A. (2012), *Desarrollo de elementos modulares utilizando materiales alternativos con aplicaciones al diseño*. Trabajo de grado para la obtención del título de ingeniero en diseño, Universidad de Papaloapan. Veracruz, México.
- Méndez E. (2012), *“propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados pet, en diseño de mezcla de concreto con resistencia  $f'c=150\text{kg/cm}^2$ , usado para banquetas, guarniciones y firmes.”* Trabajo de grado, para obtener el título de especialista en construcción, Facultad de ingeniería Civil región Xalapa Universidad Veracruzana. Veracruz, México
- Nabajyoti Saikia, b, Jorge de Brito. (2012). *Waste Polyethylene Terephthalate as an Aggregate in Concrete*. Trabajo de grado, Department of Civil Engineering, Architecture and Georesources, Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal Faculty of Science and Technology, Kaziranga University, Koraihowa, Jorhat-785006, Assam, India.
- Reyes. C J. (2009) Tesis: *Estudio de factibilidad de una planta recicladora de PET*, UPIICSA, Instituto politécnico Nacional. México, México.
- Santos A., Augusto J., Agnelli M., e Manrich S. *Estudo da Influência de Resíduos Catalíticos na Degradação de Plásticos Reciclados (Blenda HDPE/PP e PET) Provenientes de Lixo Urbano*, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos. Saó Carlos Brasil.



## Revistas

Ortega N. (agosto-septiembre 2011), *El reciclaje de PET está en su mejor momento*, Revista Tecnología del plástico, Edición 4 Vol. 26, 12- 16.

Santos L. (13 de febrero 2013), *Plastic House, creatividad ligera*, Escala Aeroméxico.(en línea ).Recuperado el 4 de junio de 2013 de <http://escalarevista.wordpress.com/2013/02/>

Ortega, L.M. (2011, agosto-septiembre).*El reciclaje del PET está en su mejor momento*. Revista tecnología del plástico. Volumen 26,(en línea). Recuperado el 1 de marzo 2013, de: <http://digital.plastico.com/B2B/TP/26-4/Book/index.asp?e=N000000000#>

Vera L. (2011), *Transformar el PET en ladrillos para la construcción*, Semanario de la UAM, Vol. XVII. Núm. 33

Villavicencio M. (19 de octubre de 2012), *Las grandes ventajas de vivir en una casa de plástico*, Obras (en línea) .Recuperado el 4 de junio de 2013 de <http://www.obrasweb.mx/vivienda/2012/10/16/las-grandes-ventajas-de-vivir-en-una-casa-de-plastico>

## Periódicos

Acevedo A. (1 de diciembre de 2011), Se presentan 50 proyectos en el ITC, (uno de ellos *tabique ecológico a base de PET*). El Sol del Bajío. Celaya.

Aguilar D. (17 de febrero de 2012), *Castillos y casas de plástico 100% mexiquenses*, El Universal Estado de México.

Álvarez C. (2010,30 de octubre) *¿Cuántas veces se puede reciclar?*, EL país semanal, Chile, (en línea). Recuperado el 12 de mayo de 2013 de <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/10/cuantas-veces-se-puede-reciclar.html>

Lanación.com (16 de octubre de 2006). *Ya se pueden construir casas con ladrillo de plástico y cemento*, Argentina

La segunda (2009,7 de julio) *Medio ambiente*. Chile, (en línea). Recuperado el 11 de abril de 2013, de: [http://www.lasegunda.com/especiales/medio\\_ambiente/pdf/10.pdf](http://www.lasegunda.com/especiales/medio_ambiente/pdf/10.pdf)

PET Project, *Construction materials*, (6 de diciembre de 2010), The Economist, E.U, (en línea). Recuperado el 4 de junio de 2013 de <http://www.economist.com/node/17664351>

#### Fuentes electrónicas

Azul vital (Octubre 11 de 2010). *Acerca del Desarrollo Sostenible, hablemos de responsabilidad social*. (En Línea). Recuperado el 10 de noviembre de 2013 de <http://www.azulvital.com/2010/10/acerca-del-desarrollo-sostenible.html>

Cardona, A. (2013) *¿Cuántas toneladas de plástico se producen anualmente en el mundo?* (en línea). Recuperado el 15 de febrero de 2013 de <http://grupoatrevete.com/?p=2199>

Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano. (1972) *La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. (En línea). Recuperado el 29 de octubre de 2013 de <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/estocolmo01.p>

Desarrollo sostenible (27 de septiembre de 2006) *Informe Brundtland* (en línea). Recuperado el 18 de mayo de 2013 de <http://desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland/>

ECO PORTAL -NET (29 de junio de 2011), *Progreso destructivo: Marx. Engels y la ecología*. (En línea). Recuperado de [http://www.ecoportall.net/Temas\\_Especiales/Politica/Progreso\\_destructivo\\_Marx\\_Engels](http://www.ecoportall.net/Temas_Especiales/Politica/Progreso_destructivo_Marx_Engels)

*El futuro que queremos* (25 de junio de 2012). (En línea). Recuperado el 14 de marzo de 2013 de <http://rio20.net/iniciativas/el-futuro-que-queremos-documento-final-de-la-conferencia-rio20/>

*El problema ambiental del PET*, (en línea). Recuperado el 10 de abril de 2013 de [http://www.elecoloquista.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108&Itemid=65](http://www.elecoloquista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65)

Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Valladolid, *Propiedades generales del PET*, (en línea). Recuperado el 17 de abril de 2013 de: [www.eis.uva.es/~macromol/.../pet/propiedades\\_y\\_caracteristicas.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/.../pet/propiedades_y_caracteristicas.htm).

González A. *Costos y beneficios ambientales del reciclaje en México*, (en línea). Recuperado el 17 de septiembre de 2014 de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetitas/335/reciclaje.html>

Global Issues. *Medio ambiente* (en línea) Recuperada el 25 de octubre de 2012 de <http://www.un.org/en/globalissues/environment/>

LIBRO VERDE (2013). *Sobre una estrategia europea frente a los residuos de plásticos en el medio ambiente*

Con referencia a: Wurpel G., Van den Akker J., Pors J., Ten Wolde, *Plastics do not belong in the ocean. Towards a roadmap for a clean North Sea*. IMSA Ámsterdam (2011), p. 39, (en línea). Recuperado el 5 de mayo de 2013 de: [http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green\\_paper/green\\_paper\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green_paper/green_paper_es.pdf)

Obras web (Martes, 05 de marzo de 2013) Editorial. (En línea). Recuperado el 23 de octubre de 2013 de

<http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2013/03/04/editorial-el-dilema-de-carlowitz>

Organización de las Naciones Unidas (1972) *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano* (En línea). Recuperado el 29 de octubre de 2013 de <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/ea/descargas/estocolmo01.pdf>

PET, ¿*Qué es el PET?*, (en línea). Recuperado el 10 de abril de 2013 de: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>

Plásticos, (en línea). Recuperado el 28 de mayo de 2013 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico>  
*Progreso destructivo: Marx, Engels y la ecología* (2011) Michael Lowy [http://www.ecoportal.net/Temas\\_Especiales/Politica/Progreso\\_destrutivo\\_Marx\\_Engels\\_y\\_la\\_ecologia](http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Politica/Progreso_destrutivo_Marx_Engels_y_la_ecologia)

Robledo, D. y González, R. *Sistemas de construcción sostenibles. Concepciones teórico-históricas*, (en línea). Recuperado el 12 de septiembre de 2013 de [http://www.unicach.edu.mx/\\_ambiental/descargar/Gaceta8/Art3.pdf](http://www.unicach.edu.mx/_ambiental/descargar/Gaceta8/Art3.pdf)

Sanz D. (13 abril 2011). *México produce 9.000 millones de botellas de plástico cada año*, (en línea). Recuperado el 15 marzo 2013, de <http://medioambientales.com/mexico-produce-9000-millones-de-botellas-de-plastico-cada-ano/>

SEMARNAT e INE (2006) *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. (En línea) Recuperado el 18 de octubre de 2013 de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/489.pdf>

Schwanssee E., (junio 12 2007). *El mexicano y su botella de PET*, (en línea). Recuperado el 12 de abril 2013 de: <http://playambiental.wordpress.com/2010/04/19/el-mexicano-y-su-botella-de-pet/>

*Sistema constructivo con botellas de plástico*: ecotec, (31 de marzo de 2012), (en línea). Recuperado el 3 de junio de 2012 de <http://ecococos.blogspot.mx/2012/03/sistema-constructivo-con-botellas-de.html>

Terra (13 de junio de 2012). *Hitos en la historia de la ONU con relación al desarrollo sustentable*. (En línea). Recuperado el 20 de octubre de 2012 de [http://noticias.terra.com.ar/sociedad/hitos-en-la-historia-de-la-onu-con-relacion-al-desarrollo-sustentable,fc3521e9167e7310VgnVCM4000009bcceb\\_0aRCRD.html](http://noticias.terra.com.ar/sociedad/hitos-en-la-historia-de-la-onu-con-relacion-al-desarrollo-sustentable,fc3521e9167e7310VgnVCM4000009bcceb_0aRCRD.html)

Textos completos fulltex (6 de julio del 98) *Lecciones sobre desarrollo sostenible*. (En línea), Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/historic/leccdes.html>

*Tipos de plásticos en México*, (en línea). Recuperado el 12 de mayo de 2013 de [http://www.biodegradable.com.mx/tipos\\_plasticos\\_mexico.html](http://www.biodegradable.com.mx/tipos_plasticos_mexico.html)