

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**PLÁSTICOS PREFABRICADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE  
INTERÉS SOCIAL**

Tesis para Obtener el Título de Arquitecta

Presenta:

Jimena Serrano López

Directora de Tesis:

Dra. Gemma Verduzco Chirino

Sinodales:

Dr. José Gerardo Guizar Bermúdez

Mtro. Efraín López Ortega

Arq. Enrique Gándara Cabada

Mtro. Alberto Muciño Vélez

Noviembre/2015



Ciudad Universitaria, D. F.



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).

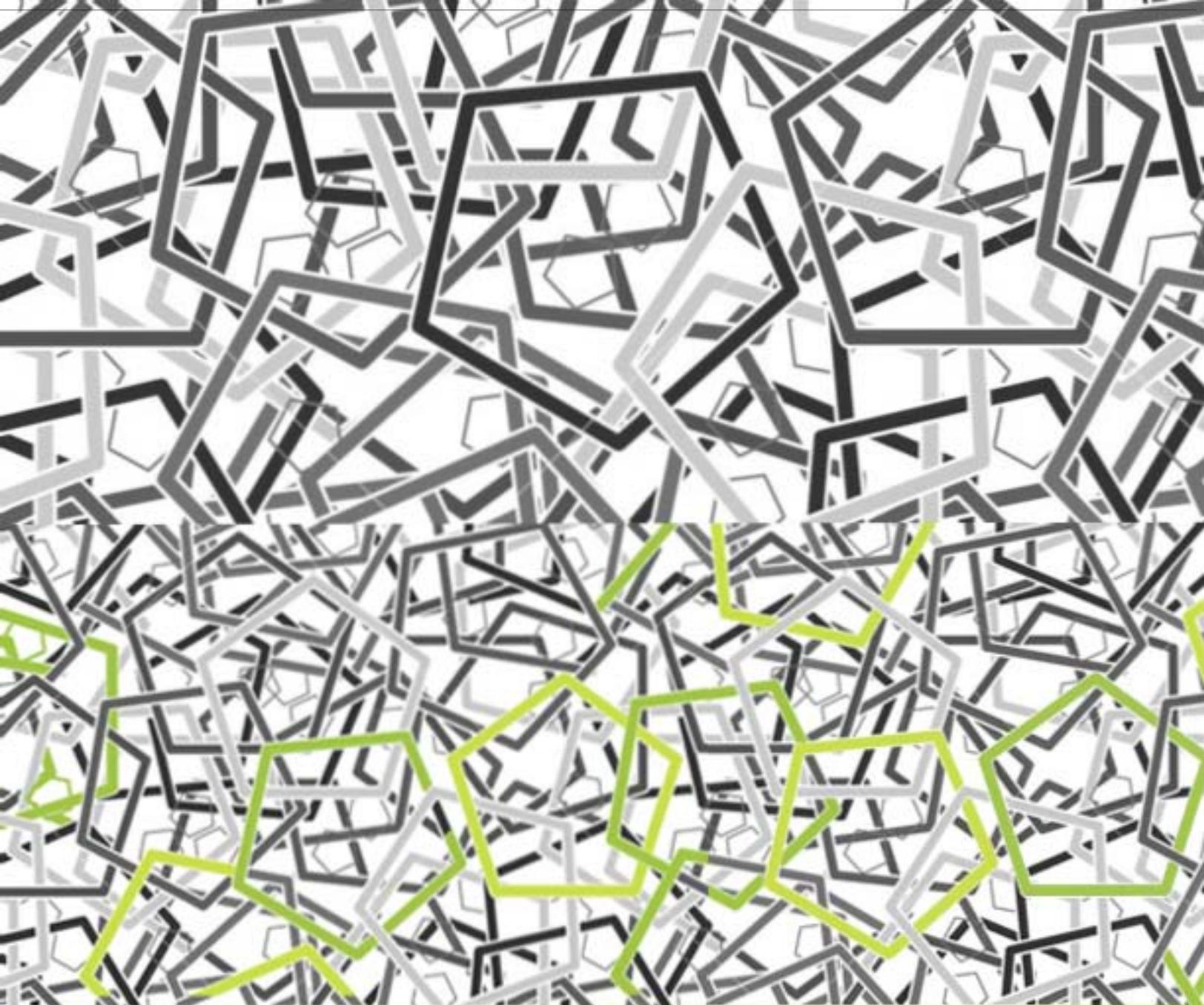
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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



**UNAM**

*Universidad Nacional Autónoma de México*  
*Facultad de Arquitectura*





Plásticos prefabricados para la  
construcción de vivienda de interés social

Impresión 3D



*Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Arquitectura  
Jimena Serrano López*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, por ser mi más grande ejemplo a seguir y ayudarme a siempre seguir adelante, a mi familia por todo el cariño y apoyo que me han brindado, a mis amigos y compañeros, por alentarme a siempre a ser mejor persona. A todos ellos con mucho amor.

“Hay que recrear y renovar la nostalgia, volviéndola contemporánea, porque una vez que la arquitectura ha cumplido con las necesidades utilitarias y de funcionamiento, tienen todavía delante de sí otros logros que alcanzar: la belleza y el atractivo de sus soluciones, si quiere seguirse contando entre las bellas artes.”

**Luis Barragán**

# PLÁSTICOS PREFABRICADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

## Introducción..... 1

## Capítulo 1. Antecedentes ..... 6

1.1 Prefabricados en la arquitectura..... 6

1.2 Prefabricación en México..... 7

## Capítulo 2. Marco Teórico..... 9

2.1 Prefabricación y materiales..... 9

2.2 Tipos de materiales ..... 11

2.3 Grados de la prefabricación según su desarrollo:..... 13

2.4 Ventajas de la prefabricación..... 15

2.5 Ventajas de materiales Plásticos..... 18

2.6 Desventajas de la prefabricación ..... 19

## Capítulo 3. Vivienda y construcción..... 20

3.1 Índice de vivienda ..... 26

3.2 Autoconstrucción ..... 30

## Capítulo 4. Medio Ambiente ..... 32

4.1 Impactos medioambientales..... 34

4.2 Sustentabilidad..... 39

4.3 Etapas del reciclado de PET..... 41

<b>Capítulo 5. Sistemas prefabricados</b> .....	<b>43</b>
5.1 Sistema cero's .....	43
5.2 Tabique ecológico Querétaro.....	47
5.3 Ecoladrillos México.....	49

<b>Capítulo 6. Impresiones en 3d</b> .....	<b>52</b>
6.1 Los orígenes de la impresión tridimensional .....	54
6.2 El futuro de la impresión tridimensional .....	56
6.3 KAMER MAKER Ámsterdam. ....	58
6.4 Contour Crafting (construcción de contornos) California E.U. ....	60
6.5 Winsun.....	62
6.6 Impresión 3D con PET Reciclado.....	66

<b>Capítulo 7. Propuesta</b> .....	<b>69</b>
7.1 Materiales .....	69
ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).....	69
PLA: Ácido Poli láctico.....	72
PET: tereftalato de polietileno.....	75
PVA: Alcohol Polivinilo .....	78

<b>Conclusiones</b> .....	<b>97</b>
---------------------------	-----------

<b>Referencias</b> .....	<b>99</b>
--------------------------	-----------

<b>Glosario</b> .....	<b>102</b>
-----------------------	------------

## Introducción

Existen nuevas tecnologías las cuales se enfocan en el mejoramiento de los métodos constructivos mediante sistemas prefabricados. Estos sistemas crean ahorros en tiempos de construcción y mejores resultados en calidad y diseño. El objetivo principal es optimizar la construcción de viviendas, con un módulo prefabricado en serie, el cual será impreso mediante un sistema 3D.

Uno de los materiales que tiene mayores posibilidades en la industria de la construcción es el plástico denominado PET, ya que por sus características y resistencia puede ser utilizado ya sea en forma de botellas, o procesado y transformado en tabiques o piezas modulares tanto para la construcción de elementos divisorios como muros, celosías, losas y para construir edificaciones completas.



**Ilustración 1 Construcción mediante botellas de PET.**

Estas botellas fueron diseñadas especialmente para el uso en la construcción, haciendo un ensamble tipo lego <http://tuverde.com/2010/04>

En los últimos años el déficit de viviendas en México ha aumentado considerablemente. El 23% de la población no cuenta con una vivienda. En 2015 aumentará 10 por ciento el número de hogares que requieren vivienda nueva o mejorada con un estándar mínimo de vida.<sup>1</sup>

Es necesario buscar nuevas alternativas y métodos de manufactura más económicos. El país, reporta déficits cuantitativos y cualitativos en vivienda que afectan aproximadamente a 35% de los hogares; es decir, faltan viviendas y las que existen no cumplen con normas mínimas de tamaño y calidad, así como acceso a servicios, esto se convierte en una importante y atractiva oportunidad de negocio para el sector privado.

La construcción mediante el sistema de prefabricados plásticos optimiza métodos de construcción y provocará una disminución en costos de hasta un 60%, empleando medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie para obtener una mayor productividad. Esta idea surge a partir de la necesidad de optimizar la construcción en México, así como beneficiar a personas de bajos recursos a contar con una vivienda digna.<sup>2</sup>

La industria de la construcción en México resulta muy costosa por sus métodos de manufactura, esto provoca que existan atrasos en tiempos de construcción, grandes niveles de contaminación y que sus costos sean elevados, (alrededor de \$6347 m<sup>2</sup>). La construcción mediante materiales alternativos está creando un mundo práctico en función a los materiales disponibles, optimizando métodos de construcción y provocando una disminución en costos de 30% en material y un 50% en costos laborales. Contra la idea de que la prefabricación es eminentemente producción, hay que tener en cuenta que se han de disponer una serie de fases previas igualmente importantes: investigación, innovación, planificación, diseño, optimización, etc.<sup>3</sup>

En el Distrito Federal el desarrollo de la construcción de viviendas se convierte en un proceso en el que, en muchos casos, el propietario es también el constructor. En la mayoría de los casos las personas viven en casas que no están finalizadas, sino que están en pleno proceso evolutivo continuo de construcción, de forma casi orgánica. En este proceso continuo de construcción hay una colaboración entre los distintos actores que participan en el proceso, como es la Administración, las

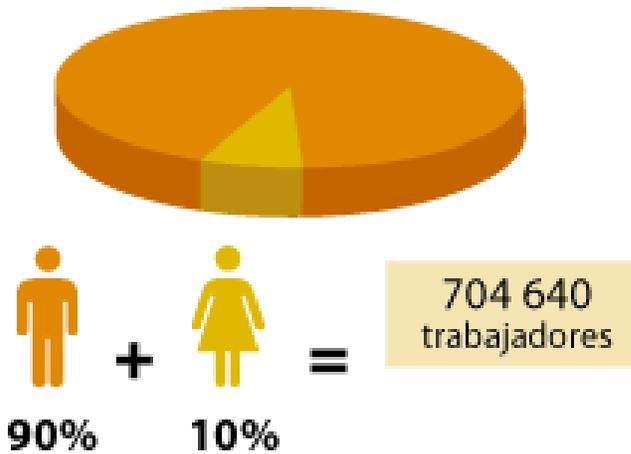
---

<sup>1</sup>Población, hogares y vivienda [http: www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) julio 2014

<sup>2</sup>La jornada , <http://www.jornada.unam.mx> julio/2014

<sup>3</sup> Lucía Santos. Prefabricación Vs. Industrialización. <http://eadic.com/blog/prefabricacion-vs-industrializacion> agosto 2014

organizaciones cooperativas y los constructores.<sup>4</sup>



Al año 2010, en México hay 704,640 trabajadores en el sector de la construcción, de los cuales 90% son hombres y 10% mujeres.

Fuente:<http://cuentame.inegi.org.mx>

**Tabla 2 Trabajadores en el sector de la**

La idea del proyecto en cuanto a arquitectura es interesante, ya que fomenta la realización de nuevos modelos de vivienda y el uso de materiales económicos, reciclados y de bajo impacto ambiental. Mediante el uso del sistema de impresión con materiales plásticos la falta de vivienda estaría resuelta de facto. Resolver el problema básico de vivienda para los sectores marginales de la población es la única manera de resolver el problema de los asentamientos irregulares y del crecimiento desmedido de las ciudades.<sup>5</sup>

El objetivo principal de este proyecto es disminuir el costo de la construcción de viviendas en México, aplicando nuevas tecnologías y materiales, los cuales podrán obtenerse mediante el uso de reciclaje de materiales de desechos plásticos. Aplicando tecnologías avanzadas, producción, fabricación y gestión, empleando materiales, medios de transporte y una mano de obra no especializada, mediante el apoyo de la sociedad, obteniendo así una mayor productividad. A si mismo dar solución a la problemática de la basura en México proponiendo materiales de reciclaje, los cuales funcionarían como materiales de construcción, evitando así grandes niveles de contaminación.

<sup>4</sup> Angulo Alcaraz, Edwin José, Diseño modular e industrialización de la vivienda media vertical en el Distrito Federal /2013

<sup>5</sup> <http://noticias.arq.com.mx> Construcción: Las casas para los más pobres podrían ser una mina de oro para la industria de la construcción: \$300 House Challenge agosto 2014

En las comunidades marginales que hay alrededor del mundo, pero sobre todo en los países subdesarrollados, familias enteras habitan en condiciones insalubres, en estructuras que, incluso, representan un riesgo para su propia vida.

Para los promotores inmobiliarios nunca ha sido una inversión redituable construir para aquellos que a veces no pueden costear ni sus necesidades básicas, por ello, dentro de los planes de vivienda de bajo costo, hasta el día de hoy, no se ha dado alguna opción para las personas que malviven dentro de las grandes ciudades o en la periferia dentro de estructuras hechas con palos de madera y cubiertas de cartón o arropados simplemente con un plástico.<sup>6</sup>

México es un país en desarrollo donde surge una necesidad de construir viviendas de costo controlado y accesibles, ya que más del 24% de la población no cuenta con una vivienda propia.

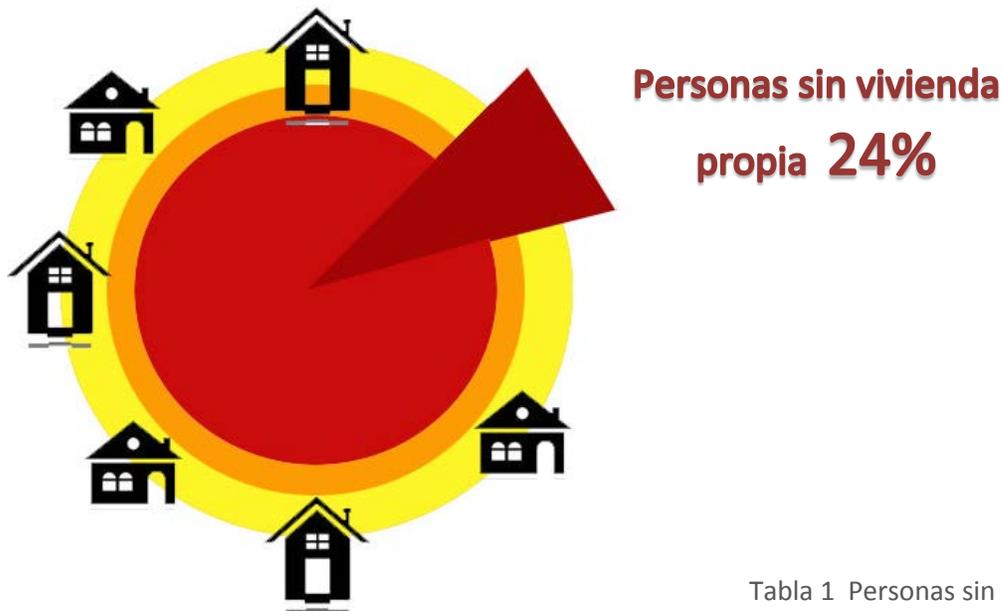


Tabla 1 Personas sin vivienda

Elaboración propia. Datos INEGI.com

<sup>6</sup> <http://noticias.arq.com.mx> Construcción: Las casas para los más pobres podrían ser una mina de oro para la industria de la construcción: \$300 House Challenge/ Julio 2014

El método constructivo en México no ha tenido avances notorios como en otros países quedándose atrás y no contando con el desarrollo tecnológico necesario, por esto es necesario implementar nuevos métodos de constructivos. En nuestra época existen factores esenciales en la construcción como son el costo, el tiempo y el uso de tecnologías para poder realizarla. Hay una necesidad creciente para la construcción de viviendas, necesidad que se ha incrementado de forma exponencial en las últimas décadas. Esta necesidad es considerable en los países en vías de desarrollo como México, donde la población tiene una tasa de crecimiento elevada, mucho mayor que en los países desarrollados. México es un país en desarrollo donde surge una necesidad de construir viviendas de coste controlado y accesibles.<sup>7</sup>

**Tabla 2 Población**

<b>Población total</b>	Miles de habitantes	2010	112 337
<b>Tasa de crecimiento anual</b>	%	2010	1.8
<b>Promedio habitantes por vivienda</b>	Ocupantes	2010	3.9
<b>Viviendas particulares habitadas propias</b>	%	2010	76.4

Fuente: [www.inegi.org](http://www.inegi.org)

El estudio monográfico acoge a la industrialización de la construcción como el motor de la innovación tecnológica, para dar respuesta a la necesidad de la vivienda; respuesta que se enfoca en la necesidad de proyectar una visión diferente de la vivienda, visión de un producto y no de un proceso, sin perder el horizonte de la habitabilidad. Hay un gran aumento de capital humano, pero se sigue manteniendo una carencia de tecnología, conocimiento y formación para los proyectistas, constructores y otros miembros que intervienen en el proceso, normalmente especialistas alrededor del mundo de la construcción.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Nuñez Vilchez, Raul Ernesto Aplicación de los sistemas prefabricados en la vivienda popular : caso Iztapalapa Cd. de México/ 1999

<sup>8</sup> D. Fernández-Ordoñez. Prefabricados en Edificios Habitacionales. Junio 2009

# Capítulo 1. Antecedentes

## 1.1 Prefabricados en la arquitectura

La prefabricación es un método industrial de producción de elementos o partes de una construcción en planta o fábrica y su posterior instalación o montaje en la obra, estos elementos tienen medidas estándares. La aparición masiva de este sistema recibe su gran impulso debido a la gran necesidad de construir viviendas de una forma numerosa, barata y rápida, necesidades originadas en las guerras, migraciones, centros urbanos y la explosión demográfica.<sup>9</sup>

Estos sistemas buscan una reducción en costos, principalmente en la mano de obra y transportación de material, tiempo de construcción y un aumento en la calidad y durabilidad de los elementos. Gracias al control de calidad que se realiza por trabajadores especializados, así como construcciones más limpias además de seguras, y la opción de creación de espacios temporales y móviles, adquieren beneficios con los que las viviendas y edificios convencionales no cuentan. Las técnicas han avanzado de forma que las limitantes en cuanto al diseño son prácticamente nulas, ya que estas tecnologías se han aprovechado principalmente de la creación de módulos. Son distintos diseños en donde diferentes elementos van interactuando, creando un juego entre espacios y volumetría, así se produce un ahorro de espacios y una estética diferente.<sup>10</sup>



**Ilustración 2 Muro prefabricado con plástico Sistema cero's México**

Fuente: [www.eluniversaledomex.mx](http://www.eluniversaledomex.mx)

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/los-prefabricados.html> Octubre 2014

<sup>10</sup> Angulo Alcaraz, Edwin José, sustentante Diseño modular e industrialización de la vivienda media vertical en el Distrito Federal/2013

## 1.2 Prefabricación en México

En México este proceso de industrialización utilizando los prefabricados comenzó a tener auge en los años sesentas, viéndose limitado y a su vez postergado por las políticas gubernamentales, que no quisieron hacer uso de la prefabricación en los proyectos de gobierno, debido a que se pensó que como todos los procesos de industrialización traería como consecuencia la desocupación de muchos trabajadores de esta industria, sobre todo los de menor preparación.<sup>11</sup>

Uno de los problemas que actualmente presenta la prefabricación es la falta de difusión de sus técnicas, con el consiguiente desconocimiento de las mismas por parte de ingenieros y arquitectos. El resultado es que sólo 2 por ciento de lo que se construye en México se realiza con prefabricados, mientras que en Europa este tipo de construcción llega casi a 50 por ciento. Una de las razones de esta diferencia es que, mientras en los países europeos el costo de la mano de obra es elevado, lo cual impulsa el empleo de técnicas mecanizadas para reducirlo, en México ocurre lo contrario, el disponer de una mano de obra abundante y barata provoca el empleo generalizado de sistemas tradicionales de construcción.<sup>12</sup>

Construcción mediante prefabricados



Tabla 3 construcción mediante prefabricados

Elaboración propia

<sup>11</sup> Arq. Alejandro Cervantes Abarca LA INFLUENCIA DE LA PREFABRICACIÓN EN EL DISEÑO DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL 2012

<sup>12</sup> Arquitecto Javier Martínez Dircio. México y la construcción industrializada revista imcyc /1998

Esto nos lleva a pensar que en México ocurre una situación similar en la construcción: los constructores no se preocupan por conocer nuevas tecnologías constructivas ya que disponen de una mano de obra barata que satisface sus necesidades de construcción. Uno de los fines de la industrialización es disminuir el costo de mano de obra mediante la disminución de obreros durante el montaje.

Nuestro país nos impone grandes retos en lo que a construcción se refiere. La construcción prefabricada es una alternativa que implica para nosotros, ingenieros y arquitectos, la necesidad de conocer e involucrarnos con estas nuevas tecnologías y adaptarlas a nuestras necesidades y recursos.<sup>13</sup>

El progreso tecnológico es sin duda un factor importante en el avance de la construcción industrializada, pero no el único, ya que ésta tiene también una relación directa con aspectos socioeconómicos, científicos, culturales e ideológicos, además de los tecnológicos e industriales. En los países en desarrollo como el nuestro, los problemas económicos constantes, el alto índice de desempleo, la fuerte dependencia económica y técnica del exterior y la falta de mano de obra especializada aparecen como algunas de las causas que han frenado el desarrollo de esta industria. A lo anterior podemos sumar la gran inversión de capital que requiere, difícil de por sí en las circunstancias actuales.<sup>14</sup>

---

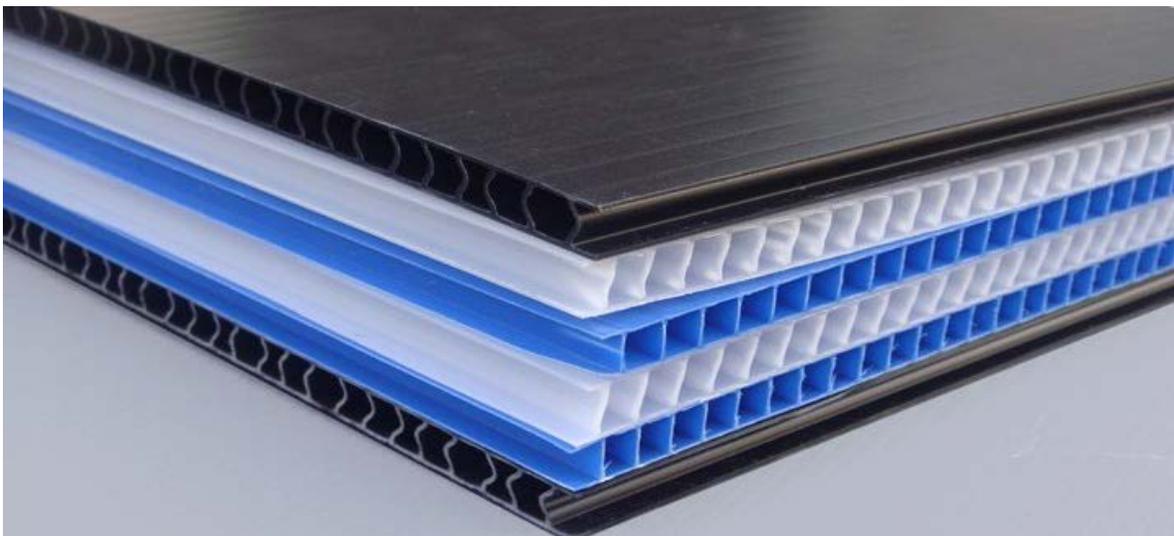
<sup>13</sup> <http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm> agosto/2014

<sup>14</sup> Arquitecto Javier Martínez Dircio. México y la construcción industrializada revista imcyc /1998

# Capítulo 2. Marco Teórico

## 2.1 Prefabricación y materiales

Aunque el plástico es el miembro más reciente de la familia de los materiales arquitectónicos, se ha convertido en uno de los más populares. Existen muchos tipos de plástico así como mezclas de este y metal. Aunque el plástico se puede moldear fácilmente, se comercializa normalmente en forma de placas. Las láminas con forma de colmena son muy comunes y un tipo de plástico muy efectivo, son durables y pesan poco. Las cuestiones ambientales son importantes en el sector del plástico. El uso de celulosa como fuente de carbono en cambio del petróleo es otra forma de crear plásticos de menor impacto ambiental.<sup>15</sup>



**Ilustración 3 Láminas plásticas**

<http://www.metallium.mx/plasticos-especiale>

---

<sup>15</sup> Dimitris Kottas. (2010). *Arquitectura y Construcción: Plástico*. Barcelona, España: links. 2010

El plástico es un material que rodea nuestra vida cotidiana. Y el mundo de la arquitectura no ha sido ajeno a las ventajas que podrían proporcionar en la realización de innumerables proyectos arquitectónicos. A diferencia del vidrio, el plástico es un material altamente moldeable, que adopta infinidad de formas y colores, de menor peso y bajo coste de producción. Estas cualidades han sido aprovechadas por muchos arquitectos.<sup>16</sup>

Aunque no seamos muy conscientes de ello, el plástico es un material fundamental en el sector de la construcción. De hecho, aproximadamente un 20% de los plásticos que se utilizan en Europa son para productos de la industria de la construcción. Y después de los envoltorios, es en la construcción donde más se utilizan los plásticos.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Javier Hernandez Bonilla. Materiales de Construcción/ 2011

## 2.2 Tipos de materiales

Existen distintos tipos de plásticos usados en construcción. El plástico se utiliza en muchos productos de la construcción desde pegamentos y resinas hasta tableros o ventanas, y una vez el edificio está construido, el plástico también es utilizado como elemento base para multitud de complementos u objetos decorativos dentro de nuestras viviendas. Veamos los distintos tipos de plástico y algunas de sus aplicaciones.<sup>17</sup>

**Acrílico.** Se suele utilizar como material rígido para sustituir en algunas ocasiones al vidrio, por ejemplo se pueden hacer mamparas de duchas, lavaderos, etcétera. Es un material altamente inflamable.



**Ilustración 4 Muestras de plásticos**

<http://fibrasintarticipn.blogspot.mx/2014>

**El polietileno.** Es una membrana plástica que se utiliza como embalaje y para aislar algunos metales y cables. Se utiliza en la construcción para aislar el edificio del terreno en losas y soleras.

**El PVC.** Es quizás la variedad de plástico más empleado en construcción, su uso puede ir desde suelos de vinilo hasta revestimientos impermeables, cortinas para baños, muebles, carpinterías de ventana, tubos de saneamiento, tubo de fontanería, etcétera.

---

<sup>17</sup> [www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/distintos-tipos-de-plastico](http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/distintos-tipos-de-plastico) noviembre 2014

**El polipropileno.** Es un plástico empleado en muchos objetos domésticos como cubos de basura, o incluso mobiliario. En construcción se suele emplear para realizar las cajas de los distintos puntos de eléctricos, también lo podemos encontrar en los tubos de plomería, instalaciones de climatización, etc...

**El poliestireno.** Es una variante del plástico que se utiliza sobre todo para aislamientos en su versión de espuma, también se usa para embalajes y elementos de decoración como molduras de techos.

**El nylon.** Se utiliza sobre todo en elementos decorativos para el interior de nuestras viviendas, tales como alfombras, tapizados, etcétera. Se puede emplear para fabricación de barras para cortinas y elementos para las puertas.

**El acetato de polivinilo.** Este tipo de plástico se suele encontrar en emulsiones para pinturas, en los acabados para suelos y multitud de adhesivos y colas.

**La melanina.** Se utiliza sobre todo para los revestimientos de tableros aglomerados de muebles y mesas de trabajo, también se puede utilizar para hacer mamparas de baño, cabinas sanitarias, encimeras, etcétera

**Poliuretano.** Se emplea frecuentemente en todo tipo de pinturas y barnices y como material aislante y lo podemos encontrar también en fundas de cojines, rellenos de espuma, etcétera

**La resina epóxica.** Se utilizan sobre todo como adhesivos, y también como terminaciones y revestimientos para determinados materiales.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Edificae Vilssa Magazine arquitectura y construcción Distintos tipos de plásticos usados en construcción. Aplicaciones en construcción y en la vida cotidiana

**Tabla 4 Principales plásticos de valor comercial en el mundo.**

<b>PRINCIPALES PLÁSTICOS DE VALOR COMERCIAL</b>		
<b>NÚMERO</b>	<b>ABREVIATURA</b>	<b>NOMBRE QUÍMICO</b>
<b>1</b>	PET	Polietileno tereftalato
<b>2</b>	HDPE	Polietileno de alta densidad
<b>3</b>	PVC	Cloruro de polivinilo
<b>4</b>	LDPE	Polietileno de baja densidad
<b>5</b>	PP	Polipropileno
<b>6</b>	PS	Poliestireno
<b>7</b>	OTROS	Otros

Fuente: Sociedad de Industrias Plásticas

### **2.3 Clasificación de prefabricados**

Según materiales: Madera, Hierro, Cerámica, concreto Armado, Plásticos, otros.

Según el proceso de producción: A pie de obra, en planta móvil o en planta fija.

Según la apertura del sistema: Cerrada o Abierta.

Según el peso de los elementos: Liviana o Pesada.

Según el grado de prefabricación: Parcial o Integral.

Según la forma y geometría: Lineales, Superficiales o Volumétricos.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Ruchansky – Bruzzese. Prefabricación. Francia

El grado de prefabricación de un edificio se puede valorar según la cantidad de elementos rechazables generados en la obra; cuanto mayor cantidad de residuos, menos índice de prefabricación presenta la construcción:

1

#### Primer grado

Construcción tradicional en la que se incluyen algunos elementos fabricados fuera de la obra, de hecho los tabiques y ladrillos son prefabricados.

2

#### Segundo grado

Construcción tradicional evolucionada. Incluye un mayor número de elementos fabricados fuera de la obra, y en el que las operaciones se han mecanizado en cierta forma.

3

#### Tercer grado

Prefabricación al pie de la obra que varía según su grado de desarrollo, pudiendo ser lo más rudimentaria y simple en la que no exista ninguna instalación especial y en la que solo el supervisor de los operarios o técnicos, los condujo por facilidad o ahorro de trabajo a prefabricar un elemento, o puede llegar a ser lo más completa posible al grado de contarse con una verdadera planta de fabricación al pie de la obra.

4

#### Cuarto grado

Prefabricación en plantas de todo tipo de prefabricados fuera de las obras, industrias en las que se producen elementos en serie. Otras son totalmente automatizadas.

La producción en estas plantas varía desde la fabricación de elementos pequeños hasta la fabricación de casas y unidades completas.

## 2.4 Ventajas de la prefabricación

La prefabricación implica optimizar la edificación desde una óptica industrial: construir por módulos y mediante rutinas de trabajo estandarizadas, y con un mayor grado de participación tecnológica.<sup>20</sup>

Al mecanizar la producción de los elementos a una industria se reducen los equipos de trabajo en obra. De manera general, es reducido el número de obreros necesarios para realizar la obra en un periodo de tiempo limitado.

La tecnología constructiva desarrollada es simple, económica, no contaminante, reduce el consumo de recursos naturales (como tierra fértil, madera o piedra); y además aprovecha los residuos producidos abundantemente por otras industrias (plásticos). La evaluación de la misma permite afirmar que es sustentable desde los puntos de vista ecológico, económico y social.

Se utilizan como materia prima materiales reciclados plásticos, promoviendo el uso racional de recursos disponibles en lugar de enterrarlos, quemarlos o acumularlos en basureros al aire libre; aplicando procedimientos de elaboración que no son contaminantes del medio ambiente, por lo cual es una tecnología sustentable.<sup>21</sup>



**Ilustración 5 Vivienda prefabricada a base de plásticos Singapur**

<http://ecologismos.com/casas-fabricadasconresiduosdeplasticoreciclado> Agosto 2015

---

<sup>20</sup> Gómez Muñoz, D., Tutores: Aguado de Cea, A. y Fernández Lillo, C. “Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas”. Tesina de especialización. Departamento de Ingeniería de la Construcción (UPC). Barcelona, Junio 2008.

<sup>21</sup> Universidad de Chile. Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción Revista INVI 01/2008

a) Economía en mano de obra: El empleo de sistemas de producción en serie y la mecanización tanto de la fabricación de elementos prefabricados como de su montaje, implica economías importantes en la mano de obra (reducción de hasta un 50 a 80%).

b) Economía de materiales: La fabricación en serie de elementos, permiten aplicar sistemas de control que hacen posible un manejo más eficiente de los materiales.

c) Menor tiempo: La posibilidad de traslapar las distintas etapas de la construcción reduce los tiempos de ejecución. La disminución de los tiempos de ejecución supone una disminución no solo de los gastos de administración y supervisión, sino también de los intereses sobre capital. Además la limpieza que caracteriza a la prefabricación, permite un mejor control del resto de las operaciones de la obra. Los tiempos disminuyen un 60%.

d) La necesidad de materiales a emplear en la obra se reduce ya que desaparece la mayor parte de los colados, las cimbras y andamios, lográndose mayor limpieza.

e) Se logra una mayor calidad gracias a la producción en fábrica o taller, bajo constante control y con el auxilio de maquinaria adecuada y mejores condiciones en que se desarrolla el trabajo. Así, pueden realizarse secciones muy ventajosas y de poco peso, con lo cual disminuye la cantidad de acero y concreto, y se reduce el peso total de la obra.

f) En algunos casos el tipo de juntas que se utilizan en los elementos prefabricados, permite el desmantelamiento de las obras de tal forma que puedan trasladarse a otro lado y recuperarse.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Arq. Alejandro Cervantes Abarca. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social / 2003

## Ilustración 6 ventajas de la prefabricación

Elaboración propia



## 2.5 Ventajas de materiales Plásticos

Duraderos y resistentes a la corrosión: por eso los plásticos son ideales en aplicaciones como los marcos de ventanas y cañerías. En algunos casos requieren aditivos especiales que les confieran propiedades de resistencia a la luz UV y poder así durar décadas sin requerir reparaciones o tareas de mantenimiento.

Buenos aislantes: tanto del frío como del calor, lo cual permite ahorrar energía y disminuir riesgos de contaminación. También aíslan los ruidos, por lo que reducen la contaminación acústica y contribuyen a un ambiente más agradable.

No requieren de mantenimiento.

Son higiénicos y limpios: contribuyen a la fácil limpieza del hogar y con ello protegen la salud.

De fácil procesado e instalación: lo que lleva a disminuir los accidentes en la manipulación de estos materiales en obra.

Son respetuosos con el medio ambiente: pues ahorran recursos a través de una producción costo-efectiva y tienen una larga vida útil. Al finalizar su periodo de vida pueden ser reutilizados, reciclados o transformados en una fuente de energía.

Son ligeros: tienen un bajo peso específico frente a otros materiales usados en la construcción. La posibilidad de utilizar menores espesores para iguales resistencias mecánicas o químicas reduce su tiempo de puesta en obra y minimizan la necesidad de equipos pesados como grúas.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/construccion> LOS POLIMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN diciembre /2014

## 2.6 Desventajas de la prefabricación

a) Necesidad de invertir en equipo especial: Cualquier sistema de prefabricación requiere inversiones en equipo que no son necesarios en las obras convencionales.

b) Juntas: El diseño de enlaces, juntas y conexiones es probablemente uno de los aspectos técnicos que más problemas presenta la prefabricación.

c) Supervisión: La fabricación, el transporte y el montaje de elementos prefabricados, requieren una supervisión muy cuidadosa, sobre todo en lo que se refiere a las dimensiones, acabados y juntas de los elementos prefabricados.

d) Programación: La prefabricación como parte de un proceso industrial requiere una programación mucho más cuidadosa en todos los aspectos. Las operaciones complementarias en una construcción inclusive, deberán supeditarse a la programación que requiere la prefabricación.

e) Dificultad en el diseño: El diseño de viviendas prefabricadas exige una actitud y conocimientos distintos a los empleados en los métodos tradicionales de construcción, la forma misma de proyectar una obra varía cuando nos adentramos en el uso de elementos prefabricados, ya que estos nos conducen al uso de nuevos materiales y a modificar el concepto tradicional de arquitectura.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Arq. Alejandro Cervantes Abarca. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social / 2003

## Capítulo 3. Vivienda y construcción

La vivienda y sus condiciones son actualmente uno de los problemas más graves de las ciudades latinoamericanas. La gran demanda y los pocos recursos de la población para satisfacer sus condiciones básicas hacen que estos últimos necesiten de ayuda del gobierno para emprender la construcción o el mejoramiento de sus viviendas. En México, el problema de la vivienda es causado por varios factores además del desmedido crecimiento demográfico, como son la migración descontrolada, el ineficaz sistema financiero, la inadecuada legislación y el deficiente sistema administrativo.

La escasez de vivienda y las dificultades que presenta un gran porcentaje de la población para acceder a ella pone sobre la mesa un debate de actualidad del que hay que sacar conclusiones y pensar nuevas propuestas desde el campo del urbanismo, la arquitectura, la sociología, la economía y la política, entre otros, para solucionarlo.

A julio de 2015 la colocación de INFONAVIT, FOVISSSTE y la Banca Comercial superó medio millón de créditos a la vivienda. El financiamiento a la construcción en crédito puente superó 60 mil millones en junio. La oferta de vivienda nueva se mantiene estable en torno de 500 mil. El sector de la construcción muestra una tendencia convergente con el crecimiento de la economía en su conjunto.

En julio, el indicador de actividad industrial correspondiente al sector construcción mostró un crecimiento anual de 4.2%, y de 4.9% en el componente de edificación.<sup>25</sup>

En México, cerca de una de cada tres viviendas presenta algún tipo de rezago habitacional, ya sea por hacinamiento -viviendas particulares habitadas donde residen dos o más hogares-, por estar construidas con materiales deteriorados o las que poseen materiales regulares considerados de poca duración -menos de 30 años. Las edificadas con materiales precarios en paredes o techos y de reemplazo inmediato suman 1.140.840, por lo que el rezago básico es de 1.692.640 viviendas. Las construidas con materiales regulares contabilizan 7.254.085 unidades.

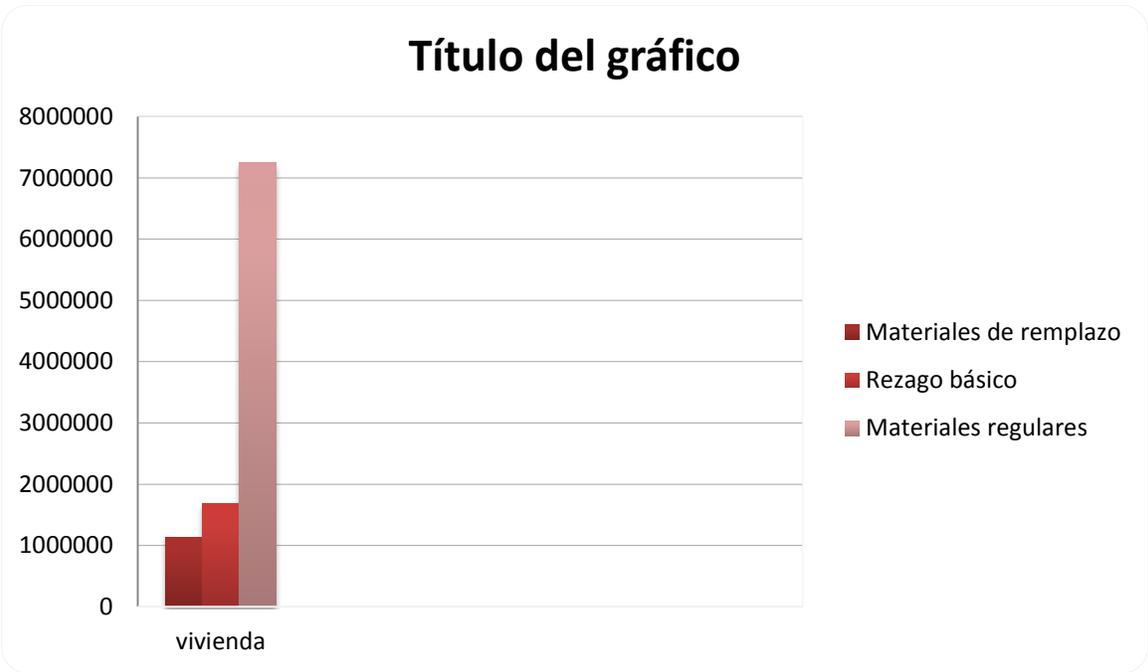


Tabla 5 Construcción de vivienda

Un aspecto muy importante para el diseño y desarrollo de vivienda de cualquier tipo es el tamaño de la misma. Las dimensiones de cualquier construcción son determinadas por las necesidades, el presupuesto y la finalidad de cada proyecto. En el caso de la vivienda, ésta debe ser capaz de contener los espacios para las actividades esenciales de un estilo de vida particular.

La vivienda social estaba destinada a satisfacer las necesidades básicas de habitabilidad de las clases sociales con menos recursos. El pensamiento

<sup>25</sup> Conavi.com con información de INEGI

funcionalista llegó a reducir el concepto de “vivienda social” a “vivienda mínima”, y por lo tanto, a “vivienda barata”, lo cual implicó una reducción de la calidad del espacio y los materiales, bajando la calidad de las condiciones de habitabilidad.

El empleo del sector (medido a través del número de trabajadores asegurados al IMSS) por su parte: en agosto su crecimiento fue de 9.4% anual, contra 4.4% del total nacional.

Cabe mencionar que desde el inicio de 2014, el empleo en la construcción ha promediado tasas de crecimiento de 8.6% anual.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> [www.conavi.gob.mx](http://www.conavi.gob.mx) junio 2015

## Sector de la vivienda

A julio de 2015, la inversión ejercida por INFONAVIT, FOVISSSTE, SHF, FONHAPO y la banca comercial ascendió a 171.4 mil millones de pesos (mmp), un alza de 10.9% en comparación al mismo periodo de 2014. Este crecimiento refleja, por una parte, la diversificación de productos de los organismos de vivienda; y por otra, mayores montos de crédito. Por ejemplo, en el caso de INFONAVIT, con el aumento en el monto máximo de crédito, a 850 mil pesos (desde los cerca de 450 mil en 2014), y en el caso de FOVISSSTE, con mayor agilidad en sus procesos de originación, y productos como el crédito en pesos. En ambos casos, influye también el aumento en el tope de ingresos en los subsidios a vivienda (de 2.6 a 5 salarios mínimos), que amplía la demanda hacia niveles de mayor valor.

En el conjunto de las distintas modalidades, el Programa de Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal a la Vivienda reportó, datos preliminares al cierre de agosto de 2015, un monto de inversión en subsidios de 7.0 mmp. De esta cantidad, el 78% se destinó a la adquisición de vivienda nueva, y el restante 22%, por un monto de 1.5 mmp, al resto de modalidades, que incluyen vivienda usada, mejoramientos, autoconstrucción, renta y adquisición de lotes con servicios.

En el periodo enero-agosto, se han realizado 131 mil acciones con subsidio; de éstas, el 28% del total, corresponden a modalidades diferentes a la adquisición de vivienda nueva.<sup>27</sup>

Tabla 6 Inversión en la industria de la construcción

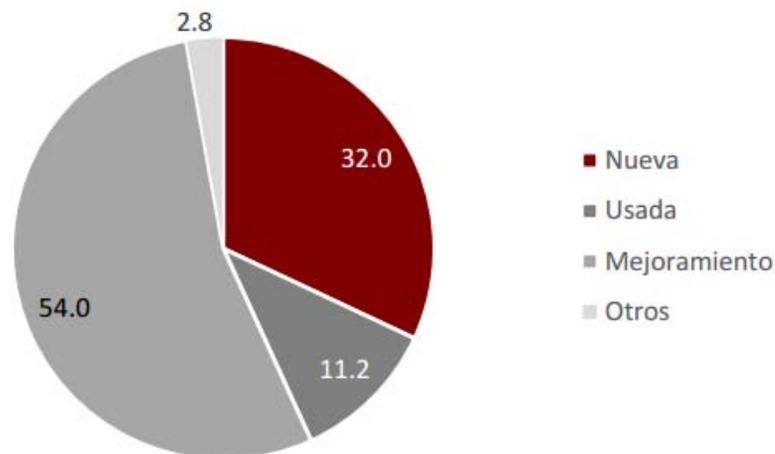


Tabla 7 Distribución del presupuesto

Fuente: [www.conavi.gob.mx/](http://www.conavi.gob.mx/)

<sup>27</sup> [www.conavi.gob.mx/julio/2015](http://www.conavi.gob.mx/julio/2015)

En correspondencia con la tendencia convergente en los niveles de registro, inicio de obra, terminaciones y ventas, el nivel de la oferta de vivienda nueva se mantuvo por cuarto mes consecutivo en el rango de 500 mil unidades +/- 1.0%. Al cierre de julio, el inventario de vivienda en proceso de construcción y venta totalizó 496.4 mil unidades, 12.1% arriba del nivel observado en julio de 2014

El registro anual de vivienda aumento de 305 mil unidades en 2013 a 413 mil en 2014 y el transcurso de 2015.



Fuente: CONAVI con información de INEGI

**Ilustración 7 Crecimiento anual de construcción de vivienda**

Fuente: [www.conavi.gob.mx/](http://www.conavi.gob.mx/)

Los organismos tradicionales (INFONAVIT, FOVISSSTE y la Banca Comercial) otorgaron más de 500 mil créditos de enero a julio de 2015; en relación al mismo periodo de 2014, el resultado representó un incremento del 16.0%. En el periodo de referencia, la inversión acumuló 165.5 mmp, 16.8% más que un año antes. <sup>28</sup>

<sup>28</sup> [www.conavi.gob.mx/julio/2015](http://www.conavi.gob.mx/julio/2015)

Los indicadores del Registro Único de Vivienda (RUV) muestran al mes de julio un volumen acumulado de 496.4 mil viviendas vigentes. De éstas, 224 mil están terminadas, 272 mil se encuentran en alguna etapa del proceso de construcción, en tanto que otras 90 mil se encuentran pendientes de iniciar (o no reportan avance).<sup>29</sup>

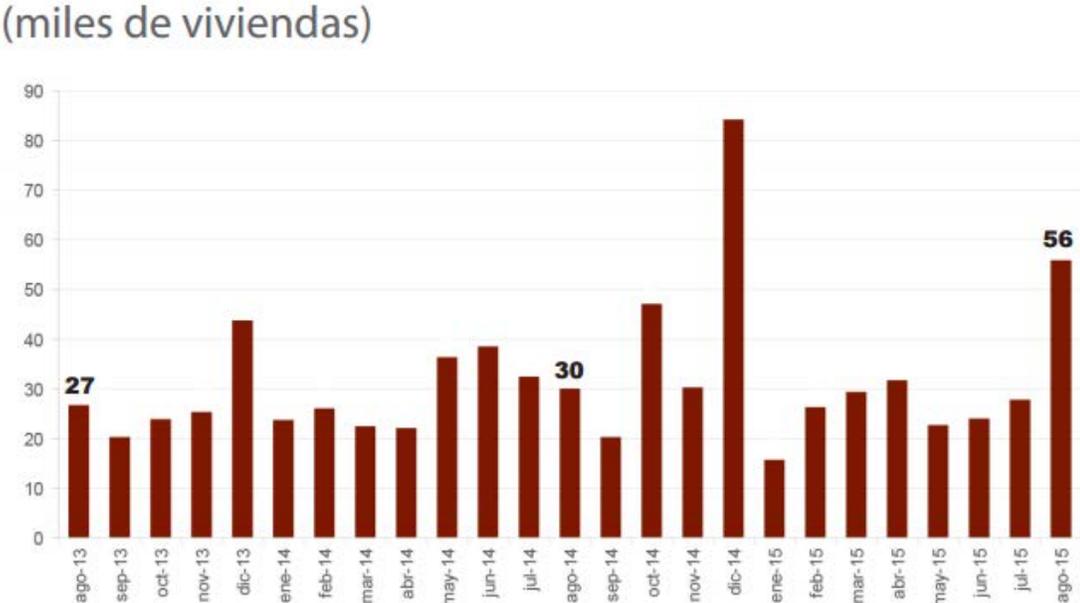


Tabla 8 Registro Único de Viviendas  
 Fuente: [www.conavi.gob.mx/](http://www.conavi.gob.mx/)

<sup>29</sup> [www.conavi.gob.mx/](http://www.conavi.gob.mx/) julio/2015

### 3.1 Índice de vivienda

En el 2010, México tenía 28.7 millones de viviendas, de las cuales 22.4 millones eran urbanas y 6.3 millones eran rurales, representando 78.1 y 21.9 por ciento, respectivamente.<sup>30</sup>

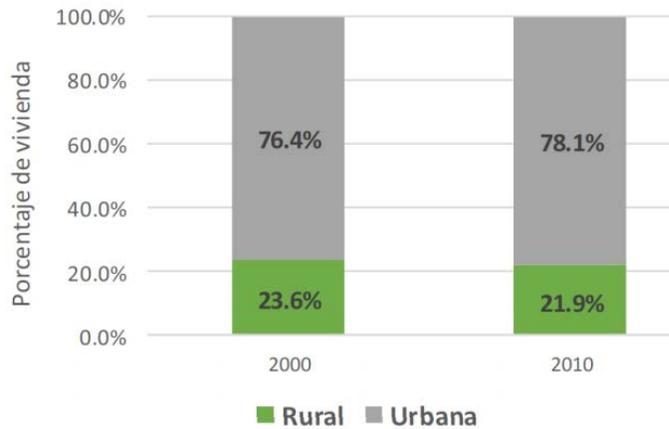


Tabla 9 Vivienda rural y urbana

En el 2012, el déficit habitacional era de 15'298,204 viviendas.

Respecto a las carencias de materiales, éstas pueden reflejarse en la calidad de los muros, los pisos y los techos de las viviendas. Entre el 2000 y el 2010, un porcentaje alto de viviendas urbanas contaba con materiales de buena calidad. No obstante, el techo sigue siendo un problema que requiere especial atención, ya que en 2012, todavía 19.7 % de dichas viviendas carecían de techo de concreto, tabique, ladrillo o similares.<sup>31</sup>

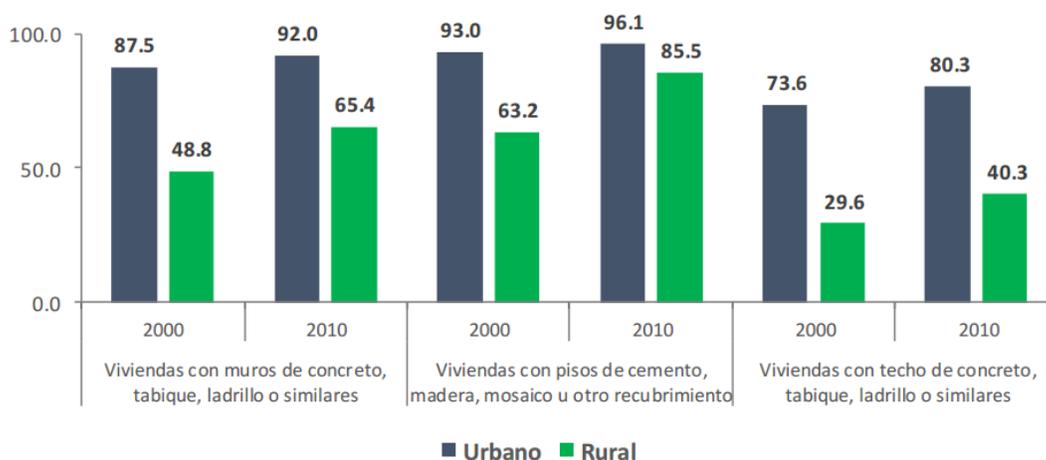


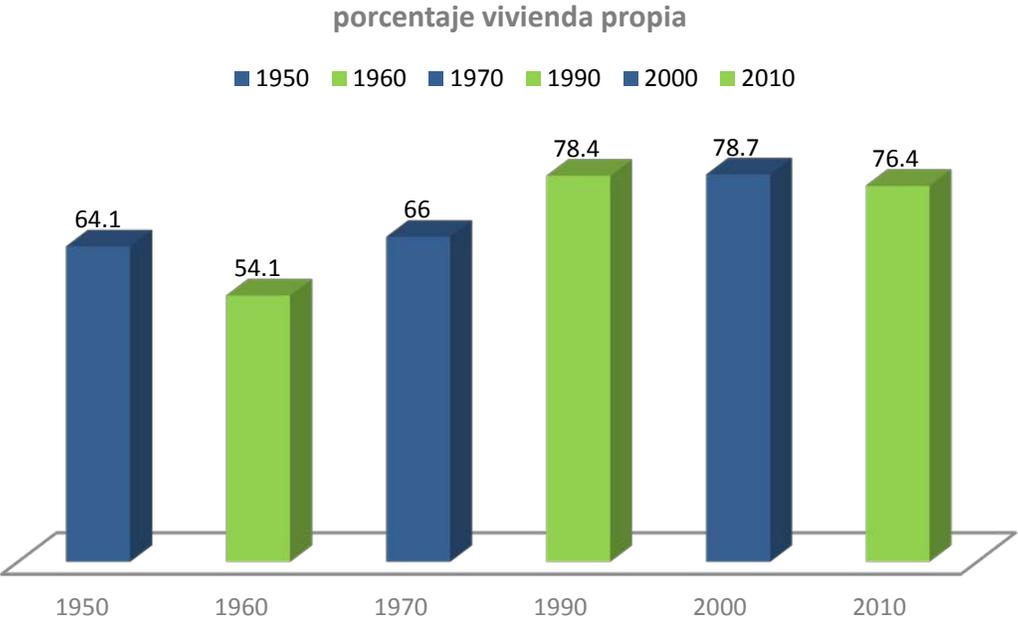
Tabla 10 Calidad de materiales en viviendas

Fuente: [www.conavi.gob.mx/](http://www.conavi.gob.mx/)

<sup>30</sup> [www.conavi.gob.mx](http://www.conavi.gob.mx) julio 2015

<sup>31</sup> Programa Nacional de Vivienda 2014-2018

La necesidad creciente para la construcción de viviendas, se ha incrementado de forma exponencial en las últimas décadas a causa del crecimiento de la población. México es uno de los países de América Latina más urbanizados con aproximadamente 73% de la población viviendo en zonas urbanas. La diferencia entre pobreza y riqueza está creciendo alarmantemente, que se presenta también por la forma de vivienda y hábitat. En la mayoría de los casos, las familias mexicanas son felices por tener una propia casa, lo suficientemente grande para albergar a toda la familia (4.5 personas promedio) y servicios básicos como agua, drenaje, luz y un equipamiento técnico (estufa, refrigerador, lavadora, televisión).<sup>32</sup>



**Tabla 11 Vivienda propia**  
Elaboración propia datos INEGI.org

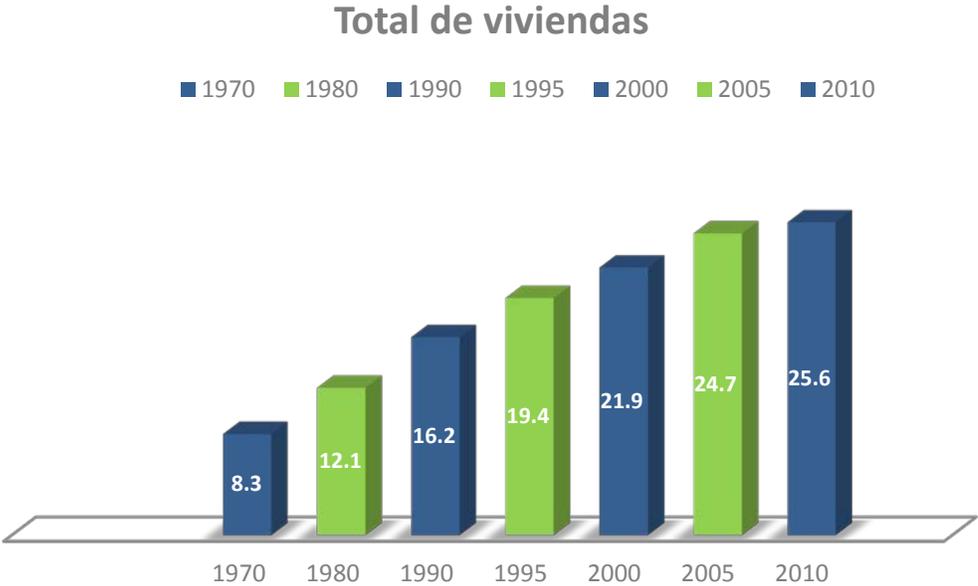
La disposición de una infraestructura técnica así como social sirve como indicador preciso entre los niveles socio-económico en las diferentes zonas urbanas. La clase superior tiene acceso tanto a la infraestructura tanto técnica como social mientras que los pobres viven en las peores condiciones ambientales, excluidos del abastecimiento de agua, luz y recolección de basura y se confrontan con los costos más altos de servicios de infraestructura. Actualmente existe un rezago de cinco millones de viviendas que involucran a más de 20 millones de personas que viven en condiciones de alta marginalidad.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Industrialización para la construcción de viviendas <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es> mayo/2014

<sup>33</sup> Elvira Schwanse. Plásticos reciclados para la construcción. Programa de Maestría y Doctorado en arquitectura 2007

En los Distrito Federal el desarrollo de la construcción de viviendas se convierte en un proceso en el que, en muchos casos, el propietario es también el constructor. En la mayoría de los casos las personas viven en casas que no están finalizadas y que han sido proyectadas por ellos mismos por lo cual no cumplen con las correctas medidas de seguridad y están en pleno proceso evolutivo continuo de construcción. Para los promotores inmobiliarios nunca ha sido una inversión redituable construir para aquellos que a veces no pueden costear ni sus necesidades básicas, por ello, dentro de los planes de vivienda de bajo costo, hasta el día de hoy, es prácticamente imposible encontrar alguna opción para las personas que malviven dentro de las grandes ciudades o en la periferia dentro de estructuras hechas con palos de madera y cubiertas de cartón o arropados simplemente con un plástico. 34

México es un país en desarrollo donde surge una necesidad de construir viviendas de coste controlado y accesibles, ya que más del 23% de la población no cuenta con una vivienda propia.35



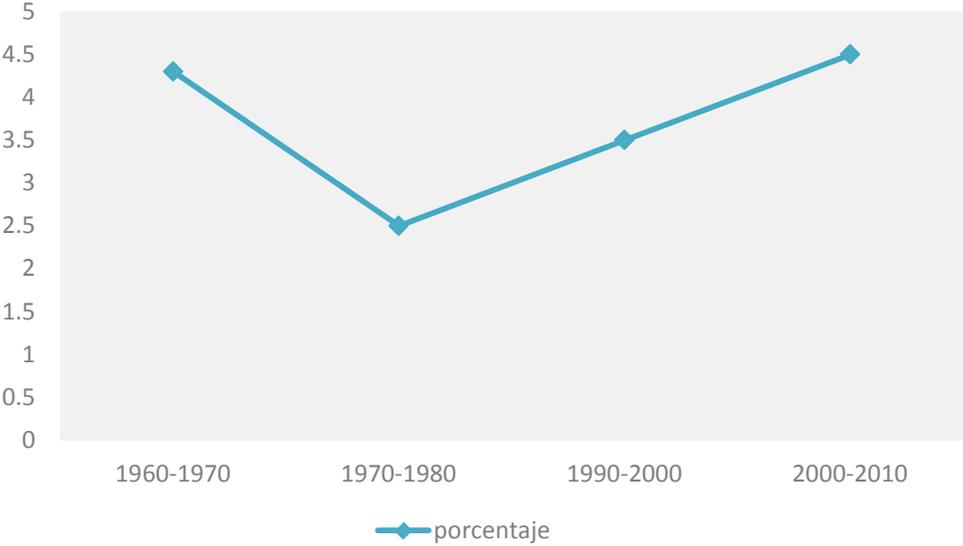
**Tabla 12 Viviendas totales**  
Fuente: [www.inegi.org.mx/](http://www.inegi.org.mx/)

<sup>34</sup> Angulo Alcaraz, Edwin José, Diseño modular e industrialización de la vivienda media vertical en el Distrito Federal / 2013

<sup>35</sup> <http://www.inegi.org.mx/mayo/2014>

Históricamente, más del 60% de la población con ingresos menores a tres salarios mínimos, está excluido de los Programas Institucionales de Suelo Urbanizado y de Vivienda. Esta población desarrolla procesos irregulares de poblamiento y autoproducción de su hábitat. Sin embargo, este poblamiento representa más de 65% de las viviendas de todo el país.<sup>36</sup>

El propósito principal es mostrar que con recursos mínimos es viable la realización de espacios funcionales y seguros, en los que la gente pueda tener, por lo menos, un lugar digno donde dormir.



**Tabla 13 Crecimiento de viviendas**  
Fuente: [www.inegi.org.mx/](http://www.inegi.org.mx/)

<sup>36</sup> Arq. Edwin Jose Angulo Alcatraz “Diseño modular e industrialización de la vivienda media vertical en el Distrito Federal” unam diciembre 2013

### 3.2 Autoconstrucción

La vivienda de autoconstrucción se define básicamente como aquella vivienda construida por el mismo habitante, sin ningún factor político, legal y económico que lo respalde. Esta autoconstrucción y la falta de políticas públicas eficientes causan la generación de “viviendas informales”, es decir, aquellas viviendas que se construyen con materiales de calidad insuficiente, según los estándares del país.

La vivienda se va construyendo progresivamente en función del recurso económico con el que cuenten y tomando en cuenta la cavidad para nuevos miembros de su familia. Cabe destacar que el factor económico es la principal causa de la autoconstrucción.

La falta de vivienda social para los sectores económicos más bajos, los cuales no tienen capacidad para adquirir una vivienda del supuesto nivel al que pertenecen, claramente abre el camino a que estas comunidades opten por la autoconstrucción.

Otro factor es el deseo de habitar cerca de los centros de población y la necesidad de contar con una casa propia, que ocasiona invasión de vías férreas, vías de alta tensión o barrancas. Cuando hay capacidad de pago, puede existir también insatisfacción con las casas construidas por los desarrolladores en la periferia sobre todo por su ubicación y su inflexibilidad, factor que provoca la autoconstrucción. A causa de la construcción de hogares informales, los servicios no están al alcance de las personas. Esto obliga a que se obtengan por los medios necesarios, los cuales no siempre son buenos en cuestión de salud y por supuesto de legalidad.

Las “viviendas informales” son erigidas con materiales reciclados o de desperdicio que los habitantes van recolectando de diferentes maneras, lo que hace que carezca de una estructura formal. Principalmente la autoconstrucción de la “vivienda informal” empieza con elementos como polines o tablonces de madera forrados con láminas de cartón, asbesto o plásticos para crear una envolvente que funciona como cuarto. Pero la autoconstrucción no sólo inicia con la utilización de materiales de desechos para las personas de más escasos recursos. También se realiza en distintos estratos sociales, donde el principal motivo por el cual utilizan la autoconstrucción es para escatimar costos en la edificación de su vivienda, ya que esta familia, con mayores recursos, decide cuánto destinar a su vivienda y así poder

construirla.<sup>37</sup>

Hasta un 80% de las viviendas en México se construyen sin un arquitecto. No obstante se emplea un albañil y sus asistentes para la construcción de los cimientos, columnas y trabes, trabajo por el cual reciben un sueldo. El resto se trabaja y monta en forma familiar y colectiva, el avance de la construcción y los materiales aplicados dependen básicamente de la situación económica familiar. Así, la autoconstrucción significa que la casa sea construida personalmente pero permite la ayuda de otros.

La tipología y técnica de construcción de la vivienda autoconstruida puede reaccionar flexiblemente según los cambios familiares y la relación de ingresos en la familia, y así crece correspondientemente.<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Mtro. Arq. Javier Sánchez Corral LA VIVIENDA "SOCIAL" EN MÉXICO Sistema Nacional de Creadores de Arte Emisión Agosto 2009 - Julio 2012

<sup>38</sup> Mora Torres David. El arquitecto en la Autoproducción julio 2007

## Capítulo 4. Medio Ambiente

¿Por qué es tan importante el plástico? Bueno, en el mundo en el que vivimos, la eficiencia energética es esencial. De hecho, después del transporte, la construcción es donde mayor cantidad de energía se consume. Los plásticos son imprescindibles para el aislamiento y el sellado, siendo así de excepcional ayuda para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones peligrosas de CO<sub>2</sub>.<sup>39</sup>

El principal problema ambiental del PET es su disposición, ya que una vez que se convierte en residuo, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales y en el drenaje provocando taponamiento y dificultades en los procesos de desazolve, facilitando inundaciones, así como en las calles bosques y selvas y el océano generando basura.

Cada año se producen alrededor de 9 mil millones de botellas de PET, que representan casi una tercera parte de la basura doméstica generada en México. Anualmente 90 millones de botellas de refrescos y agua purificada son lanzadas a las vías públicas, bosques y playas. Una botella de PET tarda hasta 500 años en degradarse.<sup>40</sup>

---

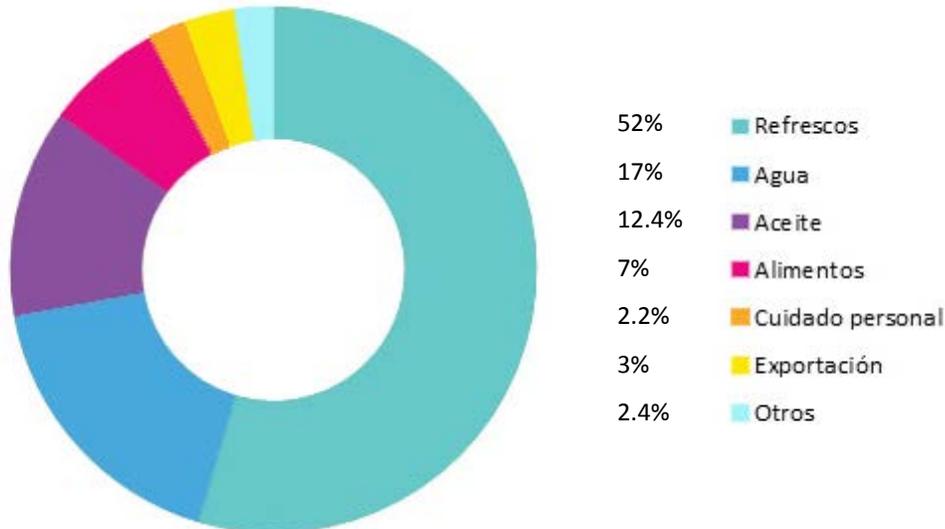
<sup>39</sup> Los plásticos en los edificios <http://www.futureenergia.org> noviembre 2014

<sup>40</sup> <http://cambiomedioambiental.blogspot.mx/2010/05/contaminacion> noviembre 2014

## Principales productos fabricados con PET

Tabla 14 Producción de productos PET

Elaboración propia



Se sabe que el 54% del PET en México se encuentra en almacenes para su distribución y en cauces, calles o tiraderos clandestinos; el resto está en centro de acopio para su reciclaje o en rellenos sanitarios. Esto representa un problema de disposición de residuos, considerando el potencial de reutilización que tiene el PET. Además, en México del total de residuos que se reciclan, el plástico representa tan solo el 0.5%.

En la industria del reciclaje de PET en México no es tomada con seriedad a causa de sus precios bajos, ya que kilogramo de PET se compra alrededor de los \$3.00. Esto se debe ya que las industrias refresqueras no pueden reutilizar el pet para hacer nuevos envases. Por esto este negocio está completamente desperdiciado aun cuando se le puede dar una reutilización y nueva vida útil a este material.

Impulsar el reciclaje nacional del PET es una medida urgente, primero por lo que respecta a la limpieza pública y el manejo eficaz de la gestión integral de los residuos para evitar su acumulación en los rellenos sanitarios, sino también porque es preciso transitar hacia una economía sustentable que ahorre materia prima y recursos energéticos.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> <http://cambiomedioambiental.blogspot.mx/2010/05/contaminacion-por-pet-en-mexico> noviembre 2014

## 4.1 Impactos medioambientales

El tiempo que demora el proceso de descomposición de los desechos es variable según el tipo de material, siendo sumamente lento en el caso de los plásticos. Las botellas de polietileno (PET) tardan más de 500 años en descomponerse, y duran alrededor de 1000 años si están enterradas. Si se encuentra expuesto al sol o al medio ambiente tiene una duración aproximada de 100 años. Las bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) se transforman recién a los 150 años en contacto con los agentes naturales. Reciclar es una alternativa conveniente desde el punto de vista ambiental, puesto que se reducen los residuos que se acumulan en basurales al aire libre, se queman, o se entierran, si se elimina todo el pet existente en los tiraderos se reduciría su peso en un 3% y su volumen disminuiría 8%.<sup>42</sup>

Naturalmente, el reciclado es más atractivo cuanto mayor sea el precio del material virgen a sustituir. La suba internacional del precio del petróleo ha disparado el interés por el reciclado de los materiales plásticos en los últimos años.

México es el segundo consumidor a nivel internacional de la resina PET para la producción de botellas. Ya que es el segundo consumidor mundial de refrescos.

---

<sup>42</sup> Medina Cabrera, Arturo, sustentante Plan de negocios para reciclaje de pet / 2015

En la actualidad, nuestro país es el principal consumidor de bebidas embotelladas. Se estima que en México se consumen alrededor de 800 mil toneladas de PET al año, con un crecimiento anual de 13%.

En México, el principal uso de los envases de PET lo llevan las botellas de refresco, con más del 50%, seguido del agua embotellada (17%).

Los residuos de PET representan entre el 2-5% del peso y 7-10% del volumen en los rellenos sanitarios, y entre 25 y 30% de los residuos sólidos municipales generados en el país.<sup>43</sup>

Cada mexicano consume 152 litros de refresco anualmente, se estima que para producir 1 tonelada de plástico PET se requieren 17 barriles de petróleo México requieren 10.20 millones de barriles de petróleo anualmente.<sup>44</sup>

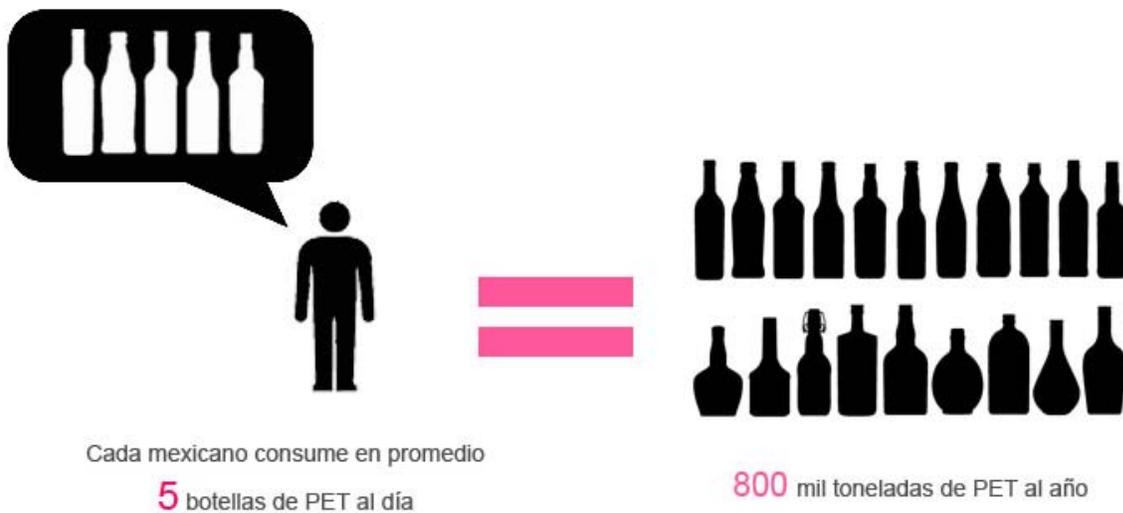


Ilustración 8 Consumo de PET en México

<sup>43</sup> SEMARNAT 2009

<sup>44</sup> Periódico la jornada 2014

En México se recicla alrededor de 15% del PET que se consume. Este fenómeno se asocia con el precio al que se compra un kilogramo de PET que es de tan solo \$3 pesos, mientras que el kilogramo de aluminio se compra en \$9 pesos. El reciclaje del aluminio oscila en 50%.<sup>45</sup>



El consumo global del PET se calcula en 12 millones de toneladas con un crecimiento anual de 6%. El problema ambiental del PET radica en que tan sólo 20% del PET que se consume en el mundo se recicla, el resto se dispone en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto.

<sup>45</sup> [www.elecologista.com.mx/](http://www.elecologista.com.mx/) septiembre/2014

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.<sup>46</sup>

**Ilustración 10 Reciclaje de PET mundial**  
Elaboración propia



### Aspectos positivos del PET

Que actúa como barrera para los gases, como el CO<sub>2</sub>, humedad y el O<sub>2</sub>

- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes
- Irrompible
- Liviana
- Impermeable
- No tóxica, a cierto grado, ya que todos los plásticos tienen cierto grado de toxicidad, cualidad necesaria para este tipo de productos que están al alcance del público en general (Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios)
- Inerte (al contenido)
- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor
- Totalmente reciclable
- Estabilidad a la intemperie
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.<sup>47</sup>

<sup>46</sup> <http://eleconomista.com.mx/industrias/2014/04/19>

<sup>47</sup> [www.elecologista.com.mx/septiembre/2014](http://www.elecologista.com.mx/septiembre/2014)

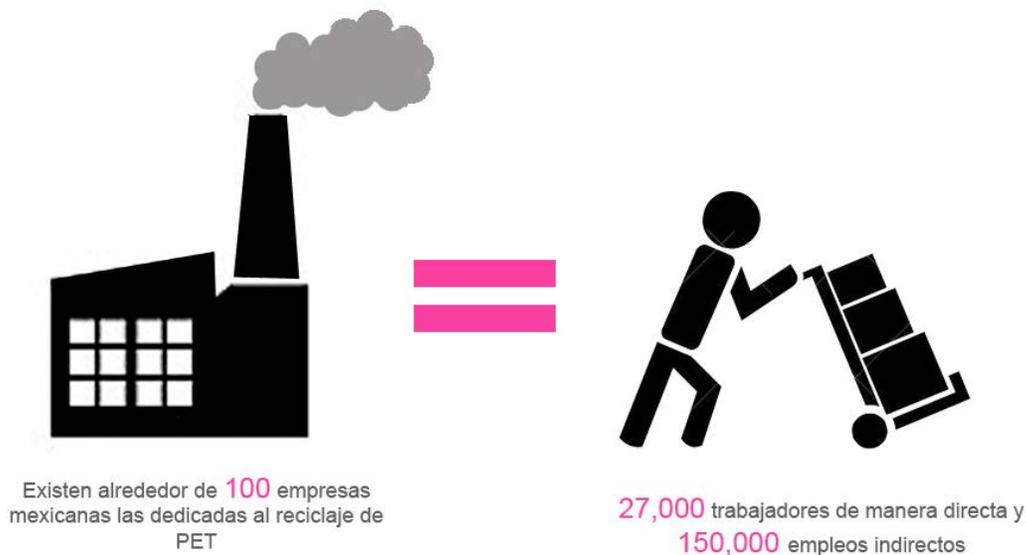
México produce 800,000 toneladas de PET, de las cuales sólo recicla 55,000 toneladas, mientras que el volumen de la recolecta al año equivale a 150,000 toneladas.

De acuerdo con la industria, son alrededor de 100 empresas mexicanas las dedicadas a la producción, acopio, lavado y reciclado del PET. De esta actividad viven 27,000 trabajadores de manera directa y se desprenden otros 150,000 empleos indirectos.

En el año 2000 se creó ECOCE, una unión de 75 refresqueros, embotelladores y envasadores mexicanos; esta empresa recicladora se comprometió a recuperar un 36.5% de las botellas de PET. Sin embargo, el reciclaje de PET se calcula en 50 mil toneladas por año.

### Ilustración 11 Empleos en el sector del reciclaje

Elaboración propia



El mercado natural para el reciclaje de PET 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.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> <http://eleconomista.com.mx/industrias/2014/04/19>

## 4.2 Sustentabilidad

La sustentabilidad de la industria del plástico se enfoca en dos vertientes: la producción y el consumo.

La producción sustentable busca minimizar el uso de recursos, como agua y energía; la eficiencia de procesos para la reducción de desperdicios, diseños eco amigables que reduzcan el uso de material, innovaciones tecnológicas para el desarrollo de Bio polímeros y la mejora en la calidad de los productos para incrementar su eficiencia, entre otros objetivos.

En relación al consumo sustentable, se busca concientizar al usuario en el uso responsable del plástico, en la disposición adecuada y diferenciada desde el lugar de origen, en la reutilización en los casos factibles y en el fomento al reciclaje mecánico y energético, entre otras tareas.

La propuesta sustentable se resume a la aplicación de las 3Rs: reciclar, reducir y reutilizar, en todas las etapas, desde la producción hasta la disposición final y, por lo tanto, involucra a empresas y consumidores.<sup>49</sup>

El uso de los plásticos permite ahorrar entre cinco y nueve veces la cantidad de CO2 durante su uso y el proceso de recuperación, del que emiten durante su producción. Se espera que el ahorro sea entre nueve y 15 veces más grande para el año 2020 gracias a los avances en la producción y la mejora de la eficiencia de los productos plásticos en el mundo y en México. Asimismo, determina que los plásticos sólo representan el 1.3 por ciento de la media de emisiones de CO2, comparado con el 9 por ciento de la ropa, el 13 por ciento de la alimentación, o el 18 por ciento del ocio.

La construcción es responsable de un porcentaje altísimo de los residuos que se generan en el planeta, por esto se realizan propuestas arquitectónicas a nivel internacional que emplean mecanismos novedosos haciendo reflexionar sobre la utilización de nuevas técnicas y el empleo de otros materiales. No sólo son propuestas físicas o espaciales sino que poseen una reflexión teórica previa que innova en los conceptos tradicionales y propone un nuevo paradigma de la arquitectura y el urbanismo vinculados a múltiples disciplinas con las que se trabaja en conjunto. Así, construcción con módulos prefabricados y el empleo de materiales provenientes del reciclaje.<sup>50</sup>

---

<sup>49</sup> <http://www.expoknews.com/la-sustentabilidad-de-los-plasticos-julio/2015>

<sup>50</sup> Mtro. Arq. Javier Sánchez Corral LA VIVIENDA "SOCIAL" EN MÉXICO Sistema Nacional de Creadores de Arte Emisión Agosto 2009 - Julio 2012

En la vivienda social, además, la sustentabilidad debe estar implícita en el diseño del proyecto. El ahorro de energía y la recuperación de los recursos naturales para su reutilización, no sólo benefician al medio ambiente sino que reducen los gastos de las familias. Debemos diseñar vivienda social que tome en cuenta los diferentes climas existentes en México. Si actuamos de acorde a cada uno lograremos vivienda mejor adaptada y que aproveche al máximo las características de cada región natural. Con esto, se logra un mayor confort, menor consumo de energía y óptimo uso de los recursos naturales. Esta aportación no es pequeña, ya que los conjuntos urbanos tienen un gran impacto en los ecosistemas y son grandes consumidores de energía en el país.

Se considera un conjunto habitacional sostenible cuando es rentable como modelo de negocio y redituable para el país en término de generación de empleo de finanzas públicas, cuando es amigable con el entorno ecológico en cuanto al uso de recursos naturales y su impacto en el ecosistema y es detonador de una vida en comunidad más cohesionada y con capacidad para trabajar y ponerse de acuerdo en pro de sus objetivos comunes.

Entre los muchos beneficios podemos mencionar los siguientes: el ahorro de energía, ya que el usuario consume menos energía al habitar un hogar sustentable, viéndose así beneficiado económicamente en el pago de sus facturas de gas, luz y agua.

En el futuro, los materiales plásticos serán fundamentales en la generación de energías renovables y seguirán permitiendo el desarrollo de las nuevas tecnologías y la reducción de los recursos utilizados en ellas (MP3 o tarjetas de memoria más pequeñas. etc.). Además, su uso será muy relevante en áreas como el aislamiento térmico o la protección de los alimentos, con extraordinarios beneficios para los usuarios.<sup>51</sup>

México se convierte en el segundo país, después de Brasil, que pretende reciclar polímeros y fabricar productos para diversos sectores como el automotriz, agroindustrial, farmacéutico y de construcción.

---

<sup>51</sup> <http://www.expoknews.com/la-sustentabilidad-de-los-plasticos-julio/2015>

### 4.3 Etapas del reciclado de PET

El proceso para reciclar el PET consta de 20 pasos, que inician con el tratamiento de la hojuela del PET que es pasada a través de un flujo de aire para la separación de materiales extraños.

Luego la hojuela es lavada con una solución alcalina y puesta en un tanque de flotación para separar los remanentes. En seguida, se saca la hojuela para mezclarla con sosa cáustica y nuevamente secarla con calor.

Se inicia entonces un proceso de descontaminación del material en un reactor horizontal giratorio denominado "Kiln", en donde los remanentes de PVC son degradados térmicamente lo que facilita su separación del PET.

En seguida viene la etapa de hidrociclón, en donde por efectos de la fuerza centrífuga se separan los remanentes como arena o pedazos de vidrio; sigue una segunda etapa de lavado y enjuague y una segunda separación de remanentes de PVC por medio de flotación.

El paso siguiente es una segunda etapa de hidrociclón y una neutralización del material en una solución acuosa de ácido fosfórico, para luego someter al material a una segunda etapa de secado centrífugo.

Sigue una separación de color en donde la hojuela de PET es sometida a un equipo que detecta partículas cuyo color sea diferente al que caracteriza al PET procesado (blanco cristalizado o transparente).

Viene entonces una etapa de homogenización del tamaño de partícula en donde son eliminadas todas aquellas hojuelas cuyo volumen sea menor al especificado; en seguida, el material pasa a través de un sistema integrado por varios detectores/eyectores de metal colocados en serie que remueven las partículas metálicas tanto ferrosas como no ferrosas.

También una segunda etapa de elutriación en que se remueven los finos remanentes y la etapa depelletizado en que la hojuela limpia y descontaminada es fundida y convertida en forma de pequeñas esferas (pellets).

Finalmente los pellets filtrados son sometidos a condiciones de tiempo y

temperatura tales que permiten mejorar las propiedades físicas del material. La última parte es el empaclado.<sup>52</sup>

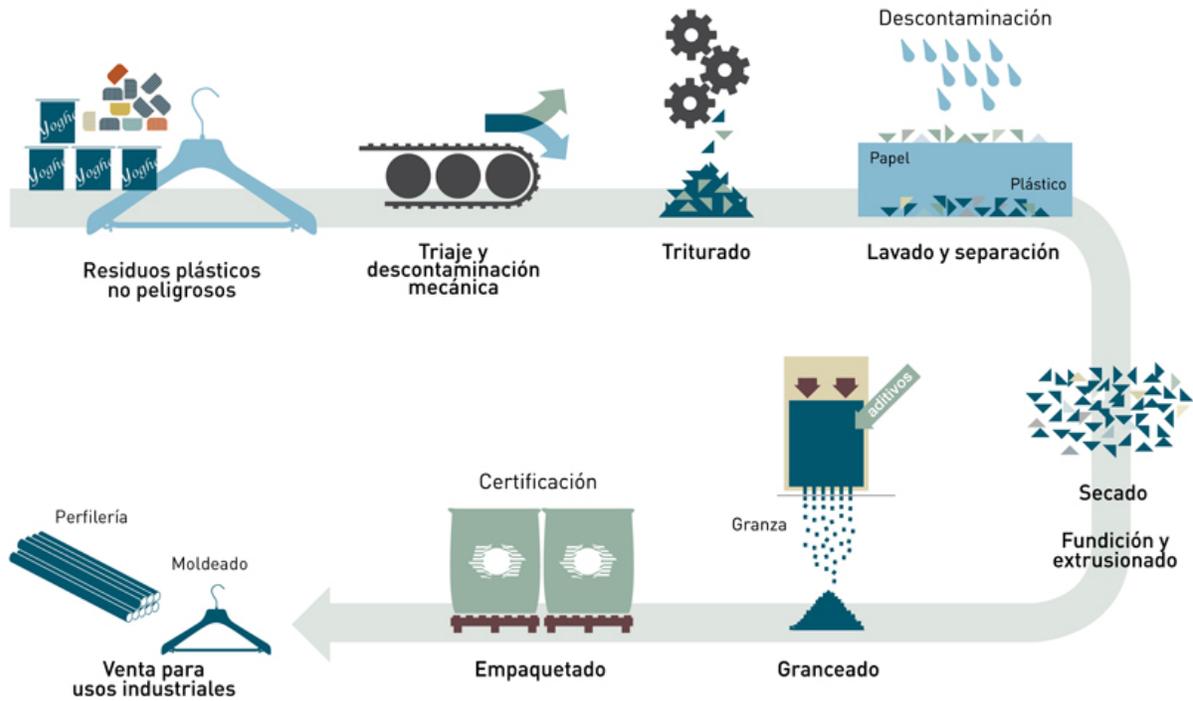
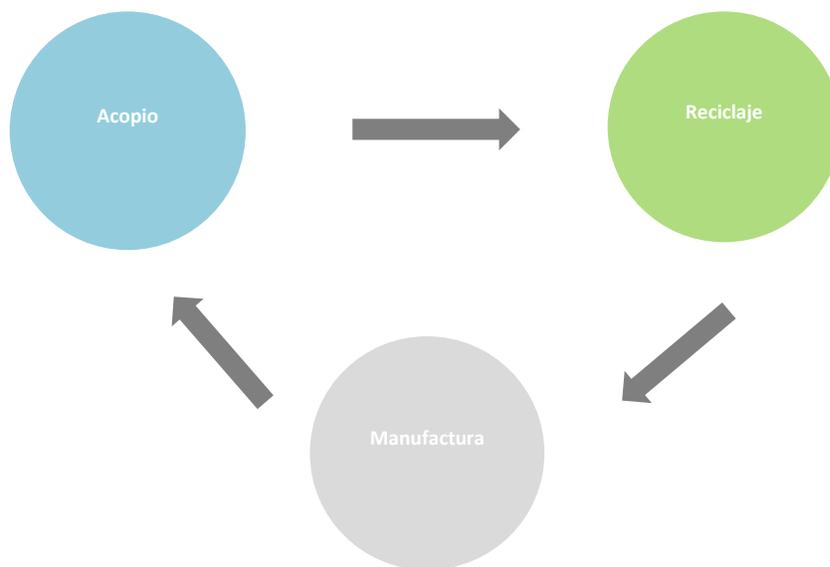


Ilustración 12 Proceso de reciclaje PET

Fuente: gestionderesiduosonline.com



<sup>52</sup> Chalchy Garcia Alejandro Estudio Para la Fabricacion de Tabiques Plasticos IPN agosto 2008

# Capítulo 5. Sistemas prefabricados

## 5.1 Sistema cero's

Dada la importancia de la industria de la construcción en la economía de los países y debido a la creciente conciencia mundial en el cuidado del medio ambiente, las nuevas tendencias han estado enfocadas en la eficiencia, tanto en la construcción mediante el uso adecuado de materiales, como en mitigar el impacto ecológico de esta industria.

Es una empresa mexicana creada por el ingeniero Mariano Nuñez Vargas originario de Toluca, que utiliza como base PET reciclado para crear bloques para la construcción los cuales contribuyen a la disminución de contaminación.

En 2003, el Consejo Nacional de Vivienda y la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, otorgó a Cero's el Premio Nacional de Vivienda.

Esta planta es impulsada con recursos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y ha logrado conseguir alianzas con Apasco, Nacional Financiera, Fonacot e Infonavit, en temas como los trámites para obtención de los procesos aplicables a la construcción, ampliación y remodelación de vivienda.

“La empresa fue creada en 2000 con el nombre de Tabiques y Estructuras Reciclables S.A de C.V. con el compromiso de crear con los residuos sólidos. Cero's es nuestra marca comercializada y está patentada.”<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> Director de Auditoría de KPMG y especialista en la Industria de la Construcción (13/enero/2012) *HOGARES A LA MEDIDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES, EL FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN*

## Características

Tabique de 60 gramos hecho con PET reciclado

Reduce hasta 75% el peso estructural de la vivienda

El metro cuadrado de los módulos de tabiques plásticos se vende entre 285 y 290 pesos, 5 por ciento abajo que cualquier construcción

Resistencia 20kg/cm<sup>2</sup>

Se utilizan cimientos más esbeltos

La durabilidad del pavimento hecho de PET es de 500 años

Los ladrillos de polímero se producen a una velocidad de 2 mil al día

Medidas de los bloques 4 cm x 8.5 cm x 19 cm

Rapidez de construcción.

Buen comportamiento sísmico.

Alto factor de aislamiento térmico y acústico temperaturas internas de 22º C con un clima extremo de 32ºc.

Resistente contra el fuego y el viento con normatividad y técnicas 100% ecológicas.

8 botellas de PET = 1 Tabique

El problema no es fácil de resolver, considerando que las formas de vida características de nuestro tiempo, dan lugar a la producción y acumulación de basura. El incremento de la población y el consumo exagerado de objetos fútiles los cuales se presentan por lo regular envueltos en papel, plástico o cartón, la chatarra tecnológica y de electrodomésticos, la publicidad impresa en papel y los tan comunes envases de refrescos, agua y comida, se desechan por toneladas.

Lo alarmante de esta situación es que a medida que va pasando el tiempo, la cantidad de chatarra y desechos crecen cada vez más. Es a partir de la acumulación cuando comienzan los problemas ecológicos, ya que los basureros se convierten en focos permanentes de contaminación.

El proyecto denominado como Cero's, es un notable ejemplo de cómo un material de desecho como el PET puede ser transformado en un eficiente material de construcción que permite construir estructuras habitables.”<sup>54</sup>

La empresa nacional Tabiques y Estructuras Reciclables se creó en el año 2000 con el objetivo de dar una solución al manejo de botellas de tereftalato de polietileno

---

<sup>54</sup> .ARQUITECTURA,CONSTRUCCIÓN,CULTURA,INTERNACIONAL,SUSTENTABLE (06/eNERO/2012) LAS BOTELLAS DE PLÁSTICO PET DEJARÁN DE SER BASURA PARA CONVERTIRSE EN ARQUITECTURA

(PET), por lo que creó un tabique de este material.

La presión para unir los tabiques no se hace de forma manual, sino a través de una máquina, que impide que se separen. El módulo permite prefabricar todo el proyecto.

Luego de ser instalados, deben repellarse para adquirir el aspecto de una vivienda. Los tabiques pesan 60 gramos, con lo que se ahorra 80 por ciento de una estructura construida a base de ladrillos comunes y corrientes, e incluso se utilizan cimientos más esbeltos.

La estructura es antisísmica, además de que tiene termicidad, por lo que mantiene su temperatura, y también la acústica, por lo que incluso se ha utilizado para construir salas de música.

Se diseñó una técnica para que el calor se vaya para arriba, mediante una serie de ventilas y orientando la casa hacia los lugares dominantes de donde viene el viento, esto refresca el interior. Sin mucha energía, las habitaciones se mantienen frescas aún en época de calor.

En la planta ubicada en la carretera Zitácuaro-Toluca, en San Miguel Almoloyán, el proceso de fabricación del tabique comienza así: camiones cargados con toneladas de basura ingresan a la fábrica, posteriormente se separan los envases de PET de los demás residuos.

Con ingeniería totalmente mexicana y diseñada con herramientas que se pueden conseguir en una ferretería común, Mariano Núñez creó su propia maquinaria donde muele el PET y se diseña el tabique.<sup>55</sup>

Luego de obtener el tabique, se construyen las paredes o módulos mediante el ensamblado y de esta forma se arman las diferentes áreas de una vivienda.

Estas paredes se repellan con una capa de cemento y cal para así reforzar al plástico. Con este sistema se pueden elaborar casas de tres hasta 100 pisos, dependiendo su estructura, aseguran sus creadores.

---

<sup>55</sup> ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN, CULTURA, INTERNACIONAL, SUSTENTABLE (06/ENERO/2012) LAS BOTELLAS DE PLÁSTICO PET

El techo puede ser estructurado con estos módulos y también con pequeñas bases de madera o columnas de cemento; la empresa ofrece también muebles diseñados con PET.

Este sistema de construcción posee una tecnología de alto nivel: parte del secreto consiste en que el tabique tiene unos pequeños orificios donde se traspasa una varilla. 56

Cero's es una marca patentada como sistema de construcción desde 2008, que incluye el tabique, varillas, módulos y el ensamble; otra de sus virtudes es la rapidez en la construcción: una casa de un solo piso se puede edificar en cuatro días aproximadamente con toda su estructura.

Su creador asegura que este sistema tiene buen comportamiento sísmico, es resistente al fuego y viento, tiene buen aislamiento térmico y acústico, además de que es una técnica 100% ecológica.”<sup>57</sup>

### Proceso de construcción

- 1.- La materia prima es recibida.
- 2.- Se tritura, se lava y se seca.
- 3.- Es peletizada (se hacen pequeñas esferas) y pasada por una máquina que vuelve maleable el plástico.
- 4.- Se lleva a moldes fríos, en los que se crea cada tabique.
- 5.- En cuanto están listos, se desmoldan y se quitan los sobrantes. Al final, se arman bloques de varias piezas.



<sup>56</sup> Daniel Aguilar (17/feb/2012) *Castillos y casas de plástico, 100% mexicanos*. El Universal Estado de México

<sup>57</sup> Ambiental (29 marzo 2011) *Fabrican viviendas con tabiques de PET* ExpokNews

## 5.2 Tabique ecológico Querétaro



**Ilustración 13** Tabique ecológico a base de pet

Gerardo Valentín Soto Ramírez, alumno del posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), desarrolló -a partir de un proyecto de investigación- un tabique ecológico creado de material reciclable “pet”, el cual podrá redundar en importantes beneficios para la industria de la construcción.

El propósito principal es generar productos o servicios autosustentables en donde se incluyan los materiales de desecho, toda vez que se genere un impacto ecológico favorable. Se eligió trabajar con pet, porque es un material fácil de conseguir, no produce gases tóxicos y se degrada en 500 años, por lo que permite que la construcción sea de excelente calidad y muy durable. Estos tabiques de tres distintos tamaños y diseños, se pueden utilizar en la industria de la construcción, ya sea para la edificación de viviendas o para la realización de obras de mayores dimensiones; además, lo más importante es que significa también un impacto ecológico significativo, pues se pueden utilizar hasta cuatro mil botellas por construcción. Además, refirió que dicho material también cuenta con ventajas durante fenómenos meteorológicos como sismos, ya que cuando existen desplazamientos de suelo la fibra del pet sigue trabajando hasta su resistencia

última, por lo que da mayor tiempo para que se evacúe.<sup>58</sup>

El nuevo sistema de horneado de tabiques que pretende adoptarse en San Juan del Río, reduce en 80 por ciento la emisión de contaminantes y en más de 50 por ciento el consumo de combustibles, el proceso consiste en la construcción de dos hornos gemelos interconectados tipo bóveda de proceso continuo, con capacidad para 7,500 tabiques cada uno. Las emisiones de la combustión para el calentamiento del horno no se emiten directamente a la atmósfera, sino que se envían a la otra bóveda, donde es utilizado para secar los tabiques de su interior, con dicho sistema, también se reducen los tiempos de producción de los ladrillos, ya que mientras en uno de los hornos tradicionales se requiere de 24 horas de horneado, en el nuevo sistema se estima que el máximo serán de 16 horas. En Tequisquiapan ya se está implementando este nuevo sistema y en San Juan a base de estar insistiendo y capacitando a los productores se está trabajando para que puedan integrarse y participen en este proyecto.<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> Patentan en Querétaro tabique ecológico <http://www.libertaddepalabra.com/2010/12/patentan-en-queretaro-tabique-ecologico/> Alan Gamaliel Contreras Guadarrama 18 diciembre 2010

<sup>59</sup> [http://www.noticiasdequeretaro.com.mx/informacion/noticias/22/87/\\_queretaro/2015/01/12/91874/promueven-ladrillos-ecologicos.aspx](http://www.noticiasdequeretaro.com.mx/informacion/noticias/22/87/_queretaro/2015/01/12/91874/promueven-ladrillos-ecologicos.aspx) MARISOL BARBOSA RODRÍGUEZ lunes, 12 de enero de 2015

### 5.3 Ecoladrillos México

“Ecoladrillos México” es el nombre del proyecto que Aldo hizo realidad en la Incubadora de Empresas de UNITEC; ladrillos elaborados con tepetate, una arcilla que se encuentra en casi todo el territorio nacional, es un material térmico y natural que proporciona la tierra misma, “el tepetate y sus agregados lo compactamos a seis toneladas por pieza en una prensa hidráulica, enseguida viene el proceso de curado el cual es el de mayor trascendencia ya que no se utilizan hornos para su elaboración, utilizamos agua de lluvia para hidratar el ladrillo y mantenemos la temperatura con elementos tipo invernadero para que nos permita tener un control de temperatura y humedad, para obtener un producto de calidad y resistencia, que esté dentro del Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF)”, comentó el egresado.

Sistema constructivo desarrollado por PROCASA, diseñado para satisfacer la necesidad de vivienda urbana y rural que existe en nuestro país, de una manera sencilla, rápida y económica.

Tiene como característica primordial ofrecer una vivienda térmica y resistente. Al ser un sistema modular puede construirse en diversas dimensiones.

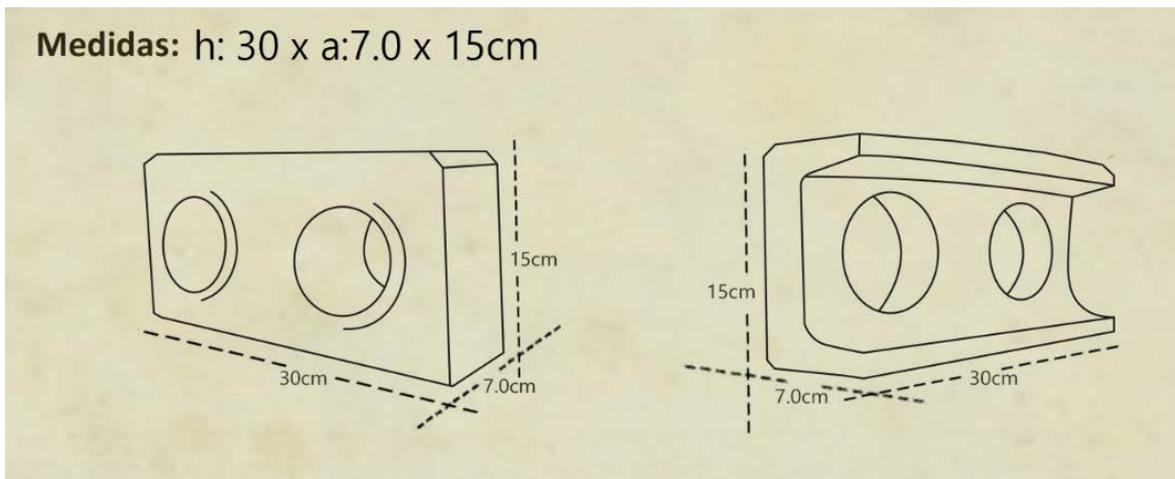


Ilustración 14 Medidas de ecoladrillo Querétaro

<b>Tipos disponibles</b>	M - Modular ML - Medio ladrillo	C - Canaleta P - Piso	
<b>Propiedades Térmicas</b>	<b>Conductividad</b> 1.13 W/m K	<b>Aislamiento</b> 0.88m K/W	<b>Inercia</b> 8hrs
<b>Propiedades Mecánicas</b>	<b>Resistencia a Compresión</b> > 70 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Absorción de Humedad (24h)</b> 12%	<b>Esfuerzo cortante de diseño (V*)</b> 3.90
<b>Peso promedio por pieza</b>	2.7 kg (LH)		
<b>Piezas por m<sup>2</sup></b>	45 piezas		
<b>Mortero sugerido</b>	Mortero tradicional o Crest		
<b>Cumplimiento de normas</b>	NMX-C-006-1976 NMX-C-404-ONNCCCE-2005		

Este sistema constructivo llega a tener un ahorro de hasta el 25 por ciento comparado con una edificación tradicional, “el ladrillo es como un tipo lego, tiene dos perforaciones, dos machimbres que nos permite unir las piezas una con otra y saber exactamente dónde se colocan, con esto ahorramos hasta un 70 por ciento en el uso de mortero además de incluir instalaciones y estructura sin dejar de mencionar las propiedades térmicas del ecoladrillo”, señaló Aldo.

- Tiempo de construcción de 12 a 15 días
- No requiere de mano de obra especial
- Menor costo
- Cimbra de fibra de vidrio, en sustitución de madera para muros y losa
- Se elimina el block, castillos y cerramientos por un colado monolítico
- Bajo peso estructural que reduce el requerimiento y costo de cimentación
- Mayor control de insumos
- Materiales resistentes y económicos
- Alta resistencia (200 kg/cm<sup>2</sup>) ante embates sísmicos y huracanes

Un ecoladrillo llega a pesar 2 kilos 300 gramos aproximadamente, lo que le permite competir en el mercado en cuanto a precio y calidad, “ hay ladrillos, como el rojo,

que no cumplen con los estándares de calidad que exige el RCDF, a ese tabique rojo le hemos realizado pruebas y no supera los 20 kilogramos por centímetro cuadrado, cuando el reglamento nos exige 70 kgs., esto es porque se producen de manera artesanal, sin procesos de calidad, además de toda la contaminación que se genera al quemar basura, madera o combustibles lo que genera altos grados de contaminación al medio ambiente. La diferencia con “Ecoladrillos”, es que para su fabricación utilizamos tecnología aplicada responsablemente, la tecnología no está peleada con la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente”.

El éxito de “EcoLadrillos México” se ve reflejado en que arquitectos como Cristian Arellano estén realizando la propuesta de un edificio de 7 niveles ubicado en La Viga y Viaducto, aquí en el Distrito Federal; para la edificación de 54 departamentos utilizando este ladrillo resistente, durable y térmico para generar estabilidad de temperatura al interior de las viviendas. “Nos permite tener un mejor control de temperatura dentro de los espacios por lo que se podría evitar el uso de aire acondicionado o calefacción, “ecoladrillos” al ser realizado con arcilla natural, nos permite contar con un clima fresco adentro de los espacios”.

El proyecto de Aldo Castillo ofrece empleo a 9 personas en Querétaro donde está localizada la planta, y es ahí donde se construyó la primera casa con EcoLadrillo gracias al despacho Kali Aztec Design, “estamos desarrollando vivienda también en Celaya, un Hotel en Tláhuac, tenemos obras en Polanco, Estado de México así como trabajos en obras del gobierno del DF, estamos en pláticas en Guadalajara para abrir otra planta en aquel estado, la idea a corto plazo es tener presencia a nivel nacional”.<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup>Ecoladrillos México: viviendas sustentables a partir de materiales ecológicos Universia México  
Universidad Tecnológica de México 11/09/2014

## Capítulo 6. Impresiones en 3d

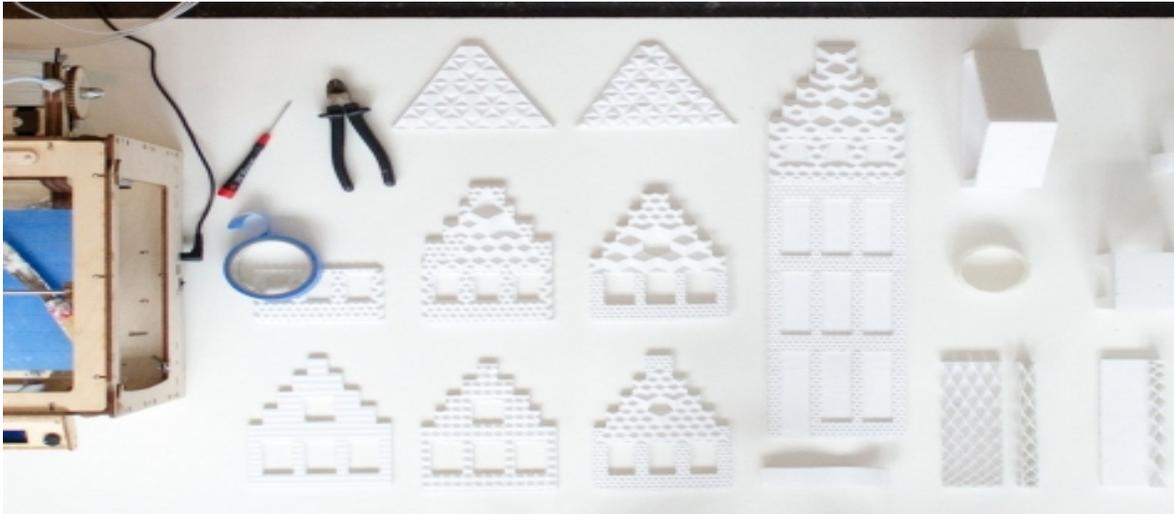
Todos conocemos y hemos utilizado alguna vez una impresora de tinta o láser convencional, ambas restringidas a las dos dimensiones, pero en el caso de las impresoras tridimensionales haberlas probado ya no es tan común. A pesar de su enorme expansión, que cada vez hace más fácil su uso por parte de empresas y consumidores, todavía se ve en muchos casos como algo lejano y poco conocido.

La realidad es que las impresoras tridimensionales no distan mucho de las antiguas impresoras, o quizás sería más acertado compararlas con los plotters. En ambos casos se trata de dispositivos con un cabezal que cuenta con tinta o una herramienta de dibujo que se mueve en un sólo eje formando puntos o líneas, mientras que el propio cabezal o el papel se va moviendo en otro eje permitiendo formar imágenes en dos dimensiones.

Pues con las impresoras tridimensionales tenemos, como su propio nombre indica, una tercera dimensión que permite dar volumen a los “dibujos”. De esta forma, basta con tener un modelo 3D de un objeto, que luego gracias a un software especial se dividirá en capas que iremos imprimiendo una encima de otra como en una impresora convencional. La gran diferencia es que en lugar de imprimir tinta sobre papel, normalmente lo que hacemos es ir capa por capa depositando un material fundido que se va enfriando, o endureciendo un material líquido en zonas concretas, o incluso soltando tinta de colores con una especie de pegamento en un material en polvo.<sup>61</sup>

---

<sup>61</sup><https://docs.google.com/document/d/1V5adskptWwm0LP37XSfpWDvoQ5eNDQDD9y0sWgLUDU0/edit>  
enero/2015



**Ilustración 15 Módulos impresos**

rhinecapital.com

Este tipo de impresión es conocido desde 1986 y se utiliza a nivel industrial, se ha popularizado hace un par de años gracias a la revolucionaria idea de aplicar el concepto a la impresión casera, permitiendo la fabricación de objetos y piezas utilizando todo tipo de materiales.

El proceso consiste en crear diseños utilizando programas CAD que se escanean y se imprimen en tres dimensiones, capa por capa. Muchos de estos diseños están disponibles para su libre descarga en comunidades de intercambio de archivos en Internet.

Las posibilidades son infinitas y todos los sectores tanto industriales como artesanos pueden fabricar piezas únicas reduciendo en costes de montaje y transportes.

El prestigioso medio The Economist lo considera la III Revolución Industrial.<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> <http://www.ecototal.com/econoticias/569-impresoras-3d-ecologicas-febrero/2015>

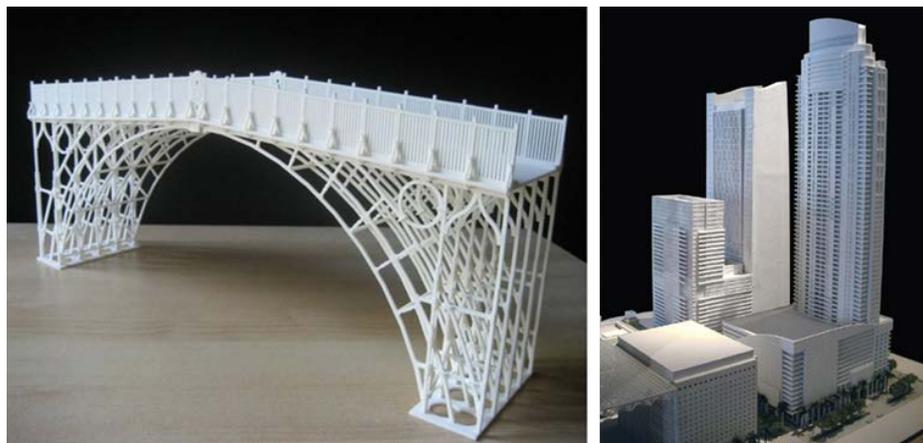
## 6.1 Los orígenes de la impresión tridimensional

¿Es la impresión tridimensional algo reciente? Aunque su enorme presencia actual nos podría hacer pensar que sí, realmente, tal como la conocemos hoy en día nació en 1984, año en que Chuck Hull creó la primera impresora tridimensional, para poco después, en 1986, fundar la empresa 3D Systems en California y desarrollar la primera impresora tridimensional comercial, basada en la estereolitografía (SLA).

La SLA usa como material base un polímero líquido que se cura y endurece con la luz ultravioleta, de forma que una bandeja sumergida en un recipiente con dicha resina va bajando conforme un haz de luz ultravioleta va creando cada capa del objeto. Este punto marca el inicio de la primera tecnología de impresión 3D y del formato de archivos STL que todavía sigue vigente. 3D Systems es hoy por hoy una de las principales empresas que desarrolla sistemas comerciales, con la SLA-250 como la primera impresora 3D que fue puesta a la venta al público en general, en 1988. Ese mismo año aparecieron otras dos técnicas innovadoras. La primera, el modelado por deposición fundida (FDM), que consiste en un cabezal con un inyector caliente por el que pasa un filamento de plástico o metal que se funde, permitiendo depositarlo capa a capa en las posiciones requeridas para formar el objeto. Fue desarrollado por Scott Crump, que fundó en 1989 Stratasys, otra de las grandes empresas dedicadas a la impresión 3D hoy en día, y en 1992 puso a la venta la impresora 3D Modeler. La segunda técnica fue el sinterizado por láser selectivo (SLS), que usa recipientes rellenos con polvo de metal, cerámica, vidrio o plástico, por los que luego pasa un láser de alta intensidad, fundiendo puntos concretos para ir formando un objeto capa a capa.<sup>63</sup>

**Ilustración 16**  
**Figuras mediante**  
**impresión**  
**3d**

Fuente: sincnova



<sup>63</sup> <http://www.siliconweek.es/workspace/impresion-tridimensional-llega-el-futuro-de-los-sistemas-de-produccion-febrero/2015>

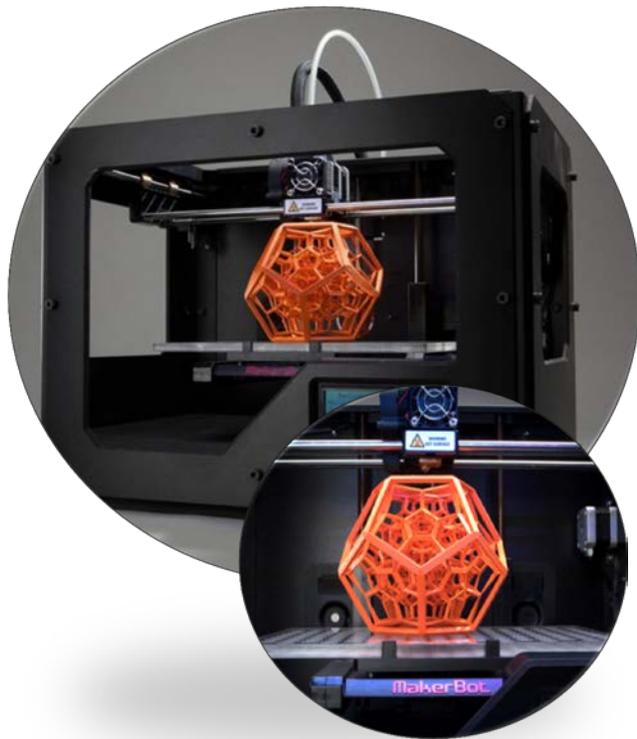
El SLS fue creado por los doctores Carl Deckard y Joe Beaman de la Universidad de Texas, en Austin, y con patrocinio del gobierno de los EEUU a través de DARPA. Posteriormente fundaron la conocida compañía DTM, otra de las empresas pioneras en la impresión 3D, que en 1992 también sacó al mercado su propia impresora 3D con bastante éxito. Pero finalmente en 2001 3D Systems terminó comprando DTM y acabando con parte de su competencia más directa.

1993 fue el año en el que el MIT patentó su propia tecnología, las técnicas de impresión tridimensional (3DP), muy parecida a la de las impresoras de tinta convencionales. En este caso el material base es yeso u otro polvo similar, de forma que un cabezal va depositando tinta de colores y un pegamento, permitiendo la creación de objetos tridimensionales a color. La empresa Z Corporation se hizo con la licencia en exclusiva de esta tecnología en 1995, convirtiéndose en los fabricantes y distribuidores a nivel mundial. Fue en 1996, con la llegada de los principales representantes de cada una de estas tecnologías, cuando se consolidó el término impresora tridimensional. 3D Systems sacó al mercado la Actua 2100, Stratasys la Genisys y Z Corporation la Z402. La importancia del proyecto RepRap para explicar el enorme desarrollo actual es grandísima, ya que no sólo permitió sentar las bases de la gran mayoría de impresoras 3D que existen hoy en día y que siguen apareciendo, sino que también obligó a que la industria empezara a rebajar costes y precios, de forma que la impresión tridimensional se ha hecho muchísimo más asequible ahora que hace unos escasos 8 años. Como ejemplo, las impresoras libres de este tipo rondan precios de entre 300 y más de 1.000 dólares, llegando a superar los 2.000 dólares las versiones propietarias más populares, desarrolladas a partir de las mismas.<sup>64</sup>

---

<sup>64</sup> <http://www.siliconweek.es/workspace/impresion-tridimensional-llega-el-futuro-de-los-sistemas-de-produccion-marzo/2014>

## 6.2 El futuro de la impresión tridimensional



**Ilustración 17 Impresora 3D**

Fuente: [computerworldmexico.com.mx](http://computerworldmexico.com.mx)

Está claro que las impresoras 3D todavía se encuentran en muchos casos en su infancia y van a seguir evolucionando durante los próximos años hasta llegar a ser una parte muy importante de nuestra sociedad y de cómo entendemos la fabricación de objetos y productos. La mayoría de analistas la consideran ya una de las tecnologías más prometedoras y con mayores posibilidades de expansión de

este siglo, a la par con las energías alternativas. Este desarrollo en el ámbito del consumo además tendrá una gran importancia en el reciclaje, haciendo que el plástico y otros elementos de desecho terminen reutilizándose cada vez más directamente por la población, al poder darles una nueva forma de manera incluso más sencilla que reciclando papel. ¿Pero cuál es el potencial de este mercado? Según un informe publicado en otoño de 2013 por la consultora Gartner, la facturación de impresoras 3D alcanzará los 5.700 millones de dólares en 2017. Si se cumple esta predicción, significaría un salto cuantitativo importantísimo, ya que este mercado se valora actualmente en torno a los 288 millones de dólares.<sup>65</sup>

Estas pequeñas máquinas hogareñas les van a permitir a diseñadores y creativos dar rienda suelta a una catarata de ideas. Y que van a poder construir cualquier cosa que imaginen, desde anillos para la cortina de la ducha a obras de arte e incluso automóviles.<sup>66</sup>

<sup>65</sup> <http://www.siliconweek.es/workspace/impresion-tridimensional-llega-el-futuro-de-los-sistemas-de-produccion-mayo/2014>

<sup>66</sup> <http://www.trends2read.com/es/el-futuro-de-la-impresion-3d-Junio/2014>

## Reciclado de plásticos para la impresión en 3d

Las impresoras 3D utilizan diversos materiales para la fabricación de objetos, hasta ahora se utilizaban materiales plásticos convencionales o biodegradables. A alguien se le ha ocurrido la genial idea de crear una máquina llamada Filabot que recicla todo tipo de plásticos mediante extrusión y los convierte en filamentos para la impresora.

El proceso es el siguiente: 1) Se quitan todas las etiquetas u otros accesorios de los envases u otros objetos de plástico a reciclar. 2) Se lavan y se cortan en tiras. 3) Se colocan en la máquina. Ésta los comprime de forma que pueden ser operados en las Impresoras 3D.

Sólo tienes que picar unas cuantas botellas de plástico viejas y meterlas en la unidad de molido y Filabot lo procesa en un filamento uniforme apto para la alimentación en la impresora.<sup>67</sup>

Uno de los creadores de Filabot manifiesta que la molestia que le causaba tener que comprar filamento a un elevado precio, lo que motivó a la creación de ésta recicladora. Abarata en forma sustancial el costo de los objetos realizados con las Impresoras 3D. Por ejemplo, 20 botellas de leche alcanzan para producir 1kg de plástico. Esto cuesta entre 30 y 60 dólares. El acento de estos científicos está también en su preocupación por cuidar el planeta, reciclando aquellos residuos que se producen en los hogares. Evitaría comprar plástico nuevo.<sup>69</sup>

**Ilustración 18** Máquina Filabot  
recicladora de plásticos

Fuente:  
<http://www.neoteo.com/filabot>



<sup>67</sup> <http://impresoras3d.com/filabot> enero/2015

### 6.3 KAMER MAKER Ámsterdam.

Desarrollan una impresora 3D para hacer casas en un día.

El principio es idéntico al de las impresoras 3D a pequeña escala: se elaboran las coordenadas y el diseño digitales en el ordenador y se manda a la máquina, que en capas tridimensionales reproduce la información. Las formas impresas sí tienen en cuenta los huecos necesarios para las instalaciones eléctricas y de plomería. Por lo pronto, la tecnología 3D se presenta como una alternativa con la que se pueden hacer objetos únicos, a medida, por un precio de producción de masa. Los arquitectos deberán utilizar cemento para unir las piezas y cumplir de esa manera con las regulaciones locales.

Arquitectos holandeses están actualizando el proceso de construcción para el siglo XXI: fabrican piezas de plástico para una típica casa junto a un canal con una gigantesca impresora 3D y las juntan como enormes bloques de Lego. Ya está en marcha la primera casa construida con una impresora 3D. El inmueble se ubica en un barrio de Ámsterdam al lado de sus canales. La máquina reproduce a gran escala material para su construcción. Abrirá sus puertas en 2017. El proyecto tiene una fecha de realización estimada para tres años, aunque los trabajos ya han comenzado. Se han construido 3 metros del futuro edificio, que contará con 13 habitaciones y será el primero de estas características.<sup>68</sup>



**Ilustración 19 Modelo de vivienda impresa**  
3dprintcanalhouse.com

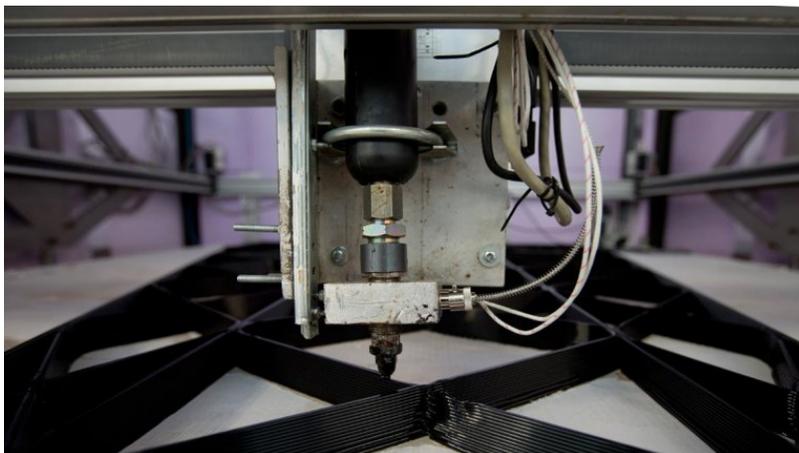
<sup>68</sup> <http://www.infobae.com/> marzo 2014

Los arquitectos a cargo del proyecto pronostican que podría ser el futuro del sector de la construcción. "Con las impresoras 3D no hay residuos, se reducen los costos de transporte a cero y todo puede ser reciclado. Esto podría revolucionar la forma en la que hacemos nuestras ciudades", comentó un integrante a The Guardian. El estudio de arquitectura holandés DUS ya colocó la primera piedra, aunque en este caso sea un bloque negro de superficie rugosa, y el cemento haya sido sustituido por plástico de origen vegetal. La constructora es una enorme impresora con apariencia de torre metálica que fue bautizada como "fabricante de habitaciones". "Necesitábamos una impresora grande, pero como no estaba en el mercado, decidimos construirla de tal manera que la pudiéramos desplazar a diferentes lugares", explicó Hans Vermeulen.<sup>69</sup>



**Ilustración 20 Impresora Kamermaker**

Fuente: motherboard.vice.com



**Ilustración 21 Cabezal de impresión**

Fuente: www.parentesis.com

---

<sup>69</sup> <http://www.infobae.com/2014/03/20/1551624-las-impresoras-3d-marzo-2014>

#### 6.4 Contour Crafting (construcción de contornos) California E.U.

Según la Agencia Espacial Europea (ESA), la impresora 3D es considerada la invención precursora de la Tercera Revolución Industrial, como en su día lo fueron la máquina de vapor y el motor de combustión interna. La posibilidad de imprimir cualquier cosa que hayamos modelado antes en nuestro ordenador, supone un verdadero cambio en nuestra concepción de la producción, siendo catalogada por los especialistas como tecnología disruptiva más potente que el propio Internet. Si ya era posible imprimir piezas para naves espaciales, comida e incluso órganos humanos, el abanico de posibilidades se amplía con la concepción de una impresora 3D gigante que puede construir en 24 horas una casa de más de 200 metros cuadrados. El proyecto Contour Crafting “construcción de contornos”, liderado por el profesor Behrokh Khoshnevis de la Universidad del Sur de California (E.U.), pretende revolucionar el sector de la construcción con su colosal impresora 3D capaz de construir una casa entera de dos plantas en un solo día. El sistema de impresión tridimensional sería el habitual solo que a gran escala, de forma que permitiría erigir estructuras con absoluta libertad y sin la rectitud que implica la construcción convencional. La impresora consta de dos brazos telescópicos unidos por una viga transversal que aloja el cabezal de impresión. Estos brazos se mueven el plano horizontal mediante guías y en vertical mediante la grúa de cada brazo. Al cabezal llega directamente desde la cementera una mezcla especial de concreto de secado rápido que se va depositando por capas en las zonas determinadas según el prototipo creado digitalmente. Una vez terminado el proceso, se requeriría el trabajo humano para la instalación de puertas y ventanas, así como de la instalación de electricidad y agua, lo que, según los promotores, evitaría la supresión de puestos de trabajo en el sector.<sup>70</sup>



**Ilustración 22 Impresora de contornos**

Fuente:

[www.priximprimante3d.com](http://www.priximprimante3d.com)

<sup>70</sup> <http://www.muyinteresante.es/innovacion/impresora3dgigante> febrero/2015

La impresora 3D desbancará por completo al ladrillo, al abaratar los costes de producción del inmueble y facilitar tanto su edificación como su reparación, además de ofrecer la atractiva posibilidad de personalizar nuestro hogar como nunca habíamos soñado.

El laboratorio de Oxman también desarrolla sistemas robóticos capaces de imprimir grandes estructuras de concreto para construir edificios. La técnica ofrece multitud de ventajas frente a otros sistemas de construcción tradicionales, como la velocidad a la que se construye, las posibilidades de crear formas geométricas personalizadas y el bajo coste. Además, el cableado y las tuberías podrían incorporarse en la fase de impresión. Y el sistema robótico permitiría variar la densidad del concreto: de muy denso y fuerte en los pilares estructurales a concreto ligero y poroso en las paredes que no son de carga.<sup>71</sup>



Ilustración 23 Impresora gigante Contour Crafting  
Fuente: [www.contourcrafting.or](http://www.contourcrafting.or)

<sup>71</sup> Martínez Laura 24/02/2014 Revista muy interesante viernes 17 de enero 2014

## 6.5 Winsun

China construye casas con impresoras 3D, esta máquina puede producir 10 casas en un día con material reciclado. La empresa Winsun comercializa casas por 4.000 euros (\$65,000) y mide 15 metros de largo, 10 de ancho y 6 de alto. La impresión 3D tiene bastante tiempo en el mercado, aunque en último año ha tenido más presencia con más usos. La empresa china Winsun ha querido demostrar que la impresión por capas a través de máquinas 3D puede llegar al sector de construcción. Se utiliza un material que mezcla cemento con fibra de cristal para ir creando bloques. Aseguran que es un material más ecológico, resistente, y que se usa en menos cantidad, por lo que es más barato, según señala su creador Ma Yihe. La impresora 3D está diseñada para poder mezclar suelo de construcción, residuos industriales, vidrio y cemento, y dar forma a bloques de diferentes tamaños, los cuales se fabrican y se arman en el mismo lugar de la construcción, abaratando el proceso.<sup>72</sup>



**Ilustración 24 Modulo de vivienda impreso**

Fuente: [http:// i3drevista.com /house-3d-printed](http://i3drevista.com/house-3d-printed)

---

<sup>72</sup> <http://globalmedia.mx/noticia-construyen-un-edificio-con-una-impresora-3d-en-china-agosto/2014>

Según explica Ma Yihe, los compradores sólo tienen que elegir un modelo de vivienda que se ajuste a su presupuesto y la estructura estará fabricada al día siguiente. La empresa utiliza cuatro impresoras de 6.6m x 10m para rociar la mezcla y construir las paredes, capa por capa. Podemos imprimir edificios de cualquier diseño digital que nuestros clientes nos traigan. Es rápido y barato, ha dicho a Xinhua Ma Yihe. Winsun también está probando abaratar los costos utilizando en la mezcla residuos de las minas y residuos de construcción reciclados, productos de demoliciones y excavaciones, como son adocretos, arcillas, block, tabique, cerámicos, concretos armados, concretos simples, etc. La compañía cuenta con 77 patentes nacionales para sus materiales de construcción. Los residuos industriales de edificios demolidos están dañando nuestro medio ambiente, ya que se producen alrededor de 6000 toneladas diariamente, de las cuales el 70% son depositados en barrancas, calles, canales y reservas ecológicas. Con impresión 3D, es posible reciclar los residuos de construcción y convertirlos en nuevos materiales de construcción, así crearía un entorno mucho más seguro para los trabajadores de la construcción y podríamos reducir considerablemente los costos de construcción.<sup>73</sup>

Según la compañía china, esta forma de construir viviendas permite un ahorro de entre un 30% y un 60% en residuos de construcción, reduce entre un 50% y un 70% los tiempos de horas hombre, permite ahorrar hasta un 60% en el costo de materiales y abarata los costos de trabajadores entre un 50% y 80%. Actualmente, WinSun se encuentra iniciando el desarrollo de un nuevo y ambicioso proyecto: construir un rascacielos en China.<sup>74</sup>



**Ilustración 25 Modelo de vivienda impresa con materiales reciclados**

Fuente: 3dprinting.com

<sup>73</sup> <http://www.abc.es/tecnologia/abc-casas-china-impresoras-tecnologia/> Madrid junio/2014

<sup>74</sup> <http://www.todojujuy.com/todotecnologia/construyen-en-china-un-edificio-con-una-impresora-3d/> agosto/2014

La edificación se imprime por secciones y posteriormente se ensamblan. Lo único que no está hecho con la impresora debido a las limitaciones tecnológicas del aparato es el techo. Los desarrolladores construyeron sus propias oficinas de esta manera, así como el centro de investigación de materiales, que en conjunto miden 10 mil metros cuadrados, en tan solo un mes. Lo más destacable del proyecto es que además, la fabricación utiliza materiales de construcción reciclados y residuos industriales mezclados con cemento como materia prima. Esta nueva forma de construcción es rentable y ecológica. Incluso los materiales se pueden teñir de diferente color de acuerdo a las especificaciones del cliente.<sup>75</sup>

---

<sup>75</sup> [www.expoknews.com/impresora-3d-crea-10-casas-en-un-dia-con-materiales-reciclados/septiembre/2014](http://www.expoknews.com/impresora-3d-crea-10-casas-en-un-dia-con-materiales-reciclados/septiembre/2014)

Winsun crea la primera villa y el edificio más alto de departamentos con Impresión 3D



Ilustración 26 Primer edificio impreso 3D

Fuente: [www.lavanguardia.com](http://www.lavanguardia.com)

Han construido el edificio más alto con impresión 3D, una casa residencial de cinco plantas. La villa mide 1100 m<sup>2</sup> e incluso viene con decoraciones internas y externas. Las estructuras son ensamblados en el lugar, con refuerzos de acero y aislamiento con el fin de cumplir con las normas oficiales de construcción. Los costes totales vinculados a la impresión de esta villa ascienden a más de 1 millón de yuanes (161 mil dólares).<sup>76</sup>

Además de todo esto, la empresa anunció que planea colaborar con Nile Sand Material Technology Co. LTD., para establecer 12 “Fábricas de Sueños” en el desierto usando una impresora 3D de arena desarrollada por ellos.

Durante los próximos tres años, van a establecer fábricas en Arabia Saudita, los Emiratos Árabes Unidos, Qatar, Marruecos, Túnez y los Estados Unidos y más de 20 países, con el fin de popularizar los edificios fabricados con impresión 3D. La primera serie de equipos de impresión 3D ya están listos para ser enviados al extranjero.<sup>77</sup>

<sup>76</sup> <http://www.abc.es/tecnologia/abc-edificio-chinaseptiembre/2014>

<sup>77</sup> <http://i3drevista.com/agosto/2014>

## Impresión 3D con PET Reciclado

Las impresoras 3D crean todo tipo de objetos mediante la estrategia de depositar capas delgadas de plástico siguiendo un patrón específico. Aunque las impresoras de gama alta pueden costar muchos miles de dólares, las unidades más simples cuestan entre 250 y 500 dólares, y se las puede usar para fabricar piezas destinadas a otras impresoras 3D, reduciendo aún más el costo.

Un impedimento para que tengan un uso aún más generalizado ha sido el costo del filamento empleado a modo de tinta. Aunque resulta mucho más barato que la mayoría de los productos ya fabricados, el filamento de plástico que las impresoras 3D transforman en objetos útiles no es gratis.

En cambio, las botellas de plástico comunes, y otros envases de plástico similares, están disponibles para mucha gente sin necesidad de tener que comprarlos expresamente, y además, sin opciones fáciles para reciclar esos envases, se acaban convirtiendo en basura que debe ser arrojado a un vertedero, o ser reciclado más para evitar problemas mayores que porque sean una materia prima perfecta. En cambio, si a tales envases se les pudiera convertir en filamentos de plástico utilizables por impresoras 3D, se podrían resolver muchos de los problemas asociados a la gestión de esa clase de basura, y se reduciría aún más el costo de la impresión 3D.

Se quitan las etiquetas a las botellas, las lavan y las trituran. Luego hacen pasar el material resultante a través de un dispositivo de fabricación casera que lo derrite y extrude (extrudir es dar forma a una masa plástica o de otro material haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta) para formar un hilo de plástico largo, parecido a un espagueti.

Veinte botellas grandes de las usadas para leche proporcionan alrededor de 1 kilogramo de filamento de plástico, que actualmente cuesta entre 30 y 50 dólares comprado vía internet.<sup>78</sup>

---

<sup>78</sup> <http://www.taringa.net/posts/info/16625185/Imprimir-en-3D-a-bajo-costo-usando-plastico-convencional>  
Agosto/2015

## Ekocycle

Es una impresora 3D que puede transformar botellas de plástico en cosas útiles o creativas, cada cartucho de la impresora se alimenta al menos de tres botellas de medio litro. Se vende en Estados Unidos por la nada despreciable cifra de US\$1.199. La idea de esta impresora 3D es usar por ejemplo 3 botellas plásticas de refrescos, elegir alguno de los 25 diseños que tiene programados (carcasas para móviles, zapatos, brazaletes, jarrones, pajaritas etc...), elegir uno de los cuatro colores disponibles (natural, rojo, blanco o negro) y esperar la veloz impresión con resultados tan flexibles como el plástico usado para su elaboración.<sup>79</sup>

Características técnicas de la impresora:

- Tareas de impresión con una intuitiva interfaz.
- Dos botones físicos frontales “Print” y “Setup”.
- Controles táctiles laterales.
- Conectividad WiFi y Bluetooth.
- Diseño cúbico ultra moderno.



Ilustración 27 Impresora a base de PET Ekocycle

Fuente: ecoinventos.com

<sup>79</sup> <http://ecoinventos.com/ekocycle-cube-3d-printer> julio 2015

## 3D-Reprinter

Aprovecha las propiedades de las botellas de plástico para la producción de materia prima con la cual será posible imprimir desde objetos sencillos prediseñados, hasta diseños personalizados por computadora. Básicamente, lo más difícil será el modelado, si es que la fabricación lo amerita.

El usuario sólo deberá insertar el material por la parte superior de la impresora. A continuación comenzará a triturar el material, y luego pasará al proceso de impresión. Un pequeño sistema de control en la parte frontal permite controlar el proceso general y supervisarlo desde una barra de progreso.<sup>80</sup>



**Ilustración 28 Impresora 3d Reprinter**

Fuente: <https://www.fayerwayer.com>

<sup>80</sup> <https://www.fayerwayer.com/2014/09/3d-reprinter-una-impresora-3d-que-recicla-botellas-de-plastico>  
agosto 2015

# Capítulo 7. Propuesta

## 7.1 Materiales

### ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

Con una buena resistencia al calor, duradero, resistente fuerte y flexible es una de las primeras opciones a considerar al momento de querer imprimir un objeto en 3D. Se considera un termoplástico amorfo. Esta entre los plásticos más baratos y entre los más utilizados, ya que su precio es de aproximadamente de 16 y hasta 32 pesos el kilogramo de materia prima.<sup>81</sup>

La resistencia del ABS a temperaturas extremas, especialmente cuando éstas son bajo cero le convierten en un material especialmente interesante para entornos fríos, manteniéndose inalterable donde otros se vuelven quebradizos.<sup>82</sup>

El ABS es opaco y puede ser de color oscuro o marfil, este plástico es mate. Puede pigmentarse en la mayoría de los colores obteniéndose un buen acabado y no es tóxico, por ello que podemos encontrarlo presente en la mayoría de las piezas plásticas de los bloques de Lego.<sup>85</sup>



**Ilustración 29 Impresión en plástico ABS**

Fuente: <http://www.tr3sdlnd.comcalibrar-temperatura-extrusion-plastico-abs/2013/04>

<sup>81</sup> <http://formizable.com/2014/09/02/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/29/abril/2015>

<sup>82</sup> <http://www.impresoras3d.com/el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas/mayo/2014>

## ABS EN LA IMPRESIÓN 3D

El ABS se puede mecanizar, pulir, lijar, limar, agujerear, pintar, pegar etc. con extrema facilidad, y el acabado sigue siendo bueno. Además, es extremadamente resistente (resistencia a la tracción de 90mpa) y posee un poco de flexibilidad (65 mpa). Todo esto hace que sea el material perfecto para aplicaciones industriales. El plástico ABS hoy en día es utilizado en una gran variedad de aplicaciones. Tubería de todo tipo, componentes en la industria automotriz, carcasas para productos electrónicos, cascos, electrodomésticos, instrumentos musicales, fundas protectoras para celulares, juguetes entre muchos otros. Este termoplástico puede ser extruido, moldeado mediante inyección, solapado y prensado. No es altamente inflamable aunque mantiene la combustión. En caso de aplicarle fuego, el ABS puede ser incombustible. El ABS es de los plásticos más baratos para la impresión en 3D. El material es adecuado para una gran variedad de aplicaciones y post procesamiento. Es fácil de lijar, pintar y pulir en relación a otros plásticos. Es soluble en acetona por lo que, si llega a romperse la pieza se puede volver a unir sin perder resistencia estructural utilizando este solvente tan común.<sup>83</sup>

En el mundo de la impresión 3D, el ABS es uno de los materiales que en la actualidad más se utiliza para llevar a cabo los procesos de impresión. El ABS convive con otros materiales sustitutos como el PLA y aunque sus aplicaciones son muy parecidas, uno es más indicado que otro según el objetivo. El ABS está más indicado cuando se busca la fuerza en el resultado o cuando lo que se va a imprimir va a quedar expuesto a temperaturas extremas. Está disponible en un abanico más amplio de colores sobre todo por la buena tolerancia de éste a la pigmentación de sí mismo, aunque su precio es más elevado que el PLA. Algunos usuarios consideran que el ABS es más difícil de utilizar pero eso, es cuestión de opiniones.<sup>84</sup>

El 95% del mercado de impresoras personales utiliza dos materiales: ABS y PLA.

---

<sup>83</sup> <http://formizable.com/2014/09/02/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/>  
29/abril/2015

<sup>84</sup> <http://www.impresoras3d.com/el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas/> marzo/2015

Tabla 15 ficha tecnica abs

Ficha técnica ABS	
Modulo de traccion	2300 MPa
Resistencia a la flexion	65 Mpa
Resistencia al impacto 23°C	125Kj/m2
Resistencia al impacto -30°C	90kj/m2
Fuerza	358 N
Cargas	10kg
Densidad	1,03-1,05 g/cm3
Temperatura fusión	150-300°C
Porcion de agua	0.15%
Tiempo de secado	2-4 hrs
Necesario el uso de Cinta kapton o laca sobre superficie de cristal.	
Superficie lisa	
No biodegradable	
No toxico	
Reciclable	
Costo kg de materia prima	\$ 15.00
Costo por tonelada	\$ 11,200.00

## PLA: Ácido Poli láctico

Es un poliéster alifático termoplástico derivado de recursos renovables, de productos tales como almidón de maíz (en los Estados Unidos), tapioca (raíces, o almidón principalmente en Asia) o caña de azúcar (en el resto de mundo). Se pueden biodegradar bajo ciertas condiciones, tales como la presencia de oxígeno, y es difícil de reciclar.<sup>85</sup>

Plástico biodegradable procedente de maíz o patata. Esto significa que, con el paso del tiempo y el efecto de los elementos, el plástico pierde las propiedades iniciales hasta su descomposición en elementos químicos simples, aunque esto puede tardar más de cien años. Además es difícil de reciclar, es posible su reutilización después de un proceso adecuado. No necesita plataforma caliente. Los colores son en su mayoría transparentes y brillantes.<sup>86</sup>

El PLA es una solución respetuosa con el medio ambiente si lo comparamos con los demás plásticos obtenidos a partir del petróleo. Este plástico puede utilizarse en aplicaciones médicas como son: Implantes quirúrgicos, envasado de alimentos, bolsas, vajillas, prendas desechables, pañales productos de higiene entre otros. Es un plástico muy seguro sin embargo, si viene pigmentado hay que tener precaución si se va a utilizar en aplicaciones médicas o de salubridad. El PLA es un termoplástico duro pero un poco frágil y no tan fácil de pegar como el ABS. El PLA se ha convertido en un material muy popular en el mundo de impresión en 3D. Las presentaciones de este plástico varían desde colores sólidos a traslúcidos.<sup>87</sup>



**Ilustración 30** Pallets de PLA

---

<sup>85</sup> <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/08/poliacido-lactico-pla.html> marzo/2015

<sup>86</sup> <http://formizable.com/2014/09/02/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/> abril/2015

<sup>87</sup> <http://www.impresion3d.xyz/materiales-para-impresion-3d> mayo/2015

La textura de las piezas no queda tan suave como con el ABS, pero sí más brillantes y las esquinas salen mejor. Su densidad es de entre 1,2 y 1,4 g/cm<sup>3</sup>. La temperatura necesaria para su impresión es de unos 210°C con la cama a unos 60°C. En ambos casos podemos encontrar, tanto en PLA como en ABS, todo tipo de colores, que van desde el crudo natural, hasta dorados y plateados. Pero además también existen variedades de estos materiales con propiedades especiales. Tenemos por ejemplo colores fosforescentes, que brillan en la oscuridad, o fluorescentes, que brillan al exponerlos a luz UV. También materiales que cambian de color según la temperatura y hasta variedades flexibles o que conducen la electricidad.

Un impedimento importante en el desarrollo del polímero ha sido el elevado costo de producción. Pero gracias a los avances en la fermentación de la glucosa para obtener ácido láctico, ha experimentado una bajada importante el costo de producción del ácido láctico y por consiguiente, un interés creciente en el polímero.<sup>88</sup>

La fibra PLA tiene unas propiedades que lo hacen único tales como la alta tenacidad, baja elongación, alto módulo, alta resistencia a los álcalis, alta resistencia a la luz ultra violeta (UV), etc. y se utilizan como material industrial en el mundo. Hay que tener en cuenta que debido a la alta sensibilidad del PLA al agua, incluso una leve humedad nos puede llegar a descomponer. Los hilados de filamentos de PLA se utilizan para el refuerzo de la manguera de goma del automóvil, usos industriales, también en materiales de uso civil, en las cuerdas, etc... Su demanda está aumentando en el mundo. El PLA está aconsejado para la impresión de objetos 3D que sean solubles en agua. Esta capacidad del PLA permite muchos diseños interesantes tales como elementos de apoyo insertables y extraíbles o incluso a elementos que responden a la inmersión.<sup>89</sup>

---

<sup>88</sup> <http://www.3dprinterwanted.es/comprar%20impresoras%203D%20consumibles.htm> mayo/2015

<sup>89</sup> <http://www.impresoras3d.com/filamento-pla> febrero/2015

Tabla 16 Ficha técnica PLA

Ficha tecnica PLA	
Resistencia a las cargas	3.63 Gpa
Resistencia a la flexión	0.89-1,03 Mpa
Resistencia a la compresión	Mpa
Resistencia a la fluencia	Mpa
La resistencia al impacto	4.32 J/cm2
Resistencia a la tracción	10 Mpa
Densidad	1210-1430kg/m3
temperatura de fusión	260°C
Absorcion de agua	0.50%
Temperatura fusión	160-230°C
Degradacion tol	245°
Temperatura plataforma	Temperatura ambiente hasta 60º
No toxico	
Biodegradable.	
Reciclable.	
No derivado del petroleo	
costo de filamento de impresión	\$ 425.00

### PET: tereftalato de polietileno

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. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976; pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas.<sup>90</sup>

Es uno de los materiales más usados para las botellas y otro tipo de envases. Su principal propiedad es su capacidad de cristalización, generando piezas transparentes con efectos sorprendentes. Es muy fuerte y resistente a los impactos. Su densidad cristalina es de 1,38 g/cm<sup>3</sup>. Hemos usado las mismas temperaturas que con el PLA.<sup>91</sup>



**Ilustración 31 PET de reciclaje**

<http://designaholic.mx/2012/04>

---

<sup>90</sup> PET <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet> 04/sep/2005

<sup>91</sup> <http://www.siliconweek.es/workspace/impresion-3d-que-materiales-usar-y-donde-comprs> junio/2015

### Propiedades del PET

- 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 la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Totalmente reciclable
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.<sup>92</sup>

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como por ejemplo, el PVC.

---

<sup>92</sup> [http://www.anep-pet.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=10](http://www.anep-pet.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=10) enero/2015

Tabla 17 Ficha técnica PET

Ficha tecnica PET	
Densidad	1.38g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tension	72Mpa
Resistencia a la compresion	128MPa
Dureza	Rockwell M94
Dilatacion termica	10-4/°C
Resistencia al calor	120°C
Absorcion de agua	0.02%
Velocidad de combustion	consumo lento
Efecto luz solar	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	Excelente
Calidad optica	Tranparente a opaco
Temperatura de fusion	244°C

### PVA: Alcohol Polivinilo

Es un plástico especial usado en impresoras de cabezas múltiples usado como estructura de soporte para zonas críticas susceptibles de caer y es ideal para objetos de formas complejas o para aplicaciones especiales. Es soluble en agua y la absorbe en gran cantidad, por lo que es ciertamente problemático en situaciones de alta humedad ambiental. En una impresora dual, de dos extrusoras, podrías utilizar una de ellas para imprimir **PLA** o **ABS**, mientras usas la otra para crear los soportes en **PVA** soluble. Luego es sencillo retirar estos soportes con un baño de agua durante unas horas.<sup>93</sup>



Ilustración 32 Impresión con PVA [www.3dprinterabsfilament.com](http://www.3dprinterabsfilament.com)

---

<sup>93</sup> <http://formizable.com/2014/09/02/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/>  
29/abril/2015

Tabla 18 Ficha tecnica PVA

Ficha tecnica de PVA	
Estado físico a 20º C	Líquido
Color	Claro
Olor	Caracteristico a alcohol
Punto de fusión	200°C
Punto de ebullición	84.5°C
Densidad	45"
Rango de congelación	76°C
Peso específico	0.43 g/cm3
Solubilidad en agua	Misible
PH	PH +6-1
Punto de inflamación	50°C
Estabilidad química	Estable
Biodegradable	
Toxico	

## 7.2 Diseño de módulo de vivienda

Los prefabricados son sistemas y elementos fabricados en taller que posteriormente se colocan en la obra con medidas estándar. Estos sistemas buscan una reducción en costos, principalmente en la mano de obra y transportación de material, tiempo de construcción y un aumento en la calidad y durabilidad de los elementos. Gracias al control de calidad que se realiza por trabajadores especializados, así como construcciones más limpias además de seguras, y la opción de creación de espacios temporales y móviles, adquieren beneficios con los que las viviendas y edificios convencionales no cuentan.

Las técnicas han avanzado de forma que las limitantes en cuanto al diseño son prácticamente nulas. Pero estas tecnologías se han aprovechado principalmente en la creación de módulos.

Son distintos diseños en donde diferentes elementos van interactuando, creando un juego entre espacios y volumetría, así se produce un ahorro de espacios y una estética diferente.

Se utilizan como materia prima materiales reciclados plásticos, promoviendo el uso racional de recursos disponibles en lugar de enterrarlos, quemarlos o acumularlos en basureros al aire libre; aplicando procedimientos de elaboración que no son contaminantes al medio ambiente, por lo cual es una tecnología sustentable. Este material ofrece una gran ventaja, facilita el reciclado de la enorme cantidad de desechos plásticos que produce la humanidad. Con plástico procesado con extrusión se le da forma a bloques normalizados muy livianos, que encajan entre sí, como piezas de un juguete de construcción.

La reutilización de elementos y materiales es una idea que debe de ser considerada, ya que la reducción tanto de costos como de impacto ecológico es muy favorable. El reciclaje del PET se encuentra en uno de sus mejores momentos desde el punto de vista comercial gracias a la tecnología encargada de hacer nuevos productos de alto valor. En países desarrollados como Japón el número de reciclaje es mucho mayor al de nuestro país con un 77.9%, creando nuevos productos con materiales de desecho a un costo muy bajo. En la actualidad no existe ningún parámetro que nos diga que el precio de la resina reciclada deba de ser menor que el de la resina virgen, ya que continúa teniendo una vida útil y con esto podemos crear nuevos productos.

La producción de elementos prefabricados puede ser una mejor opción, ya sea porque los materiales de la zona dan apertura a esta técnica o por la rapidez con la que se puede ejecutar algún proyecto y más si este es de vivienda. Con el uso de materiales de la zona el proyecto puede ser realizado con mayor facilidad, con esto tendríamos una disminución de costos en envíos y materiales, este método daría paso a la creación de nuevos materiales constructivos. El principal material de construcción sería el del suelo donde se construye y materiales de reciclaje, así se tendrá un mayor control sobre la obra además de ser más limpia y eficiente. La impresión mediante materiales del sitio, podrá construir en cualquier lugar, inclusive en la luna ya que al llevar una impresora 3d se pretende realizar una base lunar para astronautas, y así colonizar algunos planetas del sistema solar, utilizando materiales del suelo lunar.

La impresión 3d rompe con cualquier tipo de frontera en el ámbito contractivo ya que se puede realizar cualquier tipo de forma y diseño en sitios en los que antes hubiera sido imposible construir.

Si a todo esto además sumamos el diseño de módulos prefabricados podemos disminuir desperdicios de material y desechos contaminantes, además de aumentar la velocidad de producción y cumplir con las necesidades del proyecto.

Los prefabricados son una opción muy práctica y rápida, la creación de módulos a partir de este sistema son cada vez más viables y por lo tanto comunes. Los módulos pueden ayudar a un diseño específico resolviendo aspectos espaciales, estéticos y una mejor planeación dependiendo de los parámetros del proyecto, eliminando la monotonía como la que se vive en los grandes desarrollos de vivienda de interés social.

Las posibilidades de usar prefabricados y módulos en la producción de vivienda social en México son totalmente viables. La gran producción en línea que se puede tener con los elementos prefabricados sería de elemental utilidad para contrarrestar la gran falta de vivienda en el país, con una calidad superior a la establecida actualmente, así como la disminución en costos, con lo que se puede brindar una vivienda de mayor tamaño y que densifique el doble.

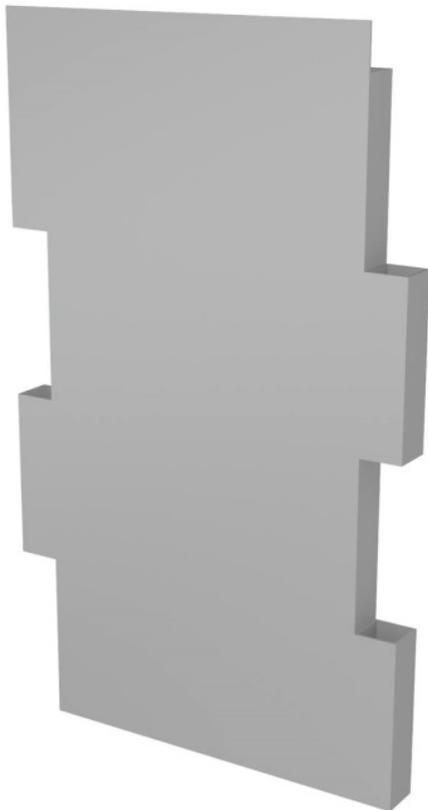
Este sistema competirá directamente con los métodos constructivos tradicionales, ya que se obtendrán ahorros notables en tiempos de producción, reduciéndolos hasta en un 50%.

Se propone la realización de una vivienda de interés social mediante módulos de material plástico (PET), los cuales serán producidos mediante una impresora 3D. Para la creación de estos módulos se tomara en cuenta las medidas estándar de los materiales utilizados actualmente en la construcción.

Los módulos propuesto son de PET ya que es un material de bajo costo y fácil obtención en México, siendo el segundo país con mayor consumo de botellas, cuenta con buenas resistencias tanto térmicas (hasta 80°C) como acústicas, además de ser un material duradero, aproximadamente de 500 años y resistente. Puede ser opaco o translucido por lo que no requiere acabados, es estético y no es afectado por los factores ambientales.

Las botellas del pos consumo se muelen en hojuelas y se pasan a través de una serie de lavados y procesos de separación por densidad, los cuales remueven el contenido que no es PET. Cuando las hojuelas se han enjuagado y secado, pasan por un filtro óptico que rechaza partículas con decoloraciones distintas de las deseadas, y así se producen hojuelas de alta calidad.

Para un acabado de la mayor calidad posible, el producto pasa por un nuevo proceso, donde se realiza una fundición y filtro, este material pasa a los cartuchos de impresión, para luego comenzar con el proceso de impresión que se realizara capa por capa.



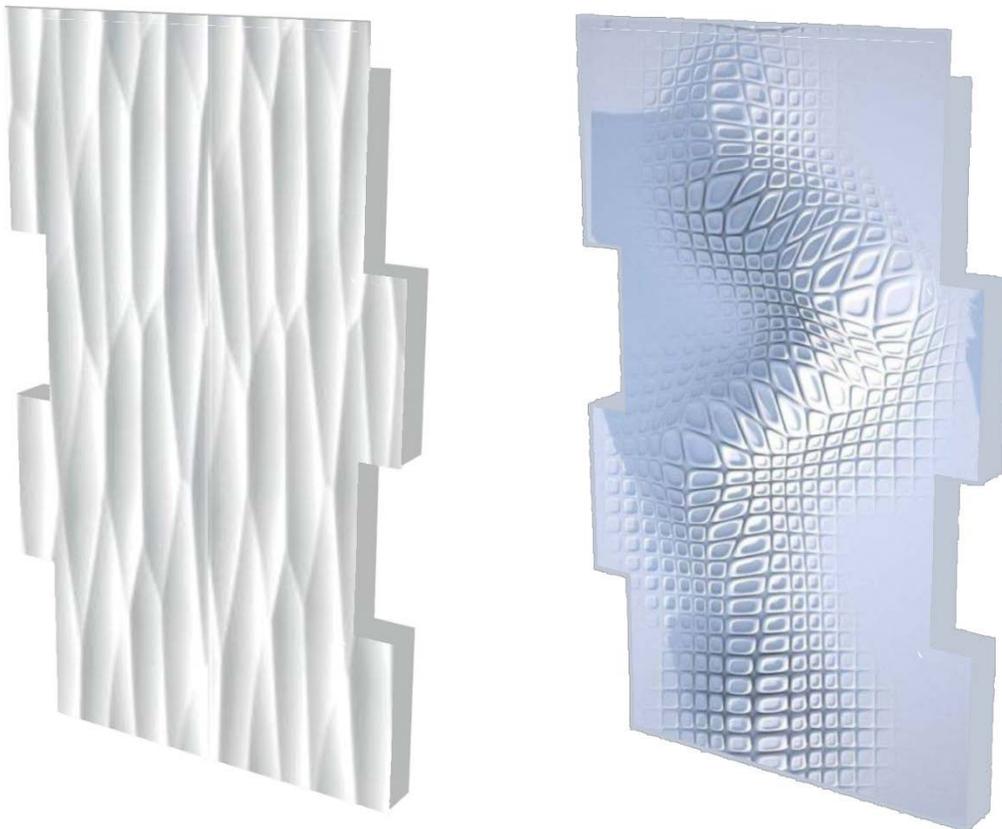
El color deseado se dará agregando colorantes para resinas, la cantidad de colores que podrán ser impresos en un módulo dependerá de la cantidad de cartuchos que tenga la máquina. Actualmente existen 90 proveedores en el país con una gama de alrededor de 180 mil colores.

Mediante este sistema se reducirán los niveles de contaminación en obra así como en materiales, ya que como materia prima se utilizara botellas de PET recicladas. El material usado para la construcción de los módulos será recuperado de productos de reciclaje de PET, como botellas, bolsas entre otros

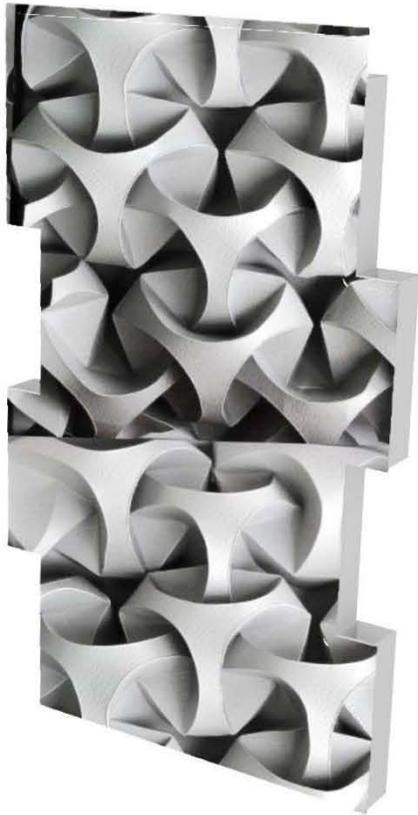
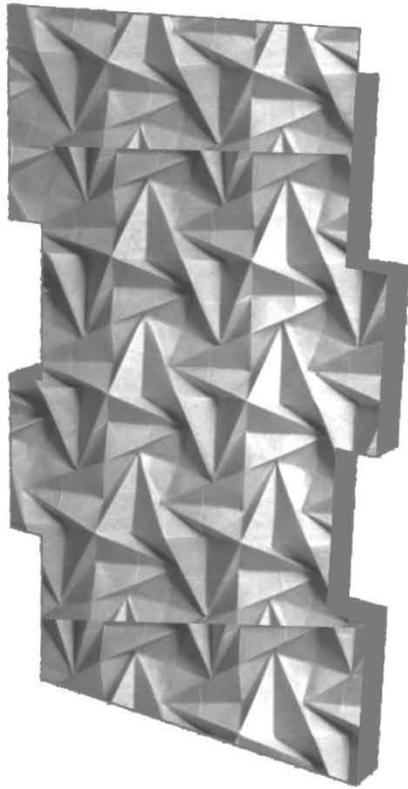
productos plásticos.

El modulo tendrá medidas de 1.22m por 2.44m ya que estas son las medidas estándares usadas en la construcción y con esto podrá adaptarse más fácilmente a otros materiales de construcción e instalaciones. Este módulo será impreso de manera perimetral, con una estructura impresa en el centro que será hecha de la misma materia plástica, con esto produciremos módulos huecos, para así tener un ahorro en material plástico y dejando una cavidad determinada para que pasen las instalaciones. Los huecos dejados en los módulos tienen medidas específicas para que puedan pasar instalaciones de hasta 15cm.

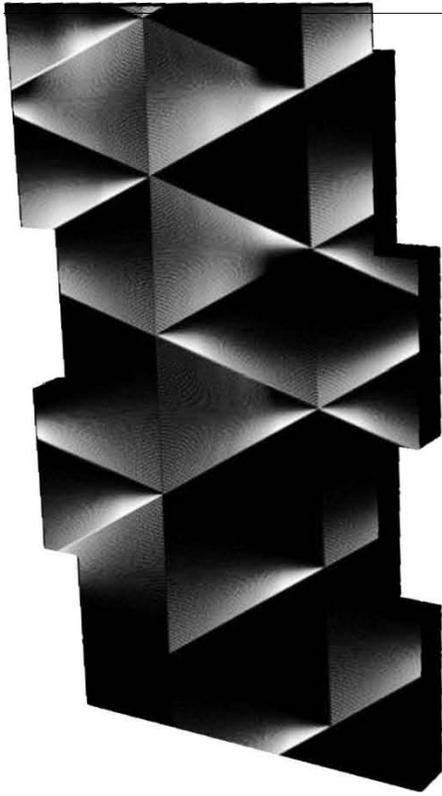
Catálogo de módulos.











La estructura pasara por una cavidad en el módulo que se encuentra en la parte lateral y se asegurara de que las piezas queden unidas por completo, intercalando y uniéndolas mediante las columnas de la estructura.

Con el diseño de la forma de este módulo se podrá eliminar el uso de cimbra ya que la impresión será usada como molde para el vaciado del concreto de la estructura y no tendrá que ser eliminada además de dar un mismo acabado, unificando de esta forma el muro y la estructura.

Cada módulo podrá tener un diseño diferente con respecto a la fachada y a los acabados interiores, personalizando mediante formas impresas y diferentes colores. Se obtendrán costos y tiempos más exactos en construcción y se eliminara el desperdicio de materiales por completo. El costo del módulo dependerá del gasto de material y del diseño, aunque esto tendrá una variación mínima, \$680.00 a \$700.00.

El trabajo de instalación de puertas y ventanas se realizara de manera manual así como el de la construcción de la cimentación y la estructura.

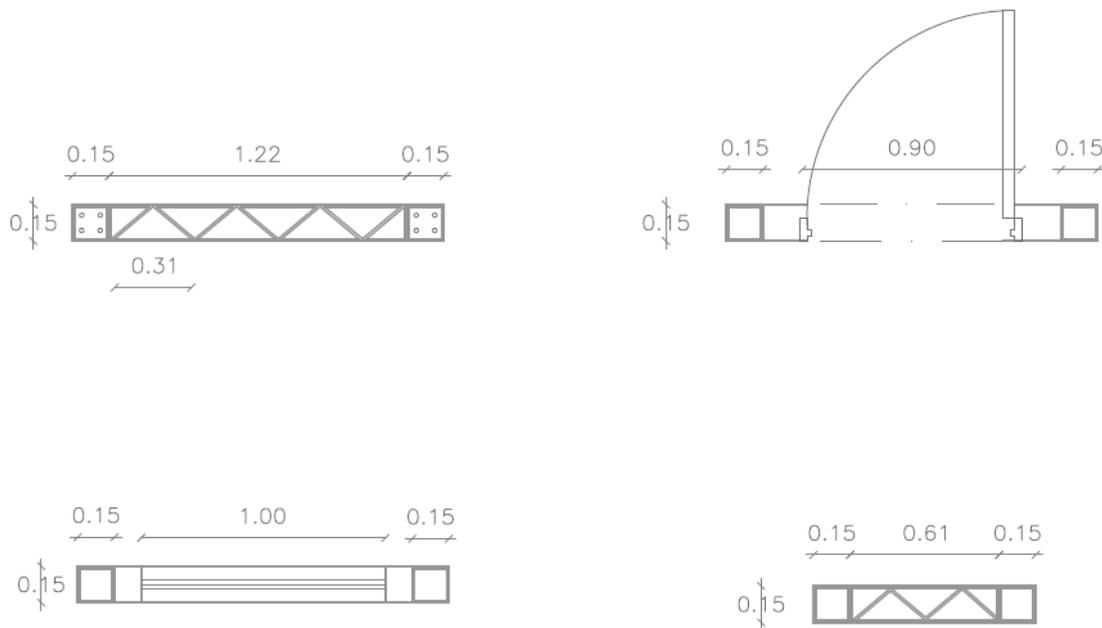
Además con este sistema se romperá con la idea errónea de que la prefabricación implica una inminente y repetida producción, limitando los horizontes. Se podrá personalizar cada obra, realizando distintos modelos mediante las impresiones, que se podrán ver antes de comenzar con la construcción, además de poder realizar proyectos de formas orgánicas con mayor facilidad. No existirán limitantes en cuanto a formas y diseño ya que podremos dejar de pensar en 2 dimensiones y crear elementos ornamentales y de mayor complejidad en un periodo de tiempo mucho menor.

Las construcciones podrán cumplir por completo con las necesidades de contexto y las formas dejaran de ser una limitante.

Los ahorros obtenidos mediante este método serán notables en mano de obra ya que reducirá el número de obreros que se necesitan para el montaje de la vivienda, e incrementar la participación ciudadana en algunos casos ya que no se requiere de una mano de obra especializada para el montaje. Así mismo por el aligeramiento de las piezas podrá existir una participación de mujeres, ya que el trabajo no será tan desgastante y físico como lo es con los métodos tradicionales.

Es fácil así levantar una casa real, no hace falta personal especializado para manejar este material, parte de un sistema de construcción. Todas las partes necesarias han sido pensadas y producidas para ensamblarse fácilmente.

Una casa moderna de plástico puede recuperar cinco toneladas del material y durar unos 500 años.<sup>94</sup>

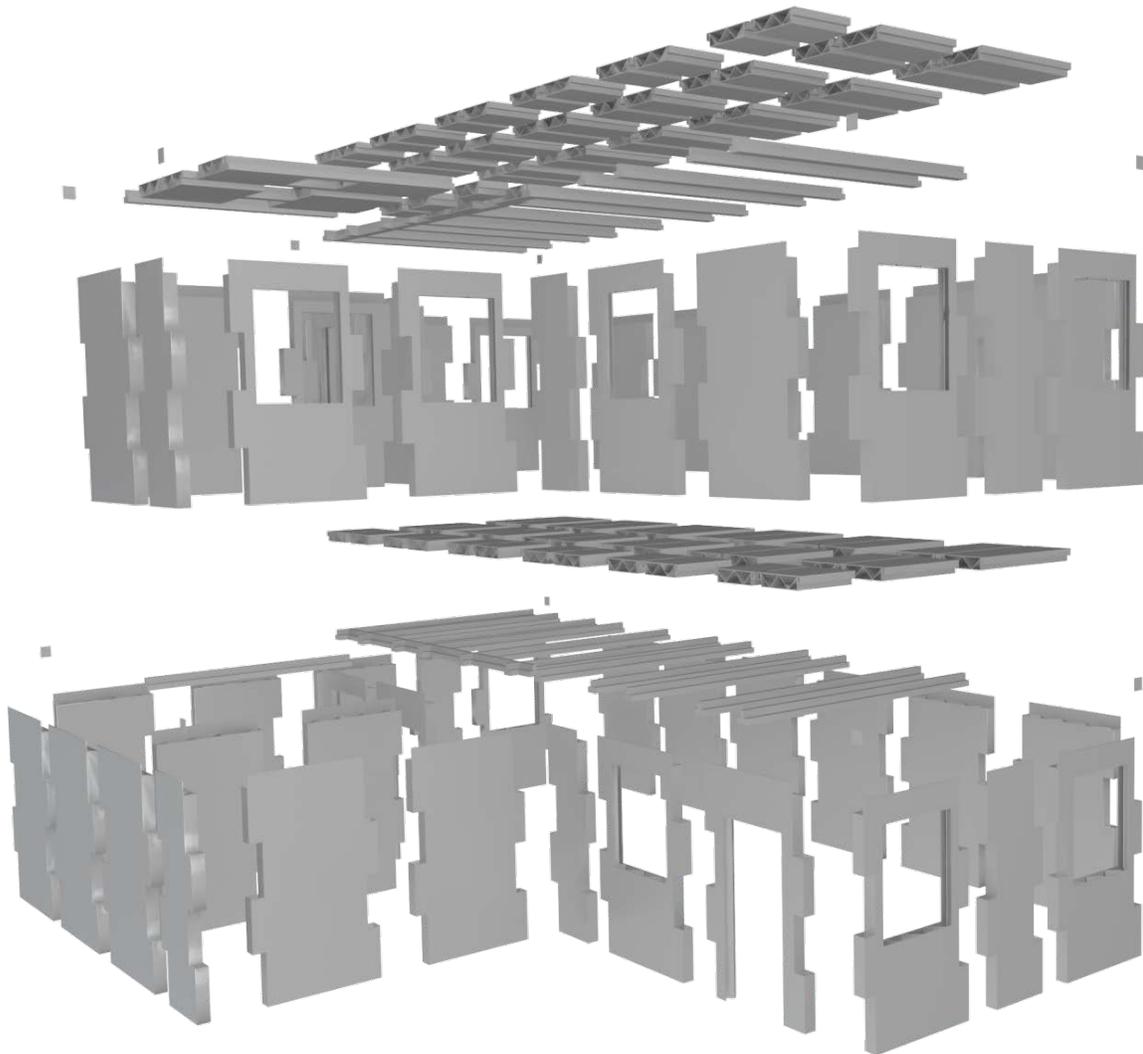


El precio del plástico de desecho es 10 veces menor que el del material industrial nuevo. Excelente recurso para la sustentabilidad en la construcción de casas.

Gracias a que los prefabricados son una opción muy práctica y rápida, la creación de módulos a partir de este sistema son cada vez más viables y por lo tanto comunes. Los módulos pueden ayudar a un diseño específico resolviendo aspectos espaciales, estéticos y una mejor planeación dependiendo de los parámetros del proyecto, eliminando la monotonía como la que se vive en los grandes desarrollos de vivienda de interés social.

El módulo diseñado se basa en el estudio de una vivienda de interés social, se pretende utilizar módulos de medidas estándares de 1.22m por 2.44 los cuales están hechos de PET, un material de reciclaje el cual tiene las características de tener un costo bajo y excelentes propiedades tanto térmicas como acústicas.

<sup>94</sup> Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción Revista INVI 01/2008



El espesor de las paredes perimetrales de los módulos será de 9mm se trazaran zanjias dentro de las piezas para así obtener una mayor rigidez en cada una de las piezas.

Cada uno de los módulos tiene un peso de 80kg

Las piezas contarán con un módulo de 0.15m el cual servirá para albergar la estructura.

La losa será de un sistema de vigueta y bovedilla en el cual las bovedillas serán impresas con materia de PET. Se deberá hacer un colado de concreto pero aun así disminuirá los costos ya que se eliminara el uso de cimbras por el diseño de las piezas.

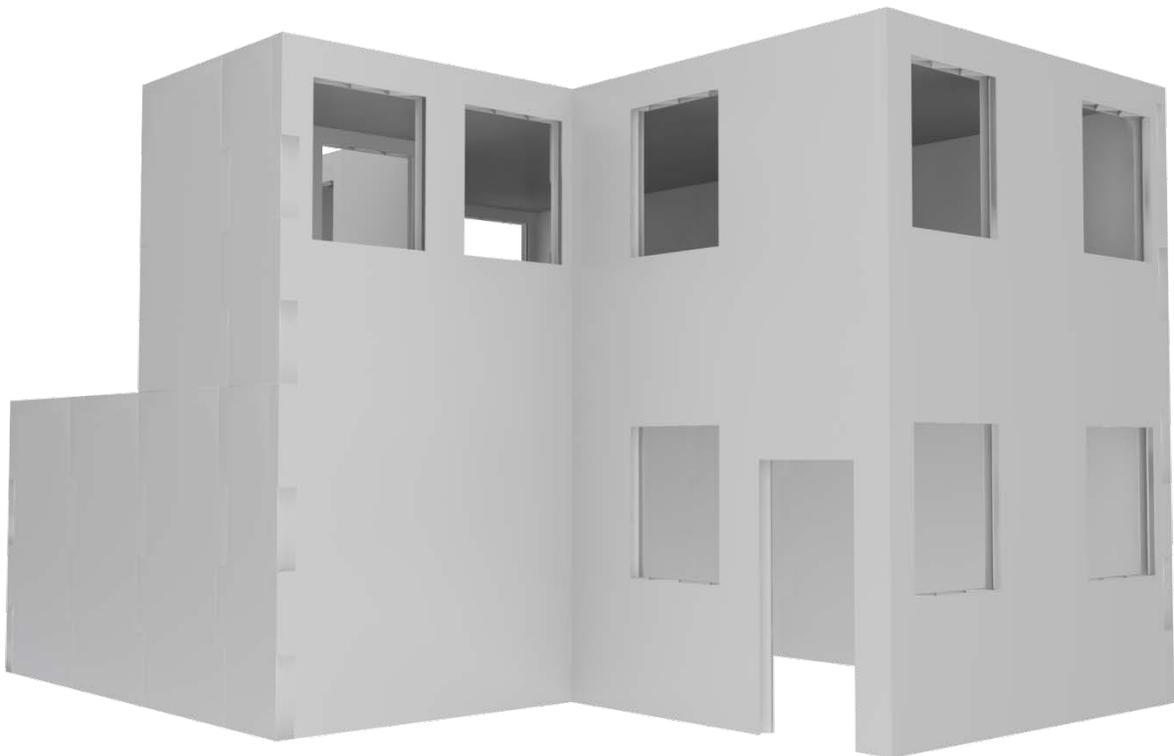
## Montaje e instalación

El sistema está fabricado para tener una instalación rápida en la cual se necesita menor mano de obra, incluso con ayuda de solo dos obreros se puede realizar la construcción de la vivienda en un tiempo estimado de 24 horas el cual podría disminuir pero el sistema de la losa abarca mayor tiempo de construcción.

Las piezas utilizadas están completamente moduladas a la vivienda y son de fácil armado.

Las uniones son mediante concreto y se pondrán castillos armados para reforzar la estructura, estos castillos estarán dentro de las piezas huecas.

Dependiendo del acabado deseado las piezas pueden ser repelladas mediante una malla y una mezcla de cemento y cal.







## Costos

El otro factor a tener en mente cuando se realiza una comparación de la vivienda de bajo costo es el ingreso económico. La mayoría de las personas con alcance a este tipo de productos percibe menos de cuatro salarios mínimos, por lo que depende en gran medida de los movimientos de este índice.

La vivienda carece de calidad en materiales y sufre la reducción de los espacios interiores, lo que podría marcar una tendencia que, de continuar, ocasionaría productos cada vez más pequeños y de menor calidad, dado el constante incremento inflacionario y los salarios mínimos que crecen a menor ritmo.

El factor económico es uno de los principales limitantes que se presenta cuando una persona intenta acceder a una vivienda, sin embargo cada día se vuelve más complicado para una persona que percibe ingresos bajos.

El índice de costos de la construcción ha aumentado un 70% del 2002 al 2015, mientras que el salario mínimo sólo lo hizo en un 36%, golpeando fuertemente el poder adquisitivo y generando una condición más difícil para la gente que gana en relación a salarios mínimos y aspira a una vivienda nueva institucional.

Por esto el sistema propuesto busca mejoras económica y de calidad en la vivienda de producción masiva además de romper con la monotonía que existe en métodos prefabricados y dando un sinfín de posibilidades de personalización.

Cada pieza tiene un peso aproximado a los 80kg calculando el precio del PET de reciclaje, el cual lavado y triturado es de \$8.50, hace que el costo de cada módulo diseñado de 1.22x2.44 este alrededor de los \$680.00. Además de reducir las cargas en más de un 60%.

El módulo total de vivienda completo necesitaría de 4 toneladas de PET reciclado para realizar todas las piezas de la construcción incluyendo las bovedillas para la losa. Esto daría un costo total de \$32,000.00 en material para los módulos.

### VIVIENDA DE INTERES SOCIAL 63 m2

No.	PARTIDA	% DEL COSTO DIRECTO	C.D. POR M2	IMPORTE A COSTO DIRECTO	AHORRO	COSTO DIRECTO IMPRESIÓN 3D
1	CIMENTACIÓN	11.6	469.41	29572.83	0	29572.83
2	ESTRUCTURA	27	1090.64	68710.32	11710.32	57000
3	FACHADAS Y CUBIERTAS	8.7	352.13	22184.19	5664.19	16520
4	ALBAÑILERIA Y ACABADOS	37.2	714.62	45021.06	23375.39	21645.67
5	OBRAS EXTERIORES	0	0	0	0	0
6	INSTALACION HIDRAHULICA Y SANITARIA	7.4	297.93	18769.59	0	18769.59
7	INTALACIONES ELECTRICAS	8.1	329.07	20731.41	0	20731.41
8	INSTALACIONES ESPECIALES	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3,253.80</b>	<b>\$ 204,989.40</b>	<b>\$40,749.90</b>	<b>\$ 164,239.50</b>

El costo de fabricación de la impresora ya que el sistema de impresión es similar a una maquina cnc y tomando en cuenta el diámetro de impresión de las piezas el costo aproximado sería de \$3,200,000.00, además de esta máquina se usaría un inyector de plásticos del cual su costo aproximado es de \$1,000,000.00 además de una plancha de calor y una máquina de secado. El costo aproximado sería de \$5,000,000.00 de pesos para una máquina con dimensiones de impresión de 3x2m.

El costo total para la vivienda realizada es estimado en \$164,239.50 y con una duración de 24hr ya que durante cada hora podrían imprimirse hasta 12m<sup>2</sup>.

# Conclusiones

Mediante el uso de impresoras 3D a mayor escala podemos realizar distintos tipos de construcciones los cuales mejoraran las técnicas de construcción tradicionales, ya que se reducirán costos de producción tanto en material como en mano de obra, además se obtendrá una construcción con menores desechos y menos contaminante.

Se obtendrán aportaciones como mayor calidad (automatización de tareas), facilidad de fabricación (uso de máquinas, patrones o moldes), menores costes (optimización de flujos y compra de materia prima al por mayor), mayores tiradas y alta productividad, menor tiempo de producción, mano de obra más fácil de formar, reducción de escombros y deshechos. No obstante, la prefabricación de tiradas cortas, o incluso únicas, también puede ser rentable e interesante en según qué circunstancias: aumento de calidad, mejor control de producción, seguridad constructiva, independencia de condiciones meteorológicas, ahorro de tiempos de ejecución, pre-elaboración y almacenamiento hasta el momento de la colocación definitiva.



asticasa

Plástica

## Referencias

### Tesis

Elvira Schwanse.. *Plásticos reciclados para la construcción*. Programa de Maestría y Doctorado en arquitectura 2007

Roberto Antonio Jiménez Ramírez. *Prefabricados en México*. Facultad de Arquitectura. Septiembre 2007

Raúl Ernesto Núñez. *Sistemas prefabricados a vivienda*. Facultad de Arquitectura. Septiembre 2008

Emmanuel T. Carballo Gutierrez. *El plástico en la arquitectura. Materiales compuestos y evaluación no destructiva*. Programa de Maestría y Doctorado en arquitectura. Octubre 2008

### Libros

Dimitris Kottas. (2010). *Arquitectura y Construcción: Plástico*. Barcelona, España: links.

Rojas Nájera, Luis Daniel sustentante *Industrialización de la arquitectura: MEGA*, San José del Cabo / 2007

Ing. Joel Alexander Novas Cabrera. Septiembre 2010. *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*. Escuela técnica superior de Ingenieros. Madrid, España.

Angulo Alcaraz, Edwin José, sustentante *Diseño modular e industrialización de la vivienda media vertical en el Distrito Federal/2013*

Arq. Alejandro Cervantes Abarca *La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social*. 2012

Arquitecto Javier Martínez Dircio *México y la construcción industrializada /1998/junio*

*Plásticos. El 70% del reciclado es informal*. En: Diario La Voz del Interior. Córdoba, Argentina. 1 de octubre de 2005,

Arquitectura construcción cultura internacional sustentable, *LAS BOTELLAS DE PLÁSTICO PET DEJARÁN DE SER BASURA PARA CONVERTIRSE EN ARQUITECTURA*(06/enero/2012)

Director de Auditoría de KPMG y especialista en la Industria de la Construcción (13/enero/2012) *HOGARES A LA MEDIDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES, EL FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN*

D. Fernández-Ordoñez. *Prefabricados en Edificios Habitacionales*. Junio 2009

Javier Hernandez Bonilla. Materiales de Construcción/ 2011

### Revistas

Ambiental (29 marzo 2011) *Fabrican viviendas con tabiques de PET* ExpokNews revista INIVI Universidad de Chile. Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos aptas para la construcción

Cuanto tiempo tarda la naturaleza en transformar... En: Publicación digital del Programa México Limpio. Ciudad de México. Septiembre del 2004.

*RECICLAR plásticos es tan fácil como decir 1, 2, 3.* En: Publicación del Departamento de Conservación Ambiental del Estado de Nueva York. Nueva York, EE.UU. 2004,

Buscador de arquitectura 22 Febrero 2012 *Construcción: Las casas para los más pobres podrían ser una mina de oro para la industria de la construcción: \$300 House Challenge*

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

Revista imcyc. Arquitecto Javier Martínez Dircio. México y la construcción industrializada /1998

### Páginas de Internet

Distintos tipos de plásticos usados en construcción. Aplicaciones en construcción y en la vida cotidiana <http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/distintos-tipos-de-plasticos-usados-en-construccion>

Lucía Santos *Prefabricación Vs. Industrialización... Edificación Modular* 21 de agosto de 2012 <http://eadic.com/blog/prefabricacion-vs-industrializacion/>

<http://www.arqhys.com/construccion/los-prefabricados.html>

<http://www.futureenergia.org/ww/es/pub/futureenergia/chats/plastics.htm> Edifica e Vilssa Magazine arquitectura y construcción

Población, hogares y vivienda <http://www.inegi.org.mx/> 2010

<http://eadic.com/blog/prefabricacion-vs-industrializacion/> 21 agosto 2012

La jornada , Déficit de vivienda en México afecta a 35% de hogares, sostiene el BID <http://www.jornada.unam.mx/> 2014/07/13/economía 14 diciembre 2015

<http://noticias.arq.com.mx> Construcción: Las casas para los más pobres podrían ser una mina de oro para la industria de la construcción: \$300 House Challenge/ 30 de Julio 2014

<http://www.arqhys.com/construccion/los-prefabricados.html> 2010 septie, bre 2014

<http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/constru.htm> 11 Septiembre 2014

Edificae Vilssa Magazine arquitectura y construcción Distintos tipos de plásticos usados en construcción. Aplicaciones en construcción y en la vida cotidiana <http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/distintos-tipos-de-plasticos-usados-en-construccion>

Los plásticos en los edificios <http://www.futureenergia.org> noviembre 2014

<http://cambiomedioambiental.blogspot.mx/2010/05/contaminacion-por-pet-en-mexico.html> noviembre 2014

<http://formizable.com/2014/09/02/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/> 29/abril/2015

<http://www.impresoras3d.com/el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas/>

<http://noticias.arq.com.mx/>

# Glosario

**Industrialización.** Proceso industrial de automatización mediante medios industriales o diferente tipo de maquinaria de producción en masa.

**Prefabricación.** Componentes elaborados en serie.

**Plástico.** Compuestos de resinas, que son fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura.

**Polímeros.** El polímero es un compuesto químico que posee una elevada masa molecular y que es obtenido a través de un proceso de polimerización. En tanto, la polimerización consiste en la unión de varias moléculas de un compuesto a partir del calor, la luz o un catalizador, con la misión de conformar una cadena de múltiples eslabones de moléculas y así entonces obtener una macromolécula.

**Polietileno.** El polietileno es un tipo de polímero que se utiliza extendidamente en la fabricación de envases, de bolsas, para recubrir cables, para hacer recipientes y en las tuberías, entre otros. Es de bajo costo que representa.

**PET.** Tipo de componente plástico Polietileno Tereftalato o Politereftalato de etileno. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films.

**Termoplásticos.** Se ablandan con el calor y se endurecen al enfriarse.

**Termofijos.** Nunca se ablandan una vez que se han moldeado.

**Reciclaje Sustentable.** Es un proceso mediante el cual se transforma un material de desecho en otro material de utilidad, es decir, se le da un uso a lo que ha sido catalogado como inservible o mejor conocido con el nombre de basura.

**Estereolitografía.** Foto-solidificación

**Proceso de inyección.** Proceso que consiste en inyectar un polímero en estado líquido, a través de un orificio pequeño.