

Factibilidad tecnológica para Sistemas Constructivos de Cubiertas y Envolventes Livianos de Baja Conductividad Térmica derivados del Reciclaje de Plásticos

L. Rodríguez, M. Osorio, M. Quijano, C. Bonilla, Departamento de Organización del Espacio - UCA

Resumen— En el presente artículo se desarrollan fundamentos tecnológicos que confirman el potencial y la factibilidad para el desarrollo de sistemas constructivos con aplicabilidad en el diseño de prototipos de unidades habitacionales, reflejando una solución arquitectónica modular y flexible que prevé un crecimiento gradual, adaptable a emplazamientos susceptibles a inundaciones. Así mismo se presenta el resultado de la investigación y un marco teórico conceptual que vincula datos poblacionales de consumo de vivienda y el mercado del reciclaje.

Por otra parte se estudian las características físicas del plástico en especial el de pos consumo domestico para fundamentar la propuesta de un proceso de transformación y procesamiento del plástico reciclado para crear nueva materia prima en el desarrollo de nuevos sistemas constructivos. Identificando el ámbito de aplicabilidad y el potencial del mercado del reciclaje a nivel nacional.

Índice de términos—Plástico, polímero, vivienda, prototipo, transformación, producción, reciclaje.

Este trabajo fue apoyado en parte por el Departamento de Organización del Espacio DOE de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA San Salvador, El Salvador. Lizeth Rodríguez R. trabaja como docente investigadora en Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA, Departamento de Organización del Espacio (e-mail: lrrodriguez@uca.edu.sv) (Sitio Web: www.lizethrodriguez.com)

INTRODUCCIÓN

ACTUALMENTE, de todas las tipologías de Centros Urbanos que forman parte de la ciudades en El Salvador, aproximadamente el 40% de la totalidad son asentamientos informales, [1]. Esto significa que un 40% de la población es vulnerable a cualquier amenaza física, habitando en condiciones de riesgo. Este riesgo se incrementa con la ocurrencia de fenómenos naturales (terremotos, deslizamientos y lluvia excesiva) desencadenando violencia social y pérdida

de identidad, debido a la condición de vulnerabilidad en la forma de habitar.

Una de las características más comunes en las viviendas y entornos de estos asentamientos es, que las familias construyen sus viviendas con residuos y basura, ó en su defecto con la reutilización de desechos de materiales constructivos, considerando que en la mayoría de los casos son familias de hasta 8 integrantes que sobreviven con menos

de dos salarios mínimos [2]. Quedando reducidas las aspiraciones de una vivienda digna, al hecho de edificar con los pocos recursos que se pueden obtener y muchos de estos recursos, los encuentran únicamente en los desperdicios.

En contraste, en El Salvador se recolectan mil setecientas toneladas diarias de basura y no existe un sistema de reciclaje y clasificación de la basura a nivel nacional que garantice la reutilización de las materias primas tales como el plástico, más allá del mercado del reciclaje que es dinamizado por oferta y demanda sin ninguna política, para evitar la contaminación y el deterioro ambiental garantizando que aquellos materiales que tienen el potencial de ser reutilizados no sean enterrados disminuyendo la capacidad instalada del proceso de disposición final [3].

A partir de ésta temática, desde 2011, se desarrolla un proyecto de investigación considerando para 2012 la participación de grupo de estudiantes de la carrera de Arquitectura a través del desarrollo de trabajos de graduación bajo la dirección y coordinación de la autora. Éste inicia con el diagnóstico que sienta las bases y el entorno bajo el cual el proyecto recaba información. En este sentido, la investigación arroja los siguientes resultados:

- Datos sobre la clasificación, tipología y estructura de los plásticos.
- Datos en toneladas de producción de plástico a nivel nacional.
- Datos en toneladas de disposición del plástico como desecho sólido a nivel nacional.
- Datos sobre el proceso de transformación del plástico pre uso y pos uso.
- Formulación de hipótesis y propuesta de proceso de transformación del plástico pos uso (reciclado). En este apartado ya se cuenta con la participación de un grupo de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, guiados por su docente (Pilar Letona) en su cátedra de diseño de productos

y distribución en planta.

- Formulación de hipótesis y propuesta de sistema constructivo, en base a un análisis comparativo de sistemas constructivos análogos más utilizados según Censo 2007, para cubiertas, paredes y pisos.
- Desarrollo de detalles constructivos y propuesta de proceso constructivo con posibilidad de ampliarse y adaptarse a zonas inundables y zonas sísmicas.

ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

Según [4], en el año 2012 la industria del plástico cumplió 150 años. Su origen y evolución puede dividirse en tres grandes etapas: los primeros 50 años (1860-1910) corresponden a la investigación y la implementación de los descubrimientos realizados, los siguientes veinte años (1910-1930) en la difusión de información y aprovechamiento de ellos y los últimos veinte años (1930-1950) en optimizar el uso de los mismos. El momento histórico que marca un punto de inflexión en el cual, el uso del plástico se expande a otros mercados sucede en la segunda guerra mundial (1939-1945) lo que determina hasta la actualidad una gran demanda de consumo, investigación y desarrollo a nivel global de esta industria.

En 1975 Nathaniel Wyeth (Estados Unidos) descubre el PET (Polietileno Tereftalato) y revoluciona el mercado del embotellado y embalaje sustituyendo al vidrio y al PVC (Cloruro de Polivinilo). El PET se caracteriza por su alta resistencia al desgaste y buena resistencia química. En el Siglo XX hasta la actualidad, el plástico es considerado uno de los 50 grandes inventos hechos por la humanidad. Su desarrollo en la actualidad se caracteriza por la suma de empresas que se fusionan y potencian las oportunidades para el material, introduciéndose así en la mayor diversidad de mercados existentes, relacionados con la tecnología y la nanotecnología.

POLÍMEROS

Según [5], los polímeros son estructuras químicas constituidas por moléculas muy grandes (macromoléculas), que se forman a partir de otras unidades repetitivas más pequeñas a las que se les conoce como monómero, a través de enlaces químicos, que se producen por largas cadenas de carbonos. A este proceso de unión química se le conoce como polimerización que constituye el plástico que así mismo se define como un material sintético creado a través de la polimerización, formado por macromoléculas, cuyo principal componente es el carbono. Los polímeros poseen dos clasificaciones:

Polímeros según su origen, pueden ser de dos tipos.

- Polímeros naturales: extraídos de materia vegetal y animal. Por ejemplo: celulosa, hule natural, lignina y proteínas cuyo monómero son los aminoácidos; algunas fibras naturales como la lana y la seda, proteínas existentes en la naturaleza [6].

- Polímeros sintéticos: son obtenidos por la alteración de sus propiedades naturales por medio de la polimerización. Sus monómeros provienen generalmente del petróleo o el carbón; por ejemplo: Polietileno (PE), baquelita, Cloruro de Polivinilo (PVC), entre otros [6].

Polímeros según su estructura molecular. Se mencionan dos.

- Según su estructura Química: es la cadena de carbonos creada por medio de enlaces químicos.

- Según su estructura Física: polímeros que pueden encontrarse en estados amorfos, semicristalinos y cristalinos, términos que se utilizan para indicar el grado de orden o desorden de las moléculas [7].

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS POLÍMEROS.

Las propiedades y características de los polímeros en general, se ven afectadas o modificadas por la polimerización,

con el fin de optimizar o generar nuevas características y propiedades para su disposición final. Se enumeran en la tabla I [8].

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL PLÁSTICO

La siguiente clasificación, está determinada por el potencial de ser transformados al someterlos a grandes cambios de temperatura, modificando así su estructura molecular, física y mecánica, según sea el caso para cada clasificación:

- *Termoplásticos*

Según [9], son plásticos con moléculas colocadas de manera tal que cuando el material es calentado (150°C) sus relaciones intermoleculares se debilitan y se vuelven más suaves. Esto hace que se pueda moldear fácilmente por diferentes métodos.

TERMOPLÁSTICO + PRESIÓN + CALOR = CAMBIO DE FORMA

“El proceso de moldeo es reversible, el material no se descompone y puede utilizarse para una nueva fabricación y es 100% reciclable” [5].

- *Termoestables*

Según [5], no sufren deformaciones al ser calentados. Es decir, una vez que estos polímeros adquieren una rigidez no pueden volverse a transformar. Se presentan casi siempre en forma líquida o más o menos viscosa, al añadirle un catalizador se efectúa el proceso de polimerización lo que produce el endurecimiento de la resina en una forma irreversible.

(TERMOESTABLE + CATALIZADOR) + PRESIÓN + CALOR = MISMA FORMA

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS POLÍMEROS.

PROPIEDADES		DESCRIPCIÓN
FÍSICAS Propiedades que dependen de su estructura química y en el procesamiento del material. Son las que se manifiestan como respuesta a estímulos de fuerzas internas que no cambian la composición química del material.	Densidad	Magnitud física que relaciona la masa por una unidad de volumen. Determina la concentración de masa molecular de un material.
	Conductividad térmica	Indica la capacidad que un material tiene para conducir calor.
	Punto de fusión	Es donde se encuentra el punto de equilibrio entre el estado sólido y el líquido. Se requiere de una cantidad de energía para que esta separación de átomos ocurra.
	Conductividad eléctrica	Es la capacidad que un material tiene para poder conducir energía. Es decir, deja circular libremente las cargas eléctricas por medio de un cuerpo.
	Propiedades ópticas	Se refiere al comportamiento del material ante la luz; absorbiéndola (define el color) o transmitiéndola (transparencia).
MECÁNICAS Indican el comportamiento de un material cuando se encuentra sometido a fuerzas externas, que pueden cambiar la composición física del material.	Ensayo de tracción	Relacionado con la elasticidad. Ensayo que define la capacidad que un material tiene para volver a su forma original luego de haber cesado la fuerza que originó su deformación.
	Ensayos de dureza	Define la capacidad que un material posee para resistir roces con otro cuerpo o similar.
	Ensayos de tenacidad	Trabajo o energía que absorbe un material en su proceso de deformación o rotura. Es la resistencia con la que el material se opone a ser roto.

Fuente: Según [8]

“Poseen características favorables respecto a los termoplásticos por su resistencia a los impactos, a permeabilidad de gases, a los solventes y a la exposición de altas temperaturas (mayores a 150 °C)” [10].

- Elastómeros.

“Son ubicados muchas veces dentro del grupo de los termoestables, su procedencia puede ser de origen natural, es decir del polisopreno proveniente del látex, de la goma de árboles, además de la obtención del petróleo y gases naturales; o de forma sintética” [9]. Tiene la capacidad de poder estirarse hasta 30 veces su tamaño natural, regresando a su estado original sin sufrir cambios.

ELASTÓMERO + CALOR + ELONGACIÓN = MISMA FORMA

La caracterización de los plásticos se enumera en la tabla II [8]. Enfatizando que el PET es del grupo de los termoplásticos que es fácilmente moldeable y reciclable.

TABLA II
TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PLÁSTICOS

GRUPO	NOMBRE	SIGLA	CARACTERÍSTICAS
Termoplásticos	Acrilonitrilo-butadieno-estireno	ABS	Plástico con alta tenacidad, resistente a la distorsión térmica; conducción eléctrica; inflamable y soluble en disolventes orgánicos.
	Acrílicos [poli (metacrilato de metilo)]	---	Transmisión de la luz y resistencia a la degradación ambiental; resistencia a rayos ultravioleta; alta resistencia a impactos.
	Fluorocarbonos	PTFE o TFE	Químicamente inertes en la mayoría de los ambientes; conducción de electricidad; bajo coeficiente de fricción; se puede utilizar hasta los 260°C; nula o despreciable fluencia a temperatura ambiente.
	Nylons	---	Resistencia mecánica y a la abrasión y tenacidad; bajo coeficiente de fricción; absorbentes de agua y de otros líquidos.

TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO

Al ser los polímeros estructuras macromoleculares, naturales y sintéticas, con propiedades que reaccionan ante estímulos de fuerzas internas y externas que a la vez generan cambios físicos y químicos en los mismos; los polímeros pueden considerarse como parte fundamental e inherente de los productos plásticos y ciertas ventajas para su proceso de transformación:

- facilidad industrial para los procesos de transformación, permitiendo una variedad casi ilimitada de formas en las piezas a fabricar.
- Los procesos de transformación, consumen menos energía, en comparación con la fabricación de metales y materiales cerámicos.
- El manejo del producto se simplifica durante su producción, a causa de las bajas temperaturas en el proceso.
- En algunos casos, los materiales producidos no requieren acabados previos, debido a que el moldeado, colorantes y pigmentos producen estas terminaciones en el proceso de transformación.

Los procesos de transformación más importantes y comunes en la industria de la producción para materiales plásticos son los siguientes:

1) Proceso de transformación por extrusión

Según [11], la extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación de materiales fundidos, para producir artículos de sección transversal constante y longitud definida. Para la producción de materiales poliméricos, es uno de los principales procesos de transformación. El material se ve esforzado a fluir por medio de un orificio, para generar un material largo y continuo, donde su sección transversal queda determinada por la sección del orificio y del molde que lo contiene.

2) Proceso de transformación por compresión.

Según [12], este tipo de molde se utiliza casi exclusivamente para moldear materiales termoestables, y ocasionalmente

	Policarbonatos	PC	Dimensionalmente estables; baja absorción del agua; transparencia; gran resistencia al impacto y ductilidad; extraordinaria
	Polietileno	---	Químicamente resistentes y eléctricamente aislantes; blandos y bajo coeficiente de fricción; baja resistencia mecánica y poca resistencia a la degradación ambiental
	Polipropileno	----	Resistencia a la distorsión térmica; conductor eléctrico y resistencia a la fatiga; químicamente inerte; relativamente de bajo costo; baja resistencia a la radiación ultravioleta.
	Poliestireno	---	Conducto eléctrico y claridad óptica; posee estabilidad térmica y dimensional; relativamente económico.
	Vinilos	PVC	Aplicaciones generales y económicas; rígidos pero con plastificantes se vuelve flexible; a menudo copolimerizado; susceptible a la distorsión térmica.
	Polietileno Tereftalato	PET	Una de las películas más blandas, resistencia a la fatiga, a la torsión, a la humedad, a los ácidos, a los aceites y a los disolventes; susceptible a la distorsión térmica. Puede ser completamente reciclado
Termoestables	Fenoles (Baquelita)	PF	Propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas; tienen una elevada resistencia a la corrosión química.
	Aminas	MF	Se combinan con rellenos de celulosa, obteniéndose productos baratos con rigidez y resistencia al impacto.
	Resinas de poliéster	UP	Se combina con la fibra de vidrio formando materiales compuestos de gran resistencia.
	Resina Epoxi	EP	Adhesión sobre materiales; resistencia química y mecánica; aislante eléctrica.
Elastómeros	Caucho vulcanizado	---	Capacidad elástica; resistencia a la abrasión, resistencia a los agentes químicos, al calor y la electricidad
	Neopreno	---	Presenta estabilidad química; no conduce el calor, la electricidad y sonido.

Fuente: Según [10]

termoplásticos. Es un proceso que se prefiere por sus bajos costos en maquinarias frente al moldeo por inyección, por tanto es muy utilizado para producciones cortas. “Funciona a través de placas prensadoras. Puede aplicarse temperaturas de hasta los 107°C a 163°C a 1000 (psi) de presión”

3) Proceso de transformación por soplado.

Según [12], este proceso industrial es utilizado para generar formas huecas de paredes delgadas plásticas, por medio de inyección de aire a alta presión en un molde con una preforma. El producto final pueden ser botellas y envases para bebidas y similares, por tanto la elaboración implica grandes volúmenes de producción. El proceso por soplado puede tener variantes en su fabricación:

- Moldeo por inyección-soplado
- Moldeo por inyección-extrusión

Cualquiera que sea el proceso para transformar materias primas deben considerarse para la implementación y uso de maquinaria, criterios de sostenibilidad tales como: Bajo costo económico, bajo consumo energético y bajo coeficiente de emisión de CO₂. Así mismo pueda desarrollarse con seguridad industrial, asegurando que los productos obtenidos tengan las condiciones mínimas requeridas bajo normas, permitiendo un desempeño en forma segura.

A. Tipos de plásticos producidos y comercializados en el salvador

La Asociación Salvadoreña de la Industria del Plástico (ASIPLASTIC) constituida por empresas del sector plástico, en El Salvador está formado por 53 empresas productoras, transformadoras, recicladoras y comercializadoras de productos plásticos y equipo relacionado [13].

Según [14], el mercado nacional en El Salvador consume los siguientes tipos de resinas plástica: PET, LDPE, HDPE, PP, PVC, PS. La mayor parte de los productos plásticos son importados por empresas multinacionales, que luego es vendido a detallistas que los distribuyen a nivel nacional.

ASIPLASTIC, sostiene que en el año 2009 la producción de plástico en El Salvador creció un 10%. Envases y bolsas plásticas son los subsectores que contribuyentes a este crecimiento positivo de la producción. Proyectaron un crecimiento del 5% anual.

En la tabla III, se realiza una comparación de los diferentes tipos de plásticos que se comercializan en El Salvador, promediando datos obtenidos a partir de los años 2003, 2004 y 2005. Arroja como resultado que el Polietileno Tereftalato (PET), posee un mayor grado de comercialización en comparación con los otros tipos de plásticos con un 69.65%.

TABLA III
PROMEDIO DE VOLÚMENES PLÁSTICOS COMERCIALIZADOS EN EL MERCADO REGIONAL.

PROMEDIO DE VOLÚMENES PLÁSTICOS E.S. (2003-2005)			
TIPO DE PLÁSTICO	ABREVIATURA	PROMEDIO DE TONELADAS TRIANUAL	%
POLIPROPILENO	PP	1500	11.08
POLICARBONATO	PC	53.3	0.39
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	HDPE	123.6	0.91
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	LDPE	111.7	0.82
POLICLORURO DE VINILO	PVC	2320.7	17.14
POLIETILENO TEREFTALATO	PET	9433.7	69.66
TOTAL		13543	100.00

Fuente: Según [15]

Según [16], el Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos muestra que las áreas urbanas de cada municipio son las mayores generadoras de desechos sólidos. Zona Paracentral 2,369.83 toneladas por día, Zona oriental 386.14

toneladas por día, Zona Occidental 431.0 toneladas por día. Estiman que la cantidad asciende a 3,186.97 toneladas diarias en su totalidad.

La zona que más genera desechos sólidos en el país es la zona paracentral, por estar inscrita en ella San Salvador, siendo el departamento con mayor población urbana a nivel nacional. Según datos proporcionados por la Política de Desechos sólidos en El Salvador realizado en el año 2000, la disposición de desechos para poblaciones mayores a 200 mil habitantes (mayor muestra, según análisis), se fracciona así: 48% materia orgánica, 20% papel y cartón, 18% plástico, 7% textiles, 3% metales, 4% vidrio, el plástico ocupa el tercer lugar en los materiales más desechados a nivel nacional; es decir, se puede considerar como un producto con alta demanda de consumo.

El 70% de la disposición de desechos sólidos en El Salvador, está a cargo de la empresa de Manejo Integral de Desechos Sólidos MIDES, empresa privada que opera el relleno sanitario más grande del país ubicado en el Municipio de Nejapa en el Departamento de San Salvador. Según [3], MIDES es fundado en el año 1999 y proyectado con funcionamiento para 30 años, con un 90% de inversionistas privados y el 10% restante el Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador (COAMSS) conformado por 14 alcaldías. MIDES hasta la fecha, ha dado tratamiento a unos 4 millones de toneladas de desechos sólidos aproximadamente, 1,700 toneladas al día a un precio mínimo de \$23.00 por tonelada, es decir \$39,100.00 por día, lo que representa un ingreso anual aproximado de \$14, 271,500.00

Entre los sectores a los que MIDES presta servicio se encuentran: municipalidades, industrias, instituciones de gobierno y hospitales. Los tipos de desechos para disposición se dividen en cuatro categorías: Desecho común (hogares y mercados), desecho especial (llantas, ripio, maquilas,

alimentos vencidos), desecho químico (industriales y fármacos) y desecho bio infeccioso (hospitales, clínicas y laboratorios). Según [3], los materiales plásticos representan el 10% del volumen total diario para MIDES, es decir 170 toneladas por día, estimando un valor comercial de \$3,910.00 por día. Este tipo de material no bio degradable resta al relleno sanitario capacidad de disposición, que posterior a 13 años de operaciones constituye 1.3 años menos de vida útil, estimando una pérdida económica de \$18.60

El volumen de disposición de desechos sólidos representa oportunidades en otros mercados a nivel nacional. Por ejemplo, en el año de 2006, MIDES y la corporación energética AES se asocian para dar origen a un proyecto que apunta a la generación de energía eléctrica. El compromiso de MIDES, es garantizar un flujo de disposición de desechos orgánicos, el cual provee gas metano como materia prima, que luego será explotado, convertido en energía eléctrica y distribuido por AES. Actualmente, la capacidad de producción de energía eléctrica es 4.5 mega watt por día, abasteciendo de servicio a 20,000 viviendas en el Municipio de Nejapa.

En el rubro de la generación de energía eléctrica, MIDES ve la importancia de ingresar al relleno sanitario solamente desecho orgánico bio-degradable Sin embargo, el 10% del volumen total dispuesto en el relleno sanitario ocupado por el plástico, a representado una baja en la generación de energía eléctrica ya que el plástico no es biodegradable y ocupa espacio de vacío en el proceso de compactación de la celda diaria para la conformación del relleno sanitario. Considerando los 17 años de vida de funcionamiento que le quedan al relleno sanitario, MIDES así como la creciente demanda de consumo de plásticos, se estiman pérdidas de hasta \$25 millones en dicho periodo de tiempo, y pérdida de eficiencia en el sistema de energía eléctrica.

Tomando en cuenta que el plástico puede ser reutilizado

como materia prima para el desarrollo de nuevos productos, ya que tiene un valor comercial que puede ser aprovechado por aquellos actores relacionados con el mercado del reciclaje que actualmente significan ingresos por \$15.00 dólares diarios para una persona es que se considera continuar investigando sobre el potencial y la factibilidad de transformar el material en lugar de exportarlo como materia prima.

En El Salvador existen materiales con un alto potencial reciclable y estos son aquellos que han sido recuperados y que por sus propiedades y características pueden convertirse en recurso a través del reprocesamiento para luego ser incorporados como materia prima en la fabricación de productos, se detallan en la tabla IV, entre éstos puede destacarse el plástico PET.

TABLA IV
MATERIALES CON POTENCIAL DE RECICLAJE

MATERIAL CON POTENCIAL DE RECICLAJE	IMPORTANCIA POR AÑO		
	2003	2004	2005
Aceite vegetal	1	1	2
Aceites y lubricantes	2	3	3
Baterías automotrices	2	3	3
Cartón	4	4	4
Cartuchos de tinta y tóner	1	3	3
Llantas	2	2	4
Materia orgánica	2	3	3
Materiales ferrosos (hierro, chatarra)	4	4	3
Materiales no ferrosos (aluminio, cobre y bronce)	4	4	4
Papel	4	4	4
Polycarbonato (PC)	4	4	3
Poli cloruro de vinilo (PVC)	4	4	3
Poli etileno de alta densidad (HDPE)	4	4	3
Poli etileno de baja densidad (LDPE)	4	4	3
Poli etileno Tereftalato (PET)	2	3	4
Polipropileno (PP)	4	4	3
Textiles	2	3	3
Vidrio	2	1	1

Fuente: Según [15]

La demanda de los materiales en el mercado internacional impulsó el crecimiento del 28.34% entre los años 2003-2005, esto sugiere que el reciclaje toma cada vez mayor importancia a nivel tecnológico y productivo. El mercado nacional posee un alto potencial relacionado al valor comercial que posee y a su aporte a la industria del reciclaje mundial.

HIPÓTESIS PROPUESTA SOBRE PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO

Los procesos de transformación para plásticos reciclados, son iguales a los que a manufactura de materias primas vírgenes respecta. La diferencia radica en la obtención de nuevas materias primas a partir de plástico reciclado. Se describen dos tipos de productos reciclados:

- *Reciclaje mecánico pos-industrial (primario):* es el residuo que se genera en la misma producción (formas plásticas que no cumple con normas de calidad y seguridad industrial). Dependiendo del producto plástico a fabricar los desechos son de materia prima reciclada que forma el 10% de la resina total, habiendo un 90% de plástico virgen que proviene directamente del petróleo. Esta dosificación pasa por un proceso que luego se transformará en un producto plástico con formas determinadas según su uso.

- *Reciclaje mecánico pos-consumo (secundario):* es el residuo sólido que se genera cuando los productos plásticos alcanzan su vida útil. La mayoría de plásticos pueden reciclarse para una segunda aplicación, ayudando así a no contaminar de manera significativa el medio ambiente.

Según [17], la Alianza China, actualmente manufactura nuevos productos con materias primas provenientes de transformación de plástico reciclado pos-consumo creando *pellet* (viruta plástica) de PET reciclado y convirtiéndolo en nuevas formas que pueden llegar a fabricarse con un 100% de

plástico reciclado y a partir de esa práctica se fundamentan los pasos que constituyen la propuesta de transformación de plástico reciclado considerando el reciclaje pos-consumo.

1. *Acopio*: PET recuperado por programas de recolección, también recolectado por pepenadores.

2. *Compactación*: consiste en aplastar la botella PET para crear bloques de botellas compactadas y generar menos volumen al momento de su almacenamiento y mayor facilidad de transporte.

3. *Limpieza de etiquetas*: la botella PET pasa por su primer proceso de limpieza, donde la etiqueta es removida del envase. En este proceso se verifica que todas las botellas no tengan residuo de etiquetas pegada en los envases, también se remueve las tapas si aun las posee. Es un proceso manual de depuración para quitar de la botella todo material indeseado.

4. *Trituración*: las botellas previamente seleccionadas y limpias, pasa al molino donde se reduce su tamaño, hasta dejar su acabado en forma de hojuela, conocido como pellet.

5. *Lavado*: el pellet, pasa por proceso de limpieza por medio de agua y detergentes, para remover materia indeseada que perjudiquen e proceso de reciclaje o la calidad del producto final.

6. *Selección*: el pellet es pasado por unas piletas con agua. El PET con mayor densidad cae al fondo y es recogido por un tornillo sin fin, el de menor densidad es removido

7. *Desinfección*: luego de una selección, el PET es pasado por hidrociclones con agua a altas temperaturas para remover toda impureza, eliminar todo contaminante, terminando así su proceso de limpieza.

8. *Secado*: este último proceso se realiza bajo secadores centrífugos que remueve la mayor humedad permisible del pellet.

9. *Empaquetado*: El pellet listo se procede a empaquetarse en sacos para su próxima transformación por medio de calor, para luego terminar en una preforma o un

producto plástico final.

10. *Proceso de transformación por compresión*: El pellet es colocado sobre la placa metálica inferior y es fundida con una presión de 1000(psi). Las temperaturas van desde los 180°C a 280°C

11. *Producto final*: por medio del proceso de transformación y la fundición del pellet, se genera un elemento plástico para nuevas aplicaciones.

FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE NUEVOS MATERIALES CON MATERIAS PRIMAS RECICLADAS

Considerando la información descrita anteriormente, la factibilidad para producir nuevos materiales ó productos con materias primas derivadas del reciclaje depende de:

- *Disponibilidad en el mercado nacional*: El plástico PET ocupa un 70% de 13,543 toneladas que equivale a 9,433.7 toneladas en el periodo 2003-2005).

- *Reciclabilidad*: El PET es utilizado mayormente en el sector domestico, por lo tanto su composición no contiene materiales y productos de carácter toxico infeccioso, esto permite que su proceso de reciclaje sea práctico y con un menor impacto ambiental.

- *Fácil transformación*: Según [10], el PET es fácil de transformar debido a que su proceso puede no requerir maquinaria muy costosa para su manufactura y se ocupa poca energía para llegar a su punto de fusión (180°C).

Según La XV Cumbre de Cambio Climático de la ONU 2009, los plásticos sólo representan el 1,3% de la media de emisiones de CO2, comparado con el 9% de la ropa, el 13% de la alimentación, o el 18% del ocio. Así mismo, los plásticos ahorran entre 5 y 9 veces más CO2 durante su uso y el proceso de recuperación, del que emiten durante su producción. Por tanto es de fácil transformación y poco aberrante con el medio ambiente.

ÁMBITO DE UTILIZACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON PET RECICLADO

El Censo realizado por la DIGESTYC en el año 2007 arroja una muestra de 1, 668,511 viviendas y una población de 5, 744,113 habitantes, las áreas de residencia y tipologías de vivienda en El Salvador, están divididas en diez categorías: casa independiente 90.73%, apartamento 6%, pieza en casa 1%, pieza en mesón 2%, rancho o choza 0.004%, casa improvisada 0.158%, local no destinado para habitación humana 0.033%, otra (vivienda móvil o carpa) 0.051%, vivienda colectiva y persona sin vivienda 0.017%.

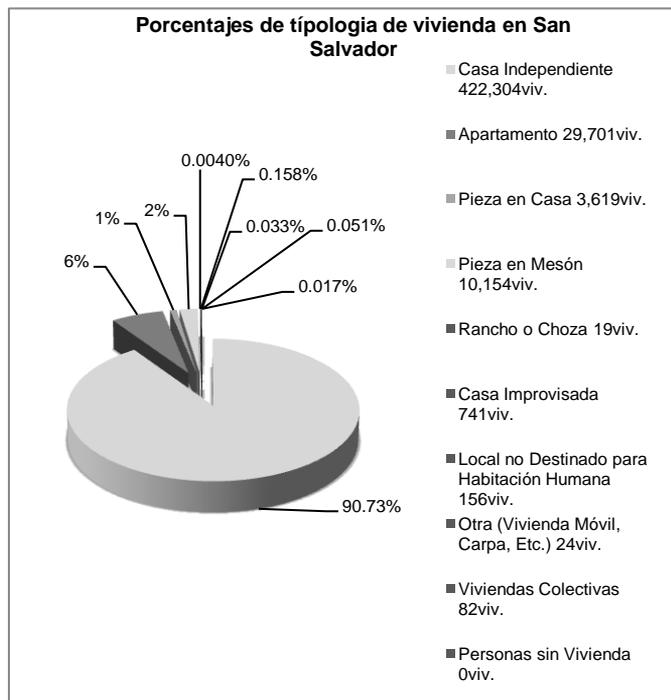


Fig. 1 Porcentajes de tipología de vivienda en San Salvador
Fuente: Según [1]

TABLA V
MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA ENVOLVENTES (PAREDES) EN EL SALVADOR

MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA ENVOLVENTES (PAREDES) EN EL SALVADOR (1, 668, 227 viviendas)	
Sistema de pared	Cantidad de viviendas
Concreto	1, 204,398
Adobe	255,388
Lamina metálica	99,392
Bahareque	65,000
Madera	23,266
Otros	20,767

Fuente: Según [1]

Según [1], el 1.2%, 20,767 viviendas de la totalidad (1,668,227 viviendas) y el 1% (14,391 viviendas) de la totalidad (1,668,227 viviendas) posee sistemas de paredes y techo considerados deficitarios ya que, están conformados por materiales como, material orgánico o bien desechos, lo que no garantiza la calidad de la vivienda al usuario porque esto compromete su salud, su desarrollo y su seguridad física ante desastres naturales como sismos, inundaciones etc.

TABLA VI
MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA CUBIERTAS (TECHOS) EN EL SALVADOR

MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA CUBIERTAS (TECHOS) EN EL SALVADOR (1, 668,227 viviendas)	
Tipo de techo	Cantidad de viviendas
Laso de concreto	105, 547
Lamina de fibrocemento	149, 968
Lamina de asbesto	434, 236
Teja	478, 550
Lamina metálica	485, 819
Otros	14, 391

Fuente: Según [1]

La tipología de vivienda en base a su conformación constructiva relacionada con materiales deficitarios son los siguientes: Rancho o Choza 0.07% a nivel nacional, 0.0040 en

el departamento de San Salvador y la Casa Improvisada 1% a nivel nacional, 0.158% en departamento de San Salvador.

Por lo tanto, la muestra de 35,158 viviendas, representa 2.1% de 1,668,227 unidades y al ser considerada por el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano VMVDU como deficitarias, cualitativamente constituyen el mercado potencial para la introducción del sistema constructivo derivado del plástico reciclado PET tomando en cuenta que el posicionamiento del sistema se ha considerado de forma gradual donde luego de su introducción, éste incursione en una segunda etapa, en aquellas tipologías de vivienda conformadas constructivamente con sistemas de tierra: adobe 210,708 viviendas y bahareque 55,406 vivienda. En una tercera etapa se considera la incursión del sistema, en las tipologías de vivienda con sistemas constructivos predominantes y consolidados: concreto 977,950 viviendas, madera 19,442 viviendas y lámina metálica 88,624 viviendas.

B. HIPÓTESIS SOBRE CARACTERÍSTICAS ÓPTIMAS PARA LA FABRICACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PARA CUBIERTAS Y ENVOLVENTES DERIVADO DEL PLÁSTICO RECICLADO PET

Para conocer sobre el comportamiento de las tecnologías para cubiertas y envolventes predominantes en la construcción salvadoreña; se analizan comparativamente, los materiales considerados de mayor uso en el censo habitacional realizado por la Dirección General de Estadística y Censos. Se estudian sus características y propiedades con el fin de establecer puntos potenciales que constituyen el marco tecnológico de referencia para el sistema constructivo derivado del material plástico reciclado PET.

Por tanto, el análisis comprende la compilación de datos técnicos de los sistemas constructivos comercializados en El Salvador, como insumo para la formulación del sistema constructivo hipotético de plástico reciclado, identificando sus

propiedades físicas, mecánicas, térmicas, su dimensionamiento y rendimientos; se elabora un análisis comparativo entre los sistemas constructivos que existentes (lámina metálica, lámina de fibrocemento, teja de micro concreto, teja de arcilla, lámina de plástico reciclado existente) y lámina de plástico PET reciclado proyectado como hipótesis, tomando en cuenta sus especificaciones técnicas y descriptivas idóneas.

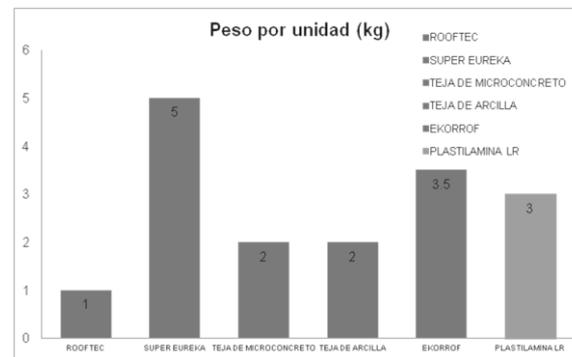


Fig. 2 Peso por Unidad

Fuente: Elaboración propia, información de techos tomada de datos bajo norma de fabricante, 2012

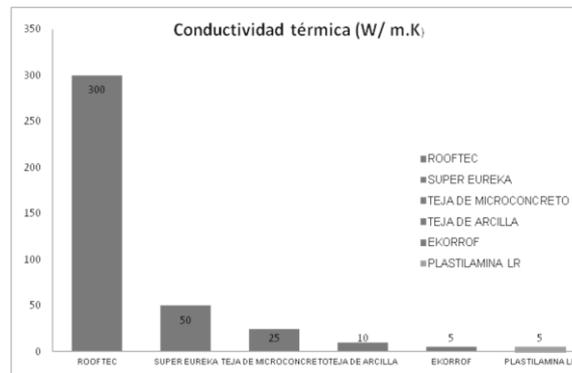


Fig. 3 Conductividad Térmica

Fuente: Elaboración propia, información de techos tomada de datos bajo normade fabricante, 2012

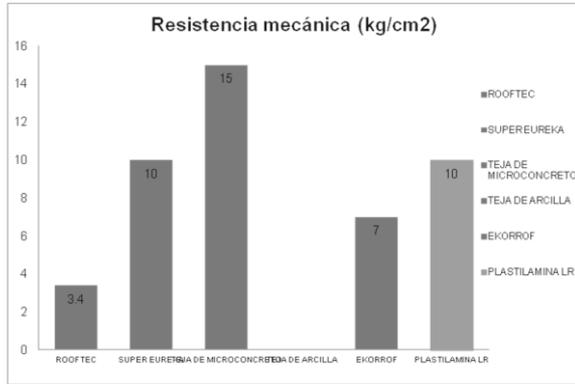


Fig. 4 Resistencia Mecánica

Fuente: Elaboración propia, información de techos tomada de datos bajo norma de fabricante, 2012

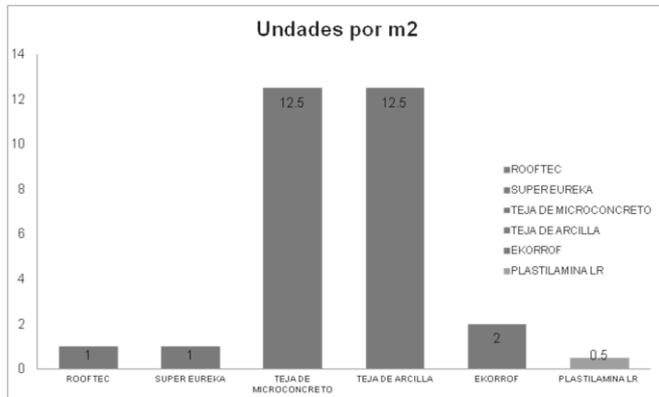


Fig. 5 Unidades por metro cuadrado

Fuente: Elaboración propia, información de techos tomada de datos de fabricante, 2012

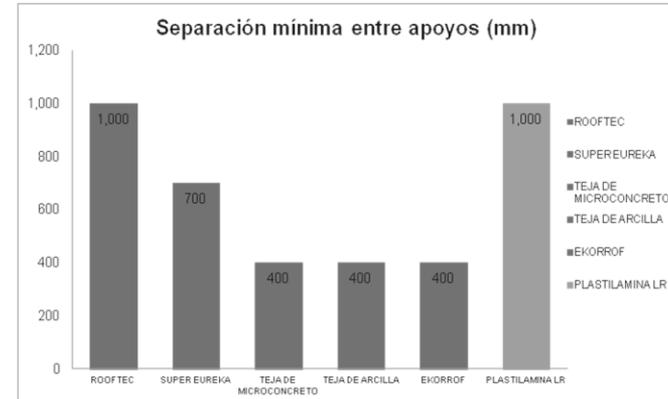


Fig. 6 Separación mínima entre apoyos

Fuente: Elaboración propia, información de techos tomada de datos de fabricante, 2012

A partir del análisis comparativo como en las figuras 2-6 de los sistemas más utilizados en El Salvador según los datos del censo, se presentan datos hipotéticos como punto de partida para el desarrollo de nuevas tecnologías, desarrolladas en tres sistemas constructivos. Figuras 7 y 8.

Los sistemas constructivos propuestos son:

- Para cubiertas: Plastilámina LR, creado por la autora Lizeth Rodríguez
- Para envolventes: Plastipanel LR, creado por la autora Lizeth Rodríguez
- Para envolventes: Plastiblock CMT, creado por estudiantes de Arquitectura en trabajo de graduación Miguel Osorio, Mario Quijano, Cesar Bonilla

Para mostrar el resultado del análisis sobre los puntos potenciales de cada uno de los sistemas proyectados, se elaboran fichas técnicas que describen cada uno de sus elementos, mostrando sus características físicas, mecánicas y térmicas óptimas para elaborar una propuesta arquitectónica, que responda a los criterios de eficiencia y diseño.

Sistemas para envoltorios y cubiertas

Plastilamina

LAMINA ELABORADA DE PLÁSTICO RECIDADO PET

LR
Plastilamina
Cubierta

GARANTIZANDO EFICIENCIA

- Menor cantidad de materiales por área construida ✓
- Menor cantidad de apoyos por longitud ✓
- Menor peso por unidad de instalación ✓
- Menos conductividad térmica, menor uso de sistema mecanizado de climatización en edificaciones ✓

IDEAL PARA:

- Viviendas - Superficies en contacto directo con agua
- Edificios - Superficies en contacto con productos corrosivos
- Interiores - Usos industriales
- Climas cálidos - Otros.

6 COLORES Y MEDIDAS DISPONIBLES* para diversas combinaciones según sea su tipo o proyecto.

*También disponible en todas las dimensiones

Verde, Azul, Rojo, Gris, Blanco, Transparente

Plastilamina Cubierta

Especificaciones técnicas

DIMENSIONES (mm)

LARGO TOTAL	6000 a 1000
LARGO ÚTIL	5985 a 995
ANCHO TOTAL	1000
ANCHO ÚTIL	1000
CALIBRE-ESPESOR	4
PERALTE DE UNIDAD	50
INTERVALO DE ONDA	150

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y TÉRMICAS

DENSIDAD (kg/cm ³)	0.00910 (18°C)
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m.K)	Plástico 0.06

CARGAS ADMISIBLES SEGUN PERALTE Y CALIBRE (kg/cm²)

PERALTE Y CALIBRE (kg/cm ²)	10
PESO (kg)	2

ÁREAS PENDIENTE Y TRASLAPES

UNIDADES POR METRO CUADRADO	0.5 m ²
PENDIENTE ADMISIBLE MÍNIMA	5%
TRASLAPE A LO ANCHO	25 mm
TRASLAPE A LO LARGO	150 mm
SEPARACION MÁXIMA ENTRE APOYOS	1000 mm

ACCESORIOS

Capote, Botagua

SISTEMA DE FIJACION

Pernos automontante a una distancia máxima de 0.5m

DURABILIDAD (valor mínimo, según ambiente)

75 años

SISTEMA PARA ENVOLTIVOS

Plastiblock

PANEL DESMONTABLE ELABORADO CON PLÁSTICO RECIDADO

CMT
PLASTIBLOCK
ENVOLTIVOS

MINOR CANTIDAD DE MATERIALES POR ÁREA CONSTRUIDA
MINOR CANTIDAD DE APOYOS POR LONGITUD
MINOR PESO POR UNIDAD DE INSTALACION
MINOR CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DIMENSIONES (mm)

LARGO TOTAL	2000
LARGO ÚTIL	1900
ALTURA ÚTIL	100
CALIBRE-ESPESOR	4
ANCHO ÚTIL	150
UNIDADES POR METRO CUADRADO	0.5

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y TÉRMICAS

DENSIDAD (kg/cm ³)	0.0099
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m.K)	0.06

CARGAS ADMISIBLES SEGUN PERALTE Y CALIBRE (kg/cm²)

PERALTE Y CALIBRE (kg/cm ²)	75
PESO (kg)	1

COLORES

BASE BLANCO DE FÁCIL PINTURA

SISTEMA DE FIJACION

ENSAMBLAJE MECÁNICO POR SISTEMA DE BIEL

DURABILIDAD (valor mínimo, según ambiente)

75 años

Sistemas para envoltorios

Plastipanel

Panel elaborado de plástico reciclado

LR
Plastipanel
envoltivos

Menor cantidad de materiales por área construida ✓
Menor cantidad de apoyos por longitud ✓
Menor peso por unidad de instalación ✓
Menos conductividad térmica ✓
Menor uso de sistema mecanizado de climatización en edificaciones ✓

PANEL DE PLÁSTICO RECIDADO

Plastipanel

Especificaciones técnicas

DIMENSIONES (mm)	
LAMINA LISA	PIEZAS LONGITUDINALES
LARGO TOTAL	2000
LARGO ÚTIL	1900
ANCHO TOTAL	1000
ANCHO ÚTIL	1000
CALIBRE-ESPESOR	30

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y TÉRMICAS

DENSIDAD (kg/cm ³)	0.0099
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m.K)	0.06

CARGAS ADMISIBLES SEGUN PERALTE Y CALIBRE (kg/cm²)

PERALTE Y CALIBRE (kg/cm ²)	75
PESO (kg)	1

COLORES

BLANCO, CAFE, AZUL Y ROJO

DURABILIDAD (valor mínimo, según ambiente)

75 años

ÁREAS

UNIDADES POR METRO CUADRADO	0.5
-----------------------------	-----

Fig. 7 Ficha técnica sobre hipótesis de sistema constructivo para techo Plastilamina LR y para paredes Plastipanel LR

Fuente: Elaborado en Trabajo de Graduación Arquitectura 2012 Osorio Miguel, Quijano Mario, Bonilla Cesar con datos proporcionados por Rodríguez Lizeth

Fig. 8 Ficha técnica sobre hipótesis de sistema constructivo para paredes Plastiblock CMT Fuente: Elaborado en Trabajo de Graduación Arquitectura 2012 Osorio Miguel, Quijano Mario, Bonilla Cesar con datos proporcionados por Rodríguez Lizeth

PROTOTIPO DE VIVIENDA PARA ZONAS INUNDABLES CON MATERIALES RECIDADOS PLÁSTICOS DERIVADOS DE HIPÓTESIS

Según [18], los sectores que sufrieron un mayor impacto en pérdidas y daños han sido el sector productivo con el 35%, infraestructura con el 31% del total, el sector del medio ambiente es el menor impactado con un 9% y el sector social presente el 25% del total, de este último sector, la vivienda ha sido la de mayor incidencia, debido a que se encuentran ubicadas en zonas de riesgo y son propensas siempre a una evacuación preventiva de riesgo. Según [19], en su informe oficial, manifiesta que los niveles de lluvias registrados en El Salvador, son los mayores en los últimos cincuenta años.

El mismo informe, estima que la población afectada fue de 569,747 personas, 82 muertos, 60,388 personas evacuadas y 47,191 personas en albergues. La Depresión Tropical 12-E, dejó una cifra de 8,118 viviendas en riesgo y dañadas a nivel

nacional. Por tanto se diseñan dos prototipos de vivienda para zonas inundables en el territorio nacional. Figuras 9 y 10. Con criterios de diseño y un programa arquitectónico basado en el taller “Vivienda y albergues-centros comunitarios adaptables a zonas inundables” impartido por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda FUNDASAL y una conceptualización de viviendas inundables a partir del “Proyecto Esfera: Carta Humanitaria y Normas Mínimas de Respuesta Humanitaria” en El Salvador, que considera los siguientes criterios generales de diseño:

- Adecuarse a las necesidades de las familias en situación de emergencia y al uso cotidiano.
- Materiales de construcción durable y adaptable de acuerdo al tipo de agua a la que se ven expuestos.
- El diseño debe ser técnica y económicamente factible, modular y flexible (aplicado a su forma y función)
- El sistema estructural debe responder a las necesidades particulares de la zona en la cual está emplazado. Tomando en cuenta primordialmente la diferente afectación por crecida de ríos por incremento de nivel freático.
- La vivienda debe adaptarse a diferentes características topográficas de terrenos.
- La vivienda debe ser progresiva (criterio de ampliación de viviendas)
- Considerar la posibilidad de áreas para crianza de animales.



Fig. 10 Sistemas constructivos para paredes Plastipanel LR y Plastiblock
CMT

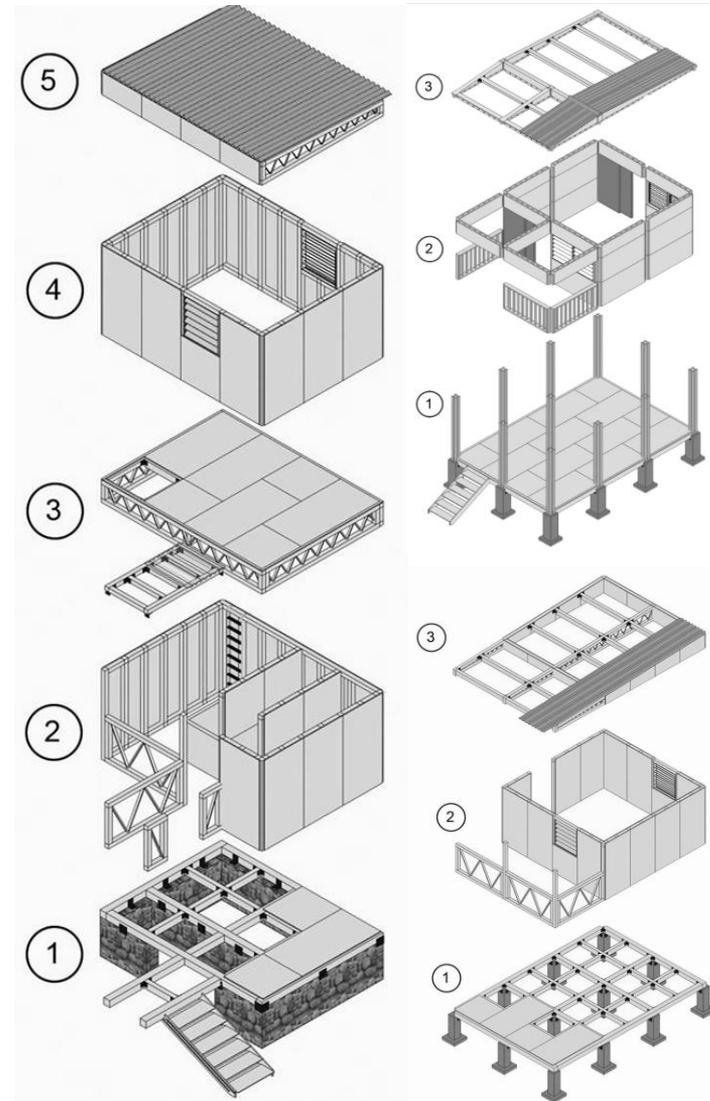


Fig. 9 Hipótesis de sistema constructivo para paredes Plastipanel LR
Fuente: Elaborado en Trabajo de Graduación Arquitectura 2012 con datos proporcionados por Rodríguez Lizeth.

CONCLUSIONES

El plástico PET posee una disponibilidad en el mercado salvadoreño de un 70% igual a 9,433.7 toneladas en un periodo de muestra de tres años [15]. Lo cual equivale a 3,144.6 toneladas al año. Además, el PET posee propiedades que permiten su fácil transformación, es decir, que no necesita de una maquinaria de costos elevados y consume poca energía para lograr su punto de fusión. Por tanto, es factible considerar el plástico PET como el material óptimo para la creación de nuevos productos y materiales que funcionen dentro de un sistema constructivo a partir del reciclaje de plásticos [20]- [21].

La creación de los sistemas constructivo a partir de materiales plásticos reciclados, constituyen la base para la elaboración de un diseño de prototipos de unidades habitacionales con materiales alternativos, siendo una opción para la reducción del déficit habitacional en El Salvador, por considerar criterios como: ser una unidad progresiva, modular y flexible, auto construible, conformada a partir de materiales impermeables, funcionando como vivienda individual o en serie para asentamientos poblacionales en zonas vulnerables a inundaciones.

Las tipologías de viviendas como: rancho, chozas y casa improvisadas, son las consideradas para la introducción de los sistemas constructivos desarrollados en la investigación, ya que este mercado representa el 2.1% del parque a nivel nacional, es decir, 35,158 viviendas según el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

El desarrollo metodológico aplicado a la investigación, ha permitido generar nuevos conocimientos para abordar proyectos de diseño arquitectónico, analizando variables que regularmente no se consideran, como: La generación de marcos conceptuales teóricos, matrices comparativas de

características cuantitativas, cualitativas y técnicas; estableciendo soluciones técnicas y arquitectónicas que respondan a soluciones más acertadas a la problemática de falta de vivienda en El Salvador considerando el reciclaje como herramienta para la obtención de materiales.

En El Salvador, deben implementarse sistemas intermedios de acopio como una planta de separación para los desechos sólidos, lo que permita disponer y separar desechos plásticos como el PET de forma eficiente y así poder utilizarse como materia prima para la creación de un sistema constructivo basado en este material, beneficiando en primer lugar a comunidades con escasos recursos que hacen labor de pepear basura para obtener sus materiales de construcción [23], [24].

Los resultados obtenidos en la investigación, necesitan ser comprobados mediante ensayos de laboratorio, que verifiquen la hipótesis planteada, para validar o negar el diseño de cada sistema constructivo.

Segunda fase de proyecto de Investigación

El proyecto de Investigación en una segunda fase a través de fondos de financiamiento UCA tiene como objetivo, generar conocimiento tecnológico por medio de la investigación, en el área de sistemas y materiales constructivos para cubiertas y envolventes, a partir de análisis del comportamiento y características de los materiales reciclados, así como documentar resultados de pruebas que se le realicen a probetas y muestras, para comprobar las capacidades y características del material, por lo tanto generar insumos para perfeccionar la propuesta de sistema constructivo integral.

Así mismo se estudiará a través de prueba de laboratorio para cumplir los siguientes objetivos:

A) Comprobar las propiedades del nuevo material de construcción:

- Densidad: relación entre la masa y el volumen
- Coeficiente de dilatación: variación de tamaño en función de la temperatura
- Conductividad térmica: facilidad con que un material permite el paso del calor
- Capacidad calorífica y reflectividad.
- Inflamabilidad: Comportamiento ante flama.
- Resistencia a la tensión: capacidad de los materiales para soportar esfuerzos, obtener una curva esfuerzo vrs. deformación

B) Estimación del potencial térmico-energético-económica de cubierta y sus beneficios sociales, ambientales y económicos.

C) Bases técnicas científicas para la formulación de patente: Con los resultados de las pruebas y los datos experimentales se obtendrá un documento técnico que permita ser la base para la formulación de patentes tanto de procesos como de nuevos productos.

D) Potenciar a estudiantes de grado en la investigación científica vinculados por medio del desarrollo de trabajo de graduación y ejercicio dentro de las cátedra de cada investigador participante:

- Planteamiento de temáticas a abordar en trabajo de graduación de: Arquitectura: Diseño y desarrollo constructivo para la vivienda sostenible desarrollada con sistemas constructivos de materiales reciclados.
- Planteamiento de temáticas a abordar en trabajo de graduación de Ingeniería Química: Proceso de transformación y reutilización de plásticos y polímeros.
- Planteamiento de temáticas a abordar en trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica: Diseño de maquinas y

protocolo de fabricación de nuevos materiales para la construcción.

- Planteamiento de temáticas a abordar en trabajo de graduación de Ingeniería Industrial: Diseño de proceso de fabricación de bajo costo.

El proyecto de Investigación en una segunda fase contempla la siguiente metodología:

1. Formulación análisis y documentación de hipótesis investigativa: “Los plásticos pueden ser fusionados para generar nuevo material para la construcción de cubiertas y paredes, con propiedades térmicas y mecánicas bajo normativa existente y rangos teóricos, transformada de forma sostenible.” En base a documentación existente sobre las características del material plástico reciclado pre y pos uso.

2. Diseñar el protocolo de fabricación de probetas para pruebas térmicas y pruebas mecánicas, que implique un proceso eficiente de transformación del plástico con condiciones controladas, en consenso con Investigadores.

3. Construir probetas para realizar pruebas de resistencia mecánica al material.

4. Construir probetas y muestras para realizar pruebas de transferencia de calor y medir la conductividad térmica, capacidad calorífica y reflectividad.

5. Realización de pruebas térmicas, capacidad calorífica y reflectividad y documentación.

6. Realización de pruebas mecánicas y documentación.

7. Análisis de resultados de pruebas térmicas, capacidad calorífica y reflectividad.

8. Análisis de resultados de pruebas mecánicas.

9. Formulación de proceso de transformación y fabricación de material

10. Retroalimentación y ajuste de hipótesis.

RECONOCIMIENTOS

La autora agradece las contribuciones de Letona Pilar, Ingeniera Industrial, Docente Investigadora y a Romero Roberto, Mora Eduardo, López Diego, Sánchez Sergio, estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Industrial por su aporte en la versión original de este documento, a través de Investigación de Mercados Pronóstico de la Demanda y Plan de Producción, Diseño en Planta. Así mismo agradece al Departamento de Organización del Espacio DOE-UCA por el apoyo al desarrollo de la Investigación preliminar y el apoyo desarrollo del Proyecto de Investigación.

REFERENCIAS

- [1] DYGESTIC Dirección General de Estadística y Censos. Censo Poblacional y de Vivienda 2007
- [2] Política Municipal de Vivienda, Programas y Proyectos. Contrato de préstamo al Banco Interamericano de Desarrollo para la implementación del Programa de Vivienda. Reglamento Operativo, componente de subsidios para mejoramiento de barrios marginales del AMSS 2009
- [3] MIDES, Manejo Integral de Desechos Sólidos, empresa privada que opera el relleno sanitario más grande del país ubicado en el Municipio de Nejapa en el Departamento de San Salvador. Entrevista a Gerencia General, 2012
- [4] García S. Referencias históricas y evolución de los plásticos, Valencia, España. 2008
- [5] Albert G. H. Dietz. Plásticos para Arquitectos y Constructores. Reverte, 1973. Barcelona, España.
- [6] Otto M. Leidenger. Procesos Industriales. Fondo Editorial PUCP. 1997
- [7] [Http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf](http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf), abril 2012
- [8] S. Kalpakjian, R. Schmid. Manufactura, Ingeniería y Tecnología. Pearson Educación. 2002
- [9] María L. Cornish Alvarez. El ABC de Los Plásticos. Universidad Iberoamericana, 1997
- [10] William D. Callister. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Editorial Reverté. Barcelona, España. 2007
- Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas. Pearson Educación, 1997
- [11] M. Beltrán y A. Marcilla. Tecnología de polímeros, Proceso de Compresión, 2009.
- [12] [Http://goo.gl/gnxf9](http://goo.gl/gnxf9), abril 2012
- [13] Cámara de Comercio de Guatemala, 2010
- [14] Carlos Eduardo Meléndez Avalos, Estudio sobre el mercado potencial del reciclaje en el salvador, San Salvador, Enero del 2006

- [15] Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006
- [16] [[Http://goo.gl/0xpGN](http://goo.gl/0xpGN), mayo 2012]
- [17] CEPAL y Gobierno de El Salvador. Informe Preliminar. Evaluación de daños y pérdidas en El Salvador ocasionados por la depresión tropical 12E. Octubre de 2011.
- [18] United Nations Office Fort the coordination of humanitarian affairs Informe de Situación. Depresión Tropical 12E. Octubre 2011
- [19] Perfil de Mercado del Sector del Plástico en Centroamérica. 2010, Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo.
- [20] Análisis Sectorial de residuos sólidos en El Salvador. Ministerio de Salud. 1998
- [21] MARN Estudio para la evaluación mercadológica de los desechos industriales. 2004
- [22] Fundamental Principles of Polymeric Materials". Stephen L. Rose. John Wiley & Sons, 1993, EEUU, 2ª. Edición, Mayo 2012
- [23] Referencias históricas y evolución de los plásticos, revista iberoamericana de polímeros, mayo 2012. Origen e historia evolutiva del plástico
- Otras referencias:
- [24] [Http://www.aniq.org.mx/cipres/historia.asp](http://www.aniq.org.mx/cipres/historia.asp), mayo 2012, Antecedentes históricos de los plásticos Clasificación de los plásticos
- [25] [Http://www.aniq.org.mx/cipres/historia.asp](http://www.aniq.org.mx/cipres/historia.asp), mayo 2012, Como se clasifican los plásticos
- [26] a. [Http://www.terpesa.es/espanol/plasticos/historia.html](http://www.terpesa.es/espanol/plasticos/historia.html), mayo 2012, Reciclado de residuos, revista iberoamericana de polímeros, mayo 2012
- [27] a. [Http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti2.shtml), Mayo de 2012
- [28] 26a. <http://www.henciclopedia.org.uy/autores/Laguiadelmundo/Plastico.htm>, Reciclaje de los residuos plásticos
- <http://www.monografias.com/trabajos16/reciclaje-residuos/reciclaje>

BIOGRAFÍA

Lizeth Rodríguez nació en Natal, Río Grande do Norte, Brasil, nacionalizada Salvadoreña por naturalización. Se graduó como Arquitecta de Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA 2004, tiene estudios de diplomado en Eficiencia Energética e Investigación científica de Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA.

Su experiencia laboral incluye diseño y construcción de viviendas, laboratorios de diseño experimental de prototipos con materiales reciclados dentro de sus cátedras, así mismo impartió conferencias en Panamá y Nicaragua sobre sistemas constructivos, ha participado en el desarrollo de proyectos de

diseño y consultoría para DOE. Ha obtenido distinciones honoríficas en concursos de diseño por propuestas innovadoras, considerando nuevas formas de construir, cuenta con publicaciones y artículos en el área de conocimiento técnico y de construcción a retroalimentado con la cátedra que como docente imparte sobre procesos y sistemas constructivos.

Miguel Osorio, Mario Quijano, Cesar Bonilla Salvadoreños, graduados como Arquitectos de Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA 2012, habiendo realizado su trabajo de graduación denominado: "Diseño de Prototipo de Unidad Habitacional con Materiales Alternativos Derivados del Reciclaje de Plásticos" bajo la dirección y coordinación de Arq. Lizeth Rodríguez. Cuentan con experiencia profesional en sus últimos años de estudios, colaborando en proyectos de diseño y construcción para empresas de Arquitectura e Ingeniería. Han participado en concursos de diseño Habiendo sido Osorio primer lugar.