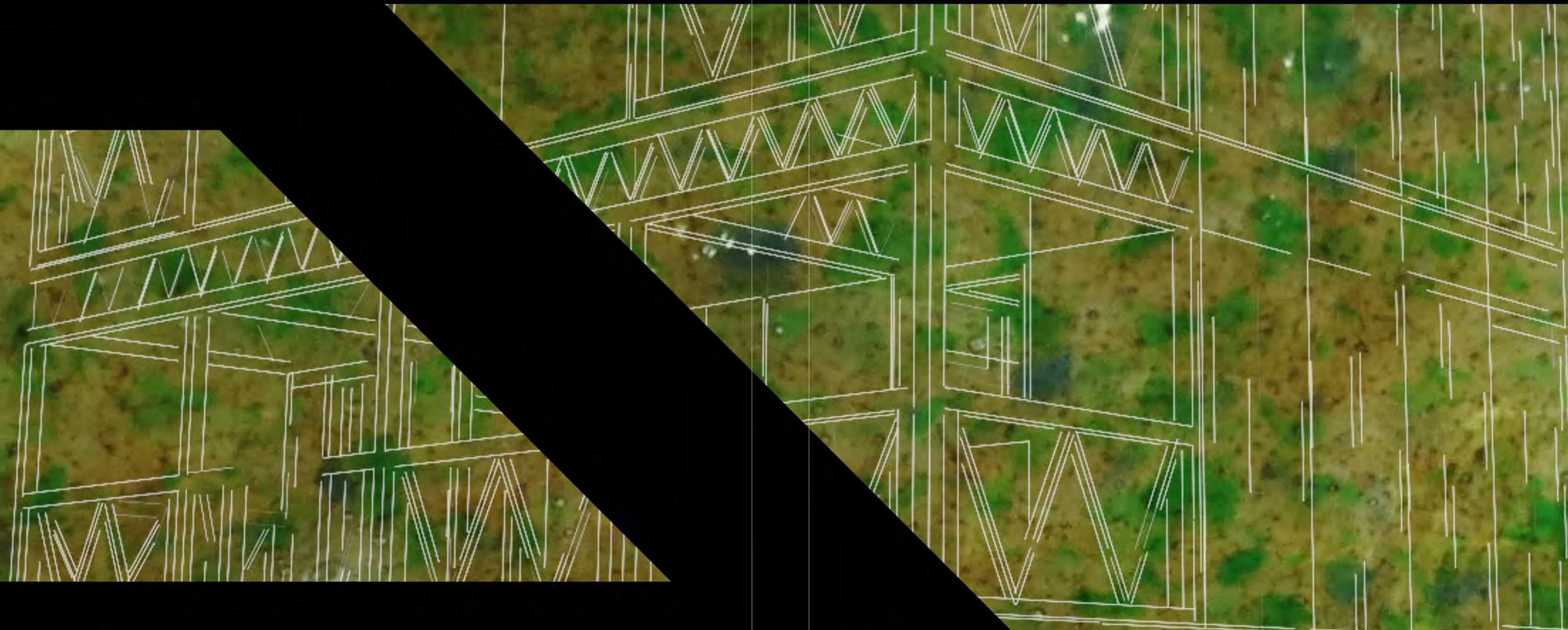


Factibilidad para sistema constructivo de cubiertas y envolventes livianos derivados del reciclaje de plástico

PET

Lizeth Rodríguez Rodríguez
Ana del Pilar Letona Alvarez

Mario Wilfredo Chávez Molina
Florenca Lartategui de Roshardt



Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"



Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"



CRÉDITOS

Equipo de proyecto:

- **Lizeth Rodríguez R.** Arquitecta. Docente Investigadora Departamento organización del Espacio DOE-UCA. Coordinadora del proyecto de investigación, investigadora responsable del proceso experimental, editora de contenido.
- **Ana del Pilar Letona.** Ingeniera Industrial. Docente Investigadora Departamento de Operaciones y Sistemas DOS-UCA. Investigadora responsable sobre procesos industriales de transformación del material.
- **Florencia Lartategui.** Ingeniera Mecánica. Docente Investigadora Departamento Mecánica Estructural DME-UCA. Investigadora responsable de ensayos y resultados de comportamiento mecánico del material.
- **Mario Wilfredo Chávez.** Ingeniero Mecánico. Docente Investigador Departamento Ciencia Energéticas y Fluídicas DCEF-UCA. Docente Investigador responsable de ensayos y resultados de comportamiento térmico del material.
- **Roy Zamora Sequeira,** M.Sc. Químico Industrial, Instituto Nacional de Aprendizaje INA de Costa Rica. Colaborador y asesor
- **Lissett Ruiz.** Asistente de investigación en procesos experimentales de laboratorio. Procesamiento de información bibliográfica. Arquitecta UCA, graduada junio 2013.
- **Jazmin Velasquez.** Asistente de investigación en procesos experimentales de laboratorio. Documentación y sistematización de información. Egresada de la carrera de Arquitectura UCA, julio 2013
- **Diana Gochez.** Asistente de investigación en elaboración de probetas para ensayo mecánico. Estudiante de 4º año de la carrera de Arquitectura UCA.
- **Jose Miguel Paz.** Asistente de investigación en procesos industriales e investigación de mercado. Egresado de la carrera de Ingeniería Industrial UCA, diciembre 2012.
- **Marlon Medina.** Asistente de investigación en diseño y desarrollo de ensayos térmicos. Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica UCA, diciembre 2012.
- **Gyzel Perez.** Colaboradora en diseño y desarrollo de ensayos térmicos. Egresada de la carrera de Ingeniería Mecánica UCA, diciembre 2012.
- **Hugo Salamanca y Javier Villanueva.** Colaboradores en estudio de mercado. Egresados de la carrera de Ingeniería Industrial UCA, diciembre 2012.
- **Ronald Pedro Santos.** Colaborador proceso de datos. Estudiante de Ingeniería Mecánica UCA.
- **Lic. Rina Díaz.** Asistente de Jefatura del Departamento Organización del Espacio, DOE. Colaboración Administrativa.
- **Arq. Alex Renderos.** Docente del Depto. De Organización del Espacio. Responsable de traducción. Diseño de portada.

Nuestros especiales agradecimientos:

- **Ing. Andreu Oliva S.J.** Rector de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- **Arq. Lidia Salamanca.** Vicerrectora Académica, UCA.
- **Ing. Carlos Ernesto Rivas.** Vice-rector Académico Adjunto, UCA.
- **Lic. Ana María de los Ángeles Torres.** Jefa Oficina de Cooperación Internacional.
- **Arq. Carlos Ferrufino.** Jefe de Departamento Organización del Espacio.
- **Ing. Erick Burgos.** Jefe de Departamento de Mecánica Estructural.
- **Dr. Ing. Aarón Martínez.** Jefe de Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas
- **Ing. Emilio Campos.** Jefe de Departamento de Operaciones y Sistemas.
- **Lic. Karen Guerrero.** Oficina de Cooperación Internacional UCA
- **Lic. Carlos Quintanilla.** Unidad de Contabilidad y Presupuestos
- **Arq. Miguel Osorio, Arq. Mario Quijano, Arq. Cesar Bonilla.** Quienes brindaron un aporte valioso al proyecto de investigación a través de su trabajo de graduación, octubre 2012.
- **Roberto Romero, Eduardo Mora, Diego López, Sergio Sánchez.** Egresados de la carrera de Ingeniería Industrial UCA, diciembre 2012. Quienes desarrollaron pronóstico de demanda en su último año de la carrera de Ingeniería Industrial.
- **Ing. Manuel Amador Pineda.** Docente investigador, responsable de Laboratorio de Ciencia de los Materiales. Departamento de Mecánica Estructural.
- **Ing. Rolando Nestor España.** Responsable de Laboratorio Suelos y Materiales, Departamento de Mecánica estructural.
- **Ing. Carmen Elena Menjivar.** Docente investigadora. Responsable de Laboratorio de Análisis Instrumental, Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales.
- **Ing. José Rafael Alas.** Docente Investigador. Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales.
- **Ing. Carlos Mario Flores.** Responsable Medición de Potencia. Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas.
- **Ing. Hugo Treminio.** Responsable de Laboratorio, Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas.
- **Sr. José David Arévalo.** Técnico de Taller de Mecánica. Departamento de Mecánica Estructural.
- **Sr. Julio Cesar López.** Técnico de Laboratorio de Suelos y Materiales, Departamento de Mecánica Estructural.
- **Sr. Luis Mario Valdivieso.** Jefe de Unidad de Mantenimiento.
- **Sr. Lucas Alberto Zúniga.** Carpintero, Unidad de Mantenimiento.
- **Unidad de Compras**
- **Ing Felipe Gallegos.** Gerente Laboratorios Fundación Padre Arrupe
- **Ing. Guillermo Umaña.** Consultor en Ingeniería Sanitaria
- **Ing. Jaime Quintanilla.** Gerente General de Garbal, S.A de C.V e Iberplastic.
- **Lic. Deibys Alexis Villalobos.** Gerente General de Modern Plastics.
- **Ing. Emilio Meléndez e Ing. Sergio Meléndez.** Propietarios de Talleres Meléndez.
- **Ing. Adiel Rodríguez.** Responsable de Centro de Tecnologías Constructivas, CTC, FUNDASAL.
- **Sr. Jorge Barrera.** Propietario de InduplastHill.
- Centro de Documentación **CIDOC** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales **MARN**

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO 1. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO.....	5
CAPITULO 2. SISITEMA CONSTRUCTIVO.....	15
CAPITULO 3 PROCESO EXPERIMENTAL.....	27
CAPITULO 4. COMPORTAMIENTO TÉRMICO.....	46
CAPITULO 5. COMPORTAMIENTO MECÁNICO.....	59
CAPITULO 6. PROCESOS INDUSTRIALES.....	76
CONCLUSIONES.....	116
APORTE DE INA-COSTA RICA.....	119



REGISTRO ISBN: 978-99961-0-324-7

BIOGRAFIAS DE INVESTIGADORES

Lizeth Rodríguez Rodríguez

Docente Investigadora, Departamento de Organización del Espacio DOE-UCA. Investigadora responsable de proceso experimental. Coordinadora de Proyecto de Investigación. Nació en Brasil, nacionalizada salvadoreña. Se graduó como Arquitecta de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas en 2004, tiene estudios de diplomado en Eficiencia Energética y Diplomado en Investigación Científica en la UCA. Su experiencia profesional incluye dirección en proyectos de diseño y construcción, laboratorios experimentales con materiales reciclados, ha brindado conferencia en Panamá y Nicaragua sobre Sistemas Constructivos. Ha participado en Consultorías para instancias estatales. Ha obtenido distinciones honoríficas en concursos de diseño por presentar propuestas innovadoras considerando nuevas formas de construir, cuenta con publicaciones y artículos en el área de conocimiento técnico de la construcción retroalimentado con la cátedra que como docente imparte, sobre procesos y sistemas constructivos. Asesora de Trabajo de Graduación en temas vinculados al desarrollo de nuevos sistemas constructivos derivados del reciclaje. Correo: lrodriguez@uca.edu.sv

Ana del Pilar Leiona Alvarez

Docente Investigadora, Departamento de Operaciones y Sistemas DOS-UCA. Investigadora responsable sobre procesos industriales para la transformación del material. Nació en Guatemalteca, nacionalizada salvadoreña. Se graduó como Ingeniera Industrial de La Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA en 1990, tiene estudios de postgrado en Gestión del Tráfico y Seguridad Vial, cursos de doctorado en Ingeniería y Explotación del Transporte de la Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Barcelona, España. En su experiencia profesional ha sido facilitadora en seminarios de logística, administración de proyectos, investigación de mercados, colaboradora en la logística de la dirección de posgrado del Departamento de Ingeniería Mecánica para la cátedra de Ingeniería y Explotación del Transporte de la UPC. Ha desarrollado diversas consultorías y capacitaciones en el área de logística, seguridad ocupacional. Ha sido coordinadora e la carrera de Ingeniería Industrial y docente de Distribución en Planta y Operaciones, así como Diseño de Productos, en las cuales dirige su asesoría a través del Eco-Diseño en Trabajo de Graduación. Correo: aleiona@uca.edu.sv

Florencia Lartategui de Roshardt

Docente Investigadora, Departamento de Mecánica Estructural DME-UCA. Investigadora responsable de ensayos y comportamiento mecánico del material. Salvadoreña de nacimiento con nacionalidad española. Se graduó como Ingeniera Mecánica de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA en 1994. En su experiencia profesional ha ocupado el cargo de Ingeniero de Taller, en Taller de frenos, ruedas, asientos de piloto, equipo de emergencia para Aeroman. Así mismo como asistente de proyecto en control biológico de plagas del café. Diseño de equipo de laboratorio para producción masiva para la reproducción, transporte y manejo de agentes parasíticos de la broca para Procafé. Como docente imparte cátedra para la carrera de Ingeniería Mecánica en la materia de Diseño de Máquinas y Mecánica de Materiales. Asesora de Trabajos de Graduación en diseño de dispositivos y elementos de máquinas. Correo: flartategui@uca.edu.sv

Mario Wilfredo Chávez Molina

Docente Investigador, Departamento Ciencias Energéticas y Fluidicas DCEF-UCA. Investigador responsable de ensayos y comportamiento térmico del material. Salvadoreño de nacimiento. Se graduó como Ingeniero Mecánico de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA en 1987, tiene estudios de postgrado en Termofluidos de la Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Barcelona, España. En su experiencia profesional ha sido Profesor en Diplomado de Eficiencia Energética para la industria y edificaciones. Ha sido Investigador en proyecto FIES. Consultor en el área térmica para diversos organismos nacionales e internacionales. Catedrático de los cursos de termodinámica, transferencia de calor, Física, Auditorías Energéticas, entre varias. Ha sido Director de trabajos de graduación asesorando a diversos grupos en temáticas con relacionadas con el diseño eficiente de sistemas intercambiadores de calor. Coordinador de la carrera de Ingeniería Mecánica en la UCA. Consultor y asesor en la formulación de marco normativo para la eficiencia energética. Consultor en proyectos de alta eficiencia y acreditación para edificaciones. mchavez@uca.edu.sv

INTRODUCCIÓN

En Mayo de 2012 la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA lanza la convocatoria para concursar por fondos para investigación, lo cual, busca estimular y fortalecer las capacidades investigativas en la Universidad y a partir de ahí incidir con mayor fuerza en los temas clave de la realidad salvadoreña y centroamericana. En este sentido se apoyaron proyectos que estaban en sintonía con las líneas de investigación de la UCA, cuya duración no fuese mayor a un año y que prioritariamente, suponían el trabajo articulado de dos o tres unidades académicas o de proyección social, por medio de la participación del personal académico de los departamentos.

Así mismo se valoró la propuesta que contara con un equipo de investigación multidisciplinario incluyendo académicos con experiencia investigadora, académicos con menos experiencia y alumnos.

Fue así, que se formula el proyecto: "Sistema constructivo para cubiertas y envolventes livianos de baja conductividad térmica derivados del reciclaje de plásticos" en concordancia con las líneas de Agenda de Investigación UCA:

- Línea 3: Sistemas de servicios básicos sostenibles, Vivienda: construcciones sismorresistentes, vivienda social, arquitectura sustentable y arquitectura bioclimática.
- Línea 10: Desarrollo e innovación Tecnológica, transferencia de tecnología.

Para septiembre de 2012 inicia operativamente el proyecto con el Fondo de Investigación UCA convocatoria 2012, el cual ha finalizado para septiembre 2013, el cual persigue de forma general los siguientes objetivos:

- A) Generar conocimiento tecnológico por medio de la investigación, a través de un proceso experimental, 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, para comprobar las capacidades y características del material, por lo tanto generar insumos para perfeccionar la propuesta de sistema constructivo de forma integral.
- B) 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.
 - Resistencia a la tensión: capacidad de los materiales para soportar esfuerzos.
- C) Desarrollar nuevo ciclo de tratamiento para la obtención de nuevas materia prima, considerando las propiedades de flexibilidad y elasticidad que permite adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Considerando la transferencia tecnológica de instituciones nacionales e internacionales.

INTRODUCTION

In May 2012 the Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA, launched a call to compete for research funding, which sought to stimulate and strengthen the research capability at the University and from there influence more strongly on the key issues of the Salvadoran and Central American reality. In this sense, supported projects that were in line with the research agenda of the UCA, which must not have duration of more than one year, and that foremost assumed the jointed work of two or three units of academic or social projection through participation of academic staff of the departments.

It was also assessed the proposal that had a multidisciplinary research team including academic research experience, less experienced academics and students.

It was so, that makes the project "Building system for lightweight low thermal conductivity roofing and coverings derived from the recycling of plastics" in accordance with the lines of UCA Research Agenda:

- Line 3: Systems of sustainable basic services, Housing: earthquake resistant buildings, social housing, sustainable and bioclimatic architecture.
- Line 10: Development and Technological Innovation, technology transfer.

By September 2012 the project started operatively with UCA Contract Research Fund call 2012, which was finalized in September 2013, which generally pursues the following objectives:

- A) Generate technological knowledge through research, through an experimental process in the area of systems and building materials for roofs and coverings, from analysis of the behavior and characteristics of the recycled materials, and document test results performed on samples to check the capabilities and characteristics of the material, thus generating inputs to improve the proposed construction system holistically.
- B) Check the properties of the new material of construction:
 - Density: relationship between mass and volume
 - Expansion coefficient: size variation as a function of temperature
 - Thermal conductivity: ease with which a material allows the passage of heat
 - Heat capacity and reflectivity.
 - Tensile strength: ability of materials to support efforts.
- C) Develop new treatment cycle for the derivation of new raw material, considering the properties of flexibility and elasticity which allows them to fit different shapes and applications. Considering the technological transfer of national and international institutions.

Para lograr los objetivos planteados se implementó 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 de resistencia a la tensión.
7. Análisis de resultados de pruebas térmicas, capacidad calorífica y reflectividad.
8. Análisis de resultados de pruebas de resistencia a la Tensión.
9. Formulación de proceso de transformación y fabricación de material, tomando en cuenta los datos de las pruebas realizadas, visitas de campo dentro y fuera del país.
10. Retroalimentación y ajuste de hipótesis, por medio del desarrollo de nuevo sistema constructivo.

Durante un año se han desarrollado actividades en el marco del proyecto, involucrando la participación de múltiples actores quienes son conscientes de la importancia de considerar el reciclaje como una opción para buscar nuevas alternativas que minimicen el problema ambiental que generan materiales que no se degradan en el corto plazo y que con un poco de creatividad y estudio puedan desarrollarse nuevos materiales para edificar, constituyéndose así no en una solución única, sino, en un aporte al desarrollo tecnológico.

Bajo este enfoque se desarrollan 6 capítulos en los que se aborda de forma integral:

1. Contexto socioeconómico del sector de desechos sólidos en el que están inmersas las actividades de reciclaje considerando la opinión de consultores e instituciones de gobierno.
2. Planteamiento de la Hipótesis a través de un diseño preliminar de los sistemas constructivos y la visualización del mismo.
3. Resumen del proceso experimental para cumplir el protocolo de fabricación de probetas y muestras a ensayar de forma controlada en laboratorios UCA.
4. Potenciación de los laboratorios de transferencia de calor, para la obtención de propiedades térmicas.
5. Estudio de la propiedad mecánica de resistencia a la tensión considerando Norma ASTM
6. Investigación de Mercado, Investigación de procesos industriales que utilizan plástico reciclado, planteamiento de nuevas propuesta de transformación del PET reciclado.

To achieve the objectives the following methodology was implemented:

1. Formulation analysis and documentation of research hypothesis: "Plastics can be merged to generate new material for roofing and walls with thermal and mechanical properties under existing regulations and theoretical ranges, sustainably transformed." Based on existing documentation about pre and post use recycled plastic material.
2. Designing the test specimens manufacturing protocol for thermal and mechanical testing, an efficient process involving plastics processing with controlled conditions, in agreement with researchers .
3. Build specimens for testing mechanical strength to the material.
4. Constructing specimens and samples for testing heat transfer and measuring the thermal conductivity, heat capacity and reflectivity.
5. Test and document thermal heat capacity and reflectivity.
6. Testing tensile strength.
7. Analysis of test results thermal heat capacity and reflectivity.
8. Analysis of test results voltage resistance.
9. Formulation and manufacturing process of material transformation, taking into account the data of tests, field visits within and outside the country.
10. Feedback and Adjustment of hypotheses, through the development of new construction system.

For a year activities around the project have been made, involving the participation of multiple actors who are aware of the importance of considering recycling as an option for new alternatives that minimize environmental problem generating materials that do not degrade in the short term and with a little creativity and study to develop new materials for building, thus becoming not a single solution but, in a contribution to technological development.

Under this approach six chapters were developed that comprehensively addresses:

1. Socioeconomic solid waste sector in which they are immersed recycling activities considering the opinion of consultants and government institutions.
2. Hypothesis approach through a preliminary design of the building systems and display.
3. Summary of the experimental process to meet manufacturing protocol specimens and samples to be tested in a controlled laboratory at UCA.
4. Labs enhancing heat transfer to obtain thermal properties.
5. Study of mechanical property considering tensile strength according ASTM standards
6. Market Research, Research of industrial processes that use recycled plastic, new approach proposed for recycled PET transformation.



CAP. 1

CONTEXTO SOCIO-ECONÓMICO



1.1 CONTEXTO SOCIOECONÓMICO DEL RECICLAJE

La presente investigación se desarrolla en El Salvador, país ubicado dentro del Istmo Centroamericano, la población total según el censo del año 2007 es de 5.7 millones de habitantes, en donde 3.8 millones (67%) se encuentra en zonas urbanas y 1.9 millones (37%) en la zona rural; con una densidad de 273 Hab/km². Sin embargo en la capital San Salvador, ciudad consolidada en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) reporta una densidad de 2416 hab/km² marcando una expansión territorial acelerada, alto índice de crecimiento poblacional y bajo índice de educación.

Según el Reporte de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010,[1] la generación de desechos sólidos urbanos en El Salvador de acuerdo al dato promedio de generación per cápita en el país es de 0.89 kg/hab/día, resultando una generación total de 3,400 ton/día, contemplando un incremento del 18% trece años después que se reportara en el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en El Salvador en 1997[1] una generación per cápita de 0.75 kg/hab/día. No obstante veinte años atrás 1977 el dato de generación era de 0.55 kg/hab/día en el que puede observarse un incremento proporcional constante. Sin embargo la tipología de desecho y su composición no ha sido la misma desde hace más de treinta años, el ritmo de cambio es marcado por la industria y la cadena de suministros, así como los hábitos de consumo cuya gestación es incubada en los medios de comunicación y el sistema educativo.

La composición de desechos sólidos [2] es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos y su distribución relativa se basa en porcentajes de peso generado por habitante al día, cuya variación es según la fuente de generación.

Los desechos sólidos pueden agruparse en dos grandes tipologías: Orgánicos ó inorgánicos, cuya descomposición puede ser de un mes, para los desechos orgánicos, como el papel ó fibras; Hasta 500 años, para el caso de las botellas de plástico, considerando que la industria del plástico solo ha cumplido 150 años, cuya evolución desde 1860 dio un paso acelerado 80 años después y marcó gran demanda de consumo posterior a la segunda guerra mundial paralelo a la gran demanda de explotación del petróleo.

El estilo de vida actual, sobre todo en la ciudad, ha sido influenciado por fenómenos sociales que modifican las percepciones de las necesidades cotidianas de la familia, el uso y distribución de los recursos y su relación con el entorno. Estos fenómenos como; la industrialización, la globalización, las dinámicas del mercado (oferta y demanda), procesos migratorios y estrategias de sobrevivencia, han conformado un estilo de vida en el que se promueve la homogeneización de las pautas de consumo, aún cuando existan diferencias sociales y económicas entre países desarrollados y en vías de desarrollo, los avances tecnológicos en las comunicaciones y los procesos migratorios han contribuido a la homogeneización del mercado y a la masificación del consumo regido en el mayor de los casos, por la industria multinacional. En este sentido, se percibe más fácil comprar diariamente agua embotellada que transportar diariamente un recipiente con agua al lugar de trabajo ó estudio.

1.1 SOCIOECONOMIC CONTEXT RECYCLING

This research was carried out in El Salvador, a country located in the Central American Isthmus, the total population according to the 2007 census is 5.7 million, where 3.8 million (67%) is found in urban areas and 1.9 million (37%) in rural areas; with a density of 273 inhabitants/km². Nevertheless in the capital San Salvador, a consolidated city in the metropolitan area of San Salvador (AMSS) reports a density of 2416 inhabitants/km² indicating an accelerated territorial expansion, high population growth rate and low level of education.

According to the Latin America and the Caribbean Urban Solid Waste Management Regional Assessment Report 2010[1], the generation of municipal solid waste in El Salvador, according to average data generation per capita in the country is 0.89 kg/inhabitant/day, resulting in a total generation of 3,400 tons/day, contemplating a 18% increase sixteen years after the report on the Solid Waste Sector Analysis in El Salvador in 1997[1] a per capita generation of 0.75 kg /inhabitant/day. But twenty years before in 1977, the data generation was 0.55 kg/ inhabitant/day in which a constant proportional increase can be observed.

However, the type of waste and its composition has not been the same for over thirty years, the pace of change is marked by industry and the supply chain as well as consumer habits whose gestation is incubated in the communication media and education.

The composition of solid waste [2] is the term used to describe the individual components which constitute the waste stream and their relative distribution is based on weight percentages generated per capita per day, whose variation is the source of generation.

Solid wastes can be grouped into two types: organic or inorganic, which decomposition may vary from month for organic wastes such as paper or fibers, to 500 years, in the case of plastic bottles; considering that the plastics industry has only 150 years of existence whose evolution since 1860 gave an accelerated pace 80 years after and marked high consumer demand after the world war II parallel to the high demand for oil exploitation.

The current lifestyle, especially in the city, has been influenced by social phenomena that change perceptions of the daily needs of the family, the use and distribution of resources and their relationship with the environment. These phenomena such as, industrialization, globalization, market dynamics (supply and demand), migration processes and survival strategies, making it a lifestyle which promotes homogenization of consumption patterns, even when there are social and economic differences between developed and developing countries; technological advances in communications and migration processes have contributed to the homogenization of the market and mass consumption governed in most cases, by the multinational industry.

So, it is easier perceived to buy bottled water than transport a container of water daily to the workplace or study. Likewise, industries have had to diversify products to reach all markets and make relatively easier the daily lives of its customers, offering smaller products at lower prices generally packaged in long-life and poorly degradable inorganic materials whose life span is short compared to the degradation process. In a broader sense, for integrated management of solid waste, the treatment course should include the following activities [2]:

Así mismo, las industrias han tenido que diversificar los productos para llegar a todo tipo de mercados y hacer relativamente más fácil el diario vivir de sus clientes, ofreciéndoles productos más pequeños a menor precio empacados generalmente con materiales inorgánicos de larga vida y poco degradables cuya vida útil es corta comparada con su proceso de degradación. En un sentido más amplio, para un manejo integral de los desechos sólidos, el ciclo de tratamiento debe contemplar las siguientes actividades [2]:

- **Generación:** Proviene del uso pos consumo, sean éstos del consumo doméstico ó del consumo de actividades comerciales y de servicios ó provienen de desperdicio de procesos de producción en la industria. La cantidad de desechos varía según la oferta y la demanda de los insumos, la cultura y la tecnología de procesamiento de materias primas.
- **Separación de desechos en la generación:** Los desechos pueden ser separados en el lugar de origen, en centros de acopio ó estaciones de recuperación a través de la implementación de programas de reciclaje. El Salvador solo recicla 10%
- **Almacenamiento:** En contenedores ó depósitos según el tipo de desecho y la fuente. En barrios populares se almacenan desechos en bolsas, cajas, barriles, baldes de plástico y otros. Desechos son vertidos a quebradas, canales y lotes baldíos. Las orillas de las carreteras y algunas calles son áreas utilizadas para vertederos ilegales.
- **Recolección y transporte:** El sistema de recolección puede implementarse en cada lugar de generación de desechos, a nivel domiciliario, en puntos fijos ó en lugares de transferencia, según la cantidad transportada. El Salvador tiene una cobertura de recolección de 78.8 % No hay información específica sobre la atención a los barrios marginales de San Salvador. Se estima que el déficit de cobertura de recolección es por falta de servicio en estas áreas.
- **Separación centralizada:** A través de reparación, reúso, reciclaje mecánico ó compostaje según el tipo de desecho.
- **Tratamiento:** Implica la alteración física, química o biológica de los desechos, algunas formas de tratamiento son: Incineración, Compostaje, Pirolysis, Gasificación, etc.
- **Disposición final:** Es el último elemento funcional de la gestión de desechos, el método más utilizado es el vertido en la tierra: los rellenos sanitarios. El Salvador tiene una cobertura de disposición final a través de rellenos sanitarios de 78.1%. El tratamiento que reciben los desechos corresponde a un relleno controlado. A este sitio llegan prácticamente todo tipo de desechos que son tratados sin separación ni tratamiento especial según peligrosidad excepto los desechos bio infecciosos.

En 1987 se definieron los costos (\$7,650,000.00 USD) del Plan Maestro del Área Metropolitana de San Salvador AMSS y se propuso la estructura organizativa de la empresa Metropolitana de Aseo. Sin embargo, el plan no se pudo financiar. En 1989 se diagnosticó nuevamente la situación institucional de los sistemas de aseo de las localidades incluidas en el Plan Maestro agregándose el municipio de Santo Tomás y estimándose un costo de inversión de \$3,163,000.00 USD para cubrir la demanda.

- **Generation:** Coming from post-consumer usage, whether from domestic or commercial and service activities consumption or coming from industrial production processes waste. The amount of waste varies according to the supply and demand of inputs, technology, culture and processing of raw materials.
- **Waste separation from generation:** Waste may be separated at their source, collection centers or recovery stations through the implementation of recycling programs. El Salvador only recycles 10%
- **Storage:** In tanks or containers according to the type and source of the waste. In neighborhoods wastes are stored in bags, boxes, barrels, plastic buckets, among others. Wastes are discharged to creeks, canals and vacant lots. The roadsides and some streets are areas used for illegal dumping.
- **Recollection and transport:** The recollection system may be at each site of waste generation, at household level, at fixed points or transference places based on the amount transported. El Salvador has collection coverage of 78.8 %. There is no specific information about the San Salvador slums coverage. It is estimated that the recollection coverage deficit is due to lack of service in these areas.
- **Centralized Separation:** Through repair, reuse, mechanical recycling or composting according to the waste type.
- **Treatment:** Involves waste's physical, chemical or biological alteration; some forms of treatment are: incineration, composting, pyrolysis, gasification, etc.
- **Final Disposal:** The last functional element of waste management, the method used is poured to earth: landfills. El Salvador has 78.1 % waste disposal coverage through landfill. The waste treatment corresponds to a controlled landfill. To this site virtually arrive all types of waste that are treated without separation or special treatment as bio hazard excepting infectious waste.

In 1987 costs were defined (\$ 7.65 million USD) for the Master Plan for the Metropolitan Area of San Salvador AMSS and an organizational structure was proposed of the Metropolitan Sanitation Company. However, the plan could not be financed. In 1989 a new diagnosis for the institutional situation of the cleanliness systems for localities included in the Master Plan was made, including Santo Tomas an estimating an investment cost of \$3,163,000.00 USD to meet the unmet demand. In 1993 a program of integrated solid waste management in 79 municipalities of the Republic was proposed as well as the need for a transfer station for the AMSS. They settled in \$ 24,559,543.00 USD for the financing needs for the purchase of land for landfills, transfer station for the AMSS and recollection and final disposal equipment; however this program is not able to fund.

At the Earth Summit held in Rio de Janeiro in 1992 to ensure the health and preservation of the environment and natural resources, on the agenda 21/21 good recollection, disposal and recycling practices to minimize solid waste as a strategic action to strengthen developing countries were showed. In contrast to the Earth Summit, in 1994 in El Salvador, the solid waste disposal was deficient in all municipalities. There was no integral operational landfill, only Mariona landfill and illegal dumps that had great technical and social problems. [1]

En 1993 se propuso un programa de manejo integral de residuos sólidos en 79 municipios de la República y la necesidad de una estación de transferencia para el AMSS. Se establecieron en \$24,559,543.00 USD para la compra de terrenos para rellenos sanitarios, la estación de transferencia para el AMSS y equipo de recolección y disposición final, sin embargo este programa no se pudo financiar.

En la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 para garantizar la salud y la preservación del ambiente y los recursos naturales, en la agenda 21/21 se contemplan las buenas prácticas de recolección, disposición, minimizar y reciclaje de desechos sólidos, como eje estratégico de acción para el fortalecimiento de los países en desarrollo. En contraste a la Cumbre de la Tierra, para 1994 en El Salvador, la disposición final de desechos sólidos era deficiente en todas las municipalidades del país. No existía relleno sanitario operando de forma integral, únicamente el relleno de Mariona y botaderos ilegales que presentaban grandes problemas técnicos y sociales. [1]

El BID realizó estudios de prefactibilidad para apoyar al Gobierno de El Salvador en la ejecución de proyectos de manejo de desechos sólidos, por medio de la construcción de rellenos sanitarios. Se establecieron en \$24,559,543.00 USD las necesidades financieras para la compra de terrenos para rellenos sanitarios, la estación de transferencia para el AMSS, equipo de recolección y disposición final. Este programa no se pudo financiar en aquella oportunidad y para 1994 el costo unitario por municipalidad de acuerdo a las estimaciones efectuadas, variaba de \$5.90 USD/ton en Nejapa hasta \$20.10 USD/ton para San Salvador. Esta diferencia se atribuye a la distancia a recorrer hasta los sitios de eliminación, el costo de mano de obra y el nivel de servicio ofrecido, para ello los esfuerzos que se realicen para controlar los efectos negativos de las malas prácticas de manejo de desechos sólidos sobre el medio ambiente, contribuirán positivamente a una mejor calidad de vida y del entorno.

El conocimiento de la problemática de la gestión de los desechos sólidos, la identificación de los problemas técnicos y operativos, de control y vigilancia son importantes para la definición de estrategias en el ámbito local, para una adecuada prestación del servicio y una mejora de las condiciones ambientales del país.

No obstante, existen evidencias de tipo organizacional, económico y social que identifican algunos de los grandes problemas que enfrenta el sector, por ejemplo; en el ámbito nacional no existe para el sector un ente coordinador que reciba, integre, procese y distribuya información oportuna tanto a nivel local como nacional, para facilitar el establecimiento de estrategias, prioridades, recursos, capacitación, recopilación y procesamiento de datos que contribuyan a hacer más eficiente el manejo integral de los desechos sólidos. Por el contrario, la información es dispersa sobre todo cuando de generación de nuevas alternativas tecnológica respecta. [1]

El registro de patologías del sector salud deja en evidencia que existen grandes problemas en las prácticas laborales del sector de desechos sólidos, entre ésta patologías se pueden mencionar:

The BID conducted feasibility studies to support the Government of El Salvador in implementing projects of solid waste management, through the construction of landfills. They settled in \$ 24,559,543 USD the financing needs for the purchase of land for landfills, transfer station for the AMSS team collection and disposal. This program was not able to finance at that time and by 1994 the unit cost per municipality according to the estimates varied from \$5.90 USD/ton in Nejapa to \$20.10 USD/ton in San Salvador. This difference is attributed to the travel distance to disposal sites, the cost of labor and the level of service offered. The efforts made to control the negative effects of the bad practices of solid waste management on the environment will contribute positively to a better life quality and environment.

Knowledge of the problem of solid waste management, the identification of technical and operational control and surveillance are important for the definition of strategies at the local level, for proper service delivery and improved conditions as country's environmental consequences. However, there are evidences of organizational, social and economic type that identifies some of the major problems facing the sector, for example, at the national level there isn't a coordinating entity that receives, integrates, process and distribute timely information for both local and national level, to facilitate the establishment of strategies, priorities, resources, training, data recollection and processing that contribute to a more efficient integrated management of solid waste. On the contrary, the information is dispersed especially when generating new technological alternative terms. [1] Registration of health sector pathologies makes it clear that there are major problems in labor practices for the solid waste sector, among these pathologies may include: skin and respiratory diseases, intestinal parasitism among others. Likewise, the lack of control and protection for workers expose them to pollution, physical and biological hazards such as bacteria, viruses and fungi because employment status is influenced by the cultural level, the lack of job security, the physical environment and the limited care are factors that increase the risk. Each ton of collected solid waste in landfills generates at least one job for pickers or direct labor. This without including all the intermediation net and employment generated in the small, medium and large businesses. Not all the employment generated in the system of solid waste comprehensive treatment is formal, that is, under controlled conditions, but about 50 % are in the informal sector whom are called pickers, the most vulnerable are children, who suffer from an early age the consequences of being subjected to the inappropriate child labor under the worst living conditions and susceptibility to maltreatment and abuse.



Fig. 1 Relleno Sanitario Nejapa. Fuente: Visita de campo

Enfermedades de la piel, enfermedades del aparato respiratorio, parasitismo intestinal, entre varias. Así mismo la falta de control y protección expone a los trabajadores a contaminación, riesgos físicos y biológicos como bacterias, virus y hongos debido a que la condición laboral está influenciada por el nivel cultural, la falta de seguridad ocupacional, el entorno físico y la limitada atención, son factores que agravan el riesgo. Cada tonelada de desechos sólidos recolectada genera en los botaderos por lo menos un puesto de trabajo para pepenadores, o mano de obra directa. Esto sin incluir toda la red de intermediación y el empleo generado en la pequeña, mediana y gran empresa. No todo el empleo que se genera en el sistema de tratamiento integral de desechos sólidos es empleo formal, es decir, bajo condiciones controladas, sino que, aproximadamente el 50% son del sector informal y entre los denominados pepenadores, la población más vulnerable es la niñez, quienes sufren desde temprana edad las consecuencias de ser sometidos al inadecuado trabajo infantil bajo las peores condiciones de vivencia y susceptibilidad a maltrato y abuso. Los menores de 20 años son el 68%; Los mayores de 20 años y menores de 40 años representan el 20% y el 12% son representados por personas de más de cuarenta años. Respecto al grado escolaridad un 40% no tiene ninguna escolaridad, un 45% no tiene escolaridad mayor de primer ciclo, un 12% en nivel de segundo ciclo, un 1,5% en el nivel de tercer ciclo y el 1,5% restante nivel de bachillerato. [3] El estudio "La basura fuente de trabajo y sobrevivencia para los pobres" realizado por el Departamento de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de El Salvador determinó sobre una muestra de 114 pepenadores que el 5% de ellos vivía directamente en el botadero controlado, un 65% alrededor de el mismo, 15% provienen del departamento de San Salvador y 15% de otros departamentos. Esta misma investigación detectó que el 95% de los pepenadores trabajan por cuenta propia y solo el 5% son asalariados. Otro sondeo determinó la existencia de "champas-viviendas deplorables" pertenecientes a las personas o familias que viven directamente de la labor que realizan en el botadero. Tanto las condiciones de trabajo, el tipo de vivienda como la contaminación del suelo, agua y aire, exigen la ejecución de proyectos para mejorar las condiciones de vida de los pepenadores. [1]

1.2 INICIATIVAS EN ACTIVIDADES DE RECICLAJE

En El Salvador se realizan actividades de recuperación, segregado y reciclaje de desechos sólidos por iniciativa privada, a través de empresas formales. Éstas tienen carácter legal de sociedades anónimas de capital variable. A partir de 1970 en el país nacen varias microempresas, la mayoría de carácter informal, como una alternativa de grupos dedicados a la recuperación y separación de desechos sólidos. Estas empresas informales carecen de constitución legal en su mayoría, e incluyen recogedores ambulantes, compradores domiciliarios, recolectores de los servicios de aseo municipal y privados, pepenadores e intermediarios, generando empleo a través de microempresas que desarrollan recolección y transporte, recuperación, segregación y compostaje de desechos sólidos.

All people under 20 years are 68%, People older than 20 years and less than 40 years represent 20% and 12% people who are over forty. Regarding school degree 40 % have no schooling, 45% don't have more than first cycle, 12% in up to secondary level , 1.5% don't have more than third cycle and the remaining 1.5% have high school. [3] The study " Trash, source of work and survival for the poor " by the Social Sciences and Humanities Department of the University of El Salvador Economics Faculty, determined on a sample of 114 pickers that 5% of them lived directly in the controlled dump, 65% in the surrounding, 15 % come from San Salvador and 15 % from other departments. This same study found that 95 % are self-employed pickers and only 5% are salaried. Another survey determined the existence of "deplorable houses" belonging to persons or families living directly from their work at the dump. Working conditions, type of housing and soil, water and air pollution, require the implementation of projects to improve the living conditions of pickers. [1]

1.2 INICIATIVES IN WASTE RECYCLING

In El Salvador there are private initiatives for recovery and recycling segregated solid waste, through formal enterprises. They have legal character as anonom societies of variable capital corporations. From 1970 some micro enterprises in the country were born, most informal, as an alternative of groups dedicated to the recovery and separation of solid waste. These firms have mostly no legal constitution, and include itinerant pickers, door to door buyers, municipal collectors cleaning services and private pickers and intermediaries, generating employment through micro-enterprises that develop collection and transport, recovery and segregation and composting of solid waste. For 1998, 20 micro enterprises operated at the AMSS, some with municipal and NGO support. Most micro-enterprises emerged on its initiative and in response to unmet demand of the population. Since its inception, the fees paid by the users have become guarantee of its permanence and economic self-sustainability. But these organizational models made micro-enterprises have hidden subsidies because they do not pay the cost of waste disposal and in some cases do not pay the storage facility or transport to the final disposal site. The recollection, transport, recovery and segregated micro-enterprise generally either pay taxes or social security of workers. Therefore it is necessary the micro-enterprise institutional strengthening, through the expansion of services and purchase of equipment, or through cooperative organization. [1] This strengthening must also facilitate management through agreements, granting remote areas to municipal recollection vehicles by formalizing their relationship with municipalities, as has happened in some cases in the AMSS. [4] The micro-enterprise created with support and external funding, has no economic self-sustainability and requires more business development and strategic alliances, is the case of the municipality through a mixed model of solid waste management, to facilitate not only transfer sites spaces and physical work but also the transport service. The 60 % have a positive rate of return after deducting all expenses exceeding the equilibrium point (the amount of waste to be collected / segregate to break even). [5] The same way, in the country there are successful experiences of participation and interest of non-governmental organizations (NGOs) and international organizations to support specific efforts and early awareness and productive approaches to solid waste management, for example:

Para 1998 en el AMSS operaban 20 microempresas, algunas de ellas con apoyo municipal y de ONG. La mayoría de las microempresas surgieron por iniciativa propia y en respuesta a la demanda insatisfecha de servicios de la población. Desde su inicio, las cuotas que pagan los usuarios se han convertido en garantía de su permanencia y autosostenibilidad económica. Sin embargo los modelos organizacionales de estas microempresas hacen que cuenten con subsidios ocultos, ya que no pagan el costo de disposición final de los desechos y en algunos casos no pagan el transporte del centro de acopio al sitio de disposición final. Las microempresas de recolección, transporte, las de recuperación y segregado generalmente tampoco pagan impuestos ni seguridad social de los trabajadores. Por lo tanto es necesario el fortalecimiento institucional de las microempresas, a través de la ampliación de los servicios y compra de equipo, ó a través de la organización en cooperativas. [1] Dicho fortalecimiento debe darse también facilitando su gestión, mediante convenios, concediéndoles zonas de difícil acceso a los vehículos de recolección municipal y haciendo que se formalice su relación con las alcaldías, como ha sucedido en algunos casos en el AMSS. [4]

Las microempresas creadas con apoyo y financiamiento externo, no tienen autosostenibilidad económica y requieren mayor desarrollo empresarial y alianzas estratégicas, es el caso de la municipalidad a través de un modelo mixto de gestión de los desechos sólidos, para facilitar no solo sitios de transferencia, espacios físicos de trabajo sino que también el servicio de transporte y reciclaje. El 60% tiene un índice de rentabilidad positivo después de deducir todos los gastos, supera el punto de equilibrio (cantidad de desechos que deben recolectar/segregar y reciclar para no perder ni ganar). [5] Así mismo en el país existen experiencias exitosas de participación ciudadana y de interés de las organizaciones no gubernamentales ONG y apoyo de organismos internacionales a esfuerzos concretos e inicio de la concientización y enfoques productivos para el manejo de desechos sólidos. Por ejemplo:

- a) Reciclando esperanzas: El proyecto en su etapa inicial consistió en apoyar a niños pepenadores en la recolección de papel, vidrio y latas de aluminio para su comercialización, orientó posteriormente este esfuerzo a la formación de una microempresa.
- b) Reciclando plástico con participación de la comunidad: El MINED y el MARN coordinan la recolección de plástico con la empresa privada y la Alcaldía de San Salvador con la participación de veinte centros educativos del municipio de San Salvador.
- c) Programa de educación ambiental en condominio de interés social: Este programa se inició como una actividad de recolección domiciliar de desechos como respuesta al deficiente servicio municipal. La experiencia se expandió a todo el municipio y ha recibido el apoyo para Pequeñas Iniciativas Locales.
- d) El Proyecto de Manejo Productivo de los desechos sólidos con participación ciudadana. El proyecto incluye temas de promoción, educación, asistencia técnica, capacitación, organización, saneamiento básico, microempresas y disposición final de desechos.

- a) Recycling hopes: In its initial stage the project consisted in giving support to picker children for the recollection of paper, glass and aluminum cans for marketing, then this effort oriented to the formation of a microenterprise.
- b) Plastic Recycling with community involvement: The MARN and MINED coordinate plastic recollection with Industries and San Salvador City hall with the participation of twenty schools in the municipality of San Salvador.
- c) Social Condominium Environmental education program: This program began as an activity of household waste collection in response to poor municipal service. Experience has spread throughout the town and has been supported for small local Initiatives.
- d) Productive Project Management of solid waste with citizen participation. The project includes promotion issues, education, technical assistance, training, organization, basic sanitation, micro-enterprises and waste disposal.

To create new behaviors in the solid waste management formal environmental education is required, not formal and informal. Formal education is what is done in schools; the non-formal education is done through community organizations or NGOs and informal education is done by different media. [1] The solid waste marketing is carried out in the country, both by big business and by the community and microenterprise sectors. Pickers are part of the informal network for waste marketing.

For 20 years large companies make industrial recycling of paper, aluminum cans, steel and plastic export, the latter in the last 10 years has seen an increase in production, due to increased consumption of plastics. There have been major efforts but they haven't persisted over time, commented Barahona[9] in the interview, about the initiative promoted by MARN and MINSAL in 2004 called National Recovery and Recycling of Plastics whose main objective was to promote the business sector, changing attitudes that induce the development of actions aimed at proper management of plastic waste, among them, that water bottling companies, juices, soft drinks and plastic bags, report their recovery rates as part of their social responsibility programs when renewing its permit and registration. Also school staffs were trained, armed force participated in awareness days to change behavior patterns and coordination between public-private institutions to implement new rules and ensure the quantification of plastics according to their type. Although the program was established in 2002, in 2004 had a spike in data collection and recovery of post-consumer plastics disappearing in 2009. No doubt there was a multiplier effect on the learning and implementation of recycling and recovery activities, but eight years have passed and now those initiatives are only part of a database. By May 2010, within the national program for the comprehensive management of solid waste, was invested in the plan for the improvement of solid waste in El Salvador, more than 28 million dollars were distributed as follows: 28% in composting plants, 46 % to landfills, 21% in extension of existing landfills, and 5% in educational programs. Investment in the plan consisted of the designs and environmental assessments of projects that are undertaken largely by MARN, through funds from the Critical Area Decontamination Program (DAC), loans, Partnerships with municipalities and foreign partnerships.

Para crear nuevos comportamientos en el manejo de los desechos sólidos se requiere hacer uso de la educación ambiental formal, no formal e informal. La educación formal es la que se realiza en los centros educativos; la no formal por medio de organizaciones comunitarias o no gubernamentales y la informal por los distintos medios de comunicación. [1] Por otra parte la comercialización de desechos sólidos se lleva a cabo en el país, tanto por la gran empresa como por los sectores comunales y por microempresas. Los pepenadores forman parte de la red informal para la comercialización de los desechos. Desde hace 20 años la gran empresa realiza reciclaje industrial de papel, exportación de latas de aluminio, acero y plástico, éste último en los últimos 10 años ha tenido un incremento en su producción, debido al incremento en el consumo de plásticos. Han habido esfuerzos muy importantes pero no han persistido en el tiempo, según ha comentado Ing. Barahona [9], acerca de la iniciativa promovida por MARN y MINSAL en el año 2004 denominada Programa Nacional de Recuperación y Reciclaje de Plástico, cuyo principal objetivo era, promover en el sector empresarial el cambio de actitudes que induzcan el desarrollo de acciones orientadas al manejo adecuado de los desechos plásticos.

Entre éstas el que las empresas envasadoras de agua, jugos y refrescos en envases y bolsas plásticas, reportaran sus porcentajes de recuperación como parte de sus programas de responsabilidad social al momento de la renovación del permiso y registro. Así mismo se capacitó a personal de centros escolares, fuerza armada en jornadas de sensibilización para cambiar los patrones de conducta, así como la coordinación entre instituciones público privadas para implementar nuevas normas y garantizar la cuantificación de plásticos, según su tipología. Aunque el programa se estableció en 2002, en 2004 tuvo un repunte en los datos de recolección y recuperación de plásticos pos consumo. Desapareciendo en 2009. Sin duda hubo efecto multiplicador en los aprendizajes y la puesta en práctica de las actividades del reciclaje y recuperación, pero han pasado ocho años de esas iniciativas y ahora solo forman parte de una base de datos. Para mayo de 2010, dentro del programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos, se invirtió en el plan para el mejoramiento de los desechos sólidos en El Salvador, más de 28 millones de dólares distribuidos así: 28% en plantas de compostaje, 46% en rellenos sanitarios, 21% en ampliación de rellenos existentes, 5% en programas educativos. La inversión en del plan, consistió en los diseños y evaluaciones ambientales de los proyectos que son asumidos en su mayor parte por el MARN, a través de fondos del Programa de Descontaminación de Áreas Críticas (DAC), fondos de préstamos, socios con municipalidades y cooperaciones extranjeras. Sin embargo la apuesta por la inversión en reciclaje sigue siendo deficiente y a pesar que se ha destinado importante cantidad de fondos a fortalecer los rellenos sanitarios, los plásticos disminuyen su eficiencia, por lo tanto, la inversión aunque no despreciable, no es suficiente para que las soluciones sean integrales. Ya que el reciclaje compite con el relleno y de una forma desleal debido al movimiento clandestino y aislado del mercado del reciclaje y a la falta un marco legal más sólido y alianzas estratégicas que incrementen la colaboración de la industria, el comercio y la población en general. [5-6]

However, the commitment to invest in recycling remains poor and although it has allocated considerable funds to strengthen landfills, plastics decrease its efficiency, therefore, investment though not negligible, it is not enough for comprehensive solutions, since recycling competes with the filler practice in an unfair way due to underground and isolated recycling market and because of the lack of a stronger legal framework and strategic alliances that increase the collaboration of industry and trade, as well as the general population. [5-6]

1.3 RECYCLING MARKET IN EL SALVADOR

The Plastic Bottle Institute of the Society of the Plastics Industry of America, Inc. (SPI), has developed a voluntary coding system that identifies bottles and other containers by type of material they are made , helping the recyclers to choose plastic containers by resin composition. The coding system was created to provide a uniform system that will meet the needs. [5] According to the Central American Tariff System for 2005, 123,253.00 ton/year of plastics in the domestic market were available, of which an estimated or 106,485.10 ton/year were disposed within the common solid waste, this represents the 83 % and 15% of the overall volume of waste disposal, with a 5% growth annually, eight years after, for 2013, the values are increased for plastics disposal by 20% and maintained the percentage of volume disposal, even decreased to 10%, since the recycling market has increased its demand.

Also the plastic on the market has great potential for recycling, so that a small part of the local industry has managed to restructure their technology and incorporate their products, this type of input (as long as their products permit such is the case of new cleaning products), use post-consumer or post industry plastic waste as an input in the production process. Through MARN is performed the National Plastics Recovery Program, which present for the 2003-2005 period a cumulative of 938.4 ton, Being for 2005 a total of 755.6 ton, accounting 0.6% of the total plastics available on the market.

The export volumes presented represent 3.82 % of the waste and plastic waste generated, and are referred to the local recovery (percentage not available) that could not be placed on the market either by the competitive prices offered by the international market or because of the lack of technologies for processing it. At this time the export is dominated by PET.

In the case of imports, (seems contradictory), these correspond to the amount of plastic waste and scrap which had to be imported because the local recovery market is not able to feed the demand for recyclable inputs. This situation is mainly due to the quality of materials (cleaning) and the volumes offered by the market. [5-7-8] Within the recycling market 18 potential types of recyclable materials were identified: Vegetable Oil, Oils and Lubricants, Automotive Batteries, Cardboard, Ink and Toner Cartridges, Wheels, Organic Matter, Ferrous Materials (Iron, Scrap), Non-Ferrous (Copper, Aluminum and Bronze), Paper, Polycarbonate (PC), Polyvinyl (PVC), High Density polyethylene (HDPE/HDPE), low Density polyethylene (LDPE/LDPE), polyethylene terephthalate (PET), Polypropylene (PP), Textiles and Glass. Of these materials, there are now four very well positioned in El Salvador: non-ferrous metals, paper, cardboard and PET. [5] The Salvadoran Association of Plastics Industry consisting of 53 Salvadoran producing, processing, recycling and trading of plastic products and related equipment plastic companies in El Salvador [10].

1.3 MERCADO DE RECICLAJE EN EL SALVADOR

El Instituto para Botellas de Plástico de la Sociedad de la Industria de los Plásticos de América, Inc. (SPI), ha desarrollado un sistema de codificación voluntario que identifica a las botellas y otros envases según el tipo de material con que están fabricados, ayudando así a los recicladores a seleccionar los envases de plástico según su composición de resina. El sistema de codificación fue creado para proporcionar un sistema uniforme que dé respuesta a las necesidades.[5] Según el Sistema Arancelario Centroamericano para el 2005 se dispone de 123,253.00 ton/año de plástico en el mercado nacional, de las cuales se estima que 106,485.10 ton/año se descartan en los desechos sólidos comunes, esto representa el 83% y el 15% del volumen general de disposición de desechos con un crecimiento del 5% anual; ocho años después, para el 2013, los valores se han incrementado en disposición final de plásticos en un 20% y se mantiene el porcentaje de volumen en la disposición final, incluso disminuida al 10%, ya que el mercado de reciclaje ha incrementado su demanda.

Así mismo el plástico disponible en el mercado, tiene gran potencial para el reciclaje, de tal manera que una pequeña parte de la industria local ha logrado reconvertir su tecnología e incorporar a sus productos, este tipo de insumos (siempre y cuando sus productos lo permitan tal es el caso de nuevos productos de limpieza), utilizan parte de los desperdicios de plástico post industria o post consumo como insumo en el proceso productivo.

A través del MARN, se realiza el Programa Nacional de Recuperación de Plásticos, el cual presenta en el período 2003-2005 un acumulado de 938.4 ton; siendo para el año 2005 un total de 755.6 ton, que representan el 0.6% del total de plásticos disponibles en el mercado nacional.

Los volúmenes presentados en la exportación que representa el 3.82% de los desperdicios y desechos plásticos generados, están referidos a la recuperación local (porcentaje no disponible) que no ha podido ser colocada en el mercado nacional ya sea por los precios competitivos que ofrece el mercado internacional o por la falta de tecnologías para su procesamiento. En este momento la exportación es dominada por el PET.

En el caso de las importaciones, (pareciera contradictorio), éstas corresponden a la cantidad de desperdicios y desechos de plástico que han debido ser importados ya que el mercado de recuperación local no es capaz de alimentar la demanda de insumos reciclables. Esta situación obedece principalmente a la calidad de los materiales (limpieza) y a los volúmenes ofrecidos por el mercado. [5-7-8] Dentro del mercado del reciclaje se identifican 18 tipos de materiales con potencial reciclable:

Aceite Vegetal, Aceites y Lubricantes, Baterías Automotrices, Cartón, Cartuchos De Tinta Y Tóner, Llantas, Materia Orgánica, Materiales Ferrosos (Hierro, Chatarra), Materiales No Ferrosos (Cobre, Aluminio Y Bronce), Papel, Policarbonato (PC), Policloruro De Vinilo (PVC), Polietileno de Alta Densidad (HDPE/PEAD), Polietileno De Baja Densidad (LDPE/PEBD), Polietileno Tereftalato (PET), Polipropileno (PP), Textiles y Vidrio. De estos materiales, existen actualmente 4 muy bien posicionados en El Salvador: metales no ferrosos, papel, cartón y PET. [5]

According to [11], the domestic market in El Salvador uses the following types of plastic resins: PET, LDPE, HDPE, PP, PVC, PS. Most plastic products are imported by multinational companies, which are then sold to dealers who distribute them nationally. ASIPLASTIC argues that in 2009 the production of plastic in El Salvador grew by 10%. Containers and plastic bags are the subsectors that positive contributes to the production growth. An annual 5% growth was projected.

In Tab.1 a comparison of the different types of plastics that are sold in El Salvador is made, averaging data from the years 2003, 2004 and 2005. Showing that the polyethylene terephthalate (PET), has a greater commercialization compared with other types of plastics with a 69.65%. According to [4] the Second National Solid Waste Census shows that the urban areas of each municipality are the largest generators of solid waste. The place that most solid waste generates in the country is the Para-central area, because San Salvador is inscribed within it, being the most urban department nationwide.

According to data provided by the Solid Waste Policy in El Salvador conducted in 2000, waste disposal for populations greater than 200 000 inhabitants (larger displays by analysis), is split as follows: 48% organic matter, 20% paper and cardboard, 18% plastics, 7%, textiles, 3% metals and 4% glass, plastic ranks third among materials disposed nationally, so it can be considered as a product with high consumer demand.

70% of solid waste disposal in El Salvador is in charge of the Solid Waste Integral Management enterprise the company, who is a private company that operates the largest landfill in the country located in the Municipality of Nejapa in the Department of San Salvador. According to the company is founded in 1999 and designed to run for 30 years, with 90% of private investors and the remaining 10% from the Metropolitan Area of San Salvador Council of Mayors consisting of 14 municipalities. To date the company has treated up to 4 million tons of solid waste, approximately 1,700 tons per day at a minimum price of \$23.00 USD per ton, or \$39,100.00 USD per day, representing an annual income of approximately \$14,271,500.00 USD

Among the sectors the company serves are: Municipalities, industries, government institutions and hospitals. The types of waste disposal are divided into four categories: common Disposal (households and markets), hazardous waste (tires, gravel, factories, and expired food), and chemical waste (industrial and drugs) and infectious bio waste (hospitals, clinics and laboratories).

According to the company plastics represent 10 % of total daily volume from the company, meaning 170 tons per day, with an estimated market value of \$3,910.00 USD per day. This type of bio degradable material remains to the landfill disposal capacity, which after 13 years of operation constitutes 1.3 years less useful life, estimating an economic loss of \$18,600,000.00 USD The volume of solid waste disposal represents opportunities in other markets nationwide. For example, in 2006, the company and the Energy Corporation partnered to present a project aimed at generating electricity. The company's commitment was to ensure a flow of organic waste disposal, which provides methane gas as raw material, which is then exploited, turned it into electricity and distributed by the Energy Corporation. Currently, the production capacity of electricity is 4.5 mega Watt per day, providing service to 20,000 homes in the municipality of Nejapa

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 [10]. Según [11], 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 contribuyen a este crecimiento positivo de la producción. Proyectaron un crecimiento del 5% anual.

En la Tab. 1 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. Arrojando 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%.

Según [4], el Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos muestra que las áreas urbanas de cada municipio son las mayores generadoras de desechos sólidos.

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 and 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, empresa privada que opera el relleno sanitario más grande del país ubicado en el Municipio de Nejapa en el Departamento de San Salvador. Según la empresa es fundada 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, conformado por 14 alcaldías.

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

Tab. 1 Materiales con potencial de reciclaje. Fuente: Según [5]

In the area of electricity generation, the company see the importance of entering only bio-degradable organic waste to the landfill, however 10% of the total volume disposed in the landfill is occupied by plastic that represents a decline in the electricity generation since plastic is not biodegradable and occupies empty space in the compaction process for forming daily cell of the landfill. Considering the landfill's remaining 17 years of operating life, the company and the increasing require of plastics consumption, estimate losses of up to \$25 million USD in that period of time, and loss of efficiency in the electric power system .

In El Salvador there are materials with a high recyclable potential and those are the ones that have been recovered and whose properties and characteristics can become resource through reprocessing before being incorporated as a raw material in the manufacture of products, among these may be noted the PET plastic.

The demand for materials in the international market boosted the growth of 28.34 % between the years 2003-2005; this suggests that recycling takes more and more importance in technology and production. The domestic market has high potential related to its commercial value and its contribution to the global recycling industry. [11]



Fig. 2 Camión recolector de desechos sólidos plásticos Fuente: Visita de campo

La empresa 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 USD por tonelada, es decir \$39,100.00 USD por día, lo que representa un ingreso anual aproximado de \$14,271,500.00 USD Entre los sectores a los que la empresa presta servicio se encuentran: Municipalidades, industrias, instituciones de gobierno y hospitales.

Los tipos de desechos que la empresa recibe 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 la empresa los materiales plásticos representan el 10% del volumen total diario para la empresa, es decir 170 toneladas por día, estimando un valor comercial de \$3,910.00 USD 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 \$18,600,000.00 USD. El volumen de disposición de desechos sólidos representa oportunidades en otros mercados a nivel nacional. Por ejemplo, en el año de 2006, la empresa y la corporación energética se asocian para dar origen a un proyecto que apunta a la generación de energía eléctrica. El compromiso de la empresa 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 distribuida por la corporación energética. 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, la empresa 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, la empresa así como la creciente demanda de consumo de plásticos, estiman pérdidas de hasta \$25 millones USD en dicho periodo de tiempo, y pérdida de eficiencia en el sistema de energía eléctrica.

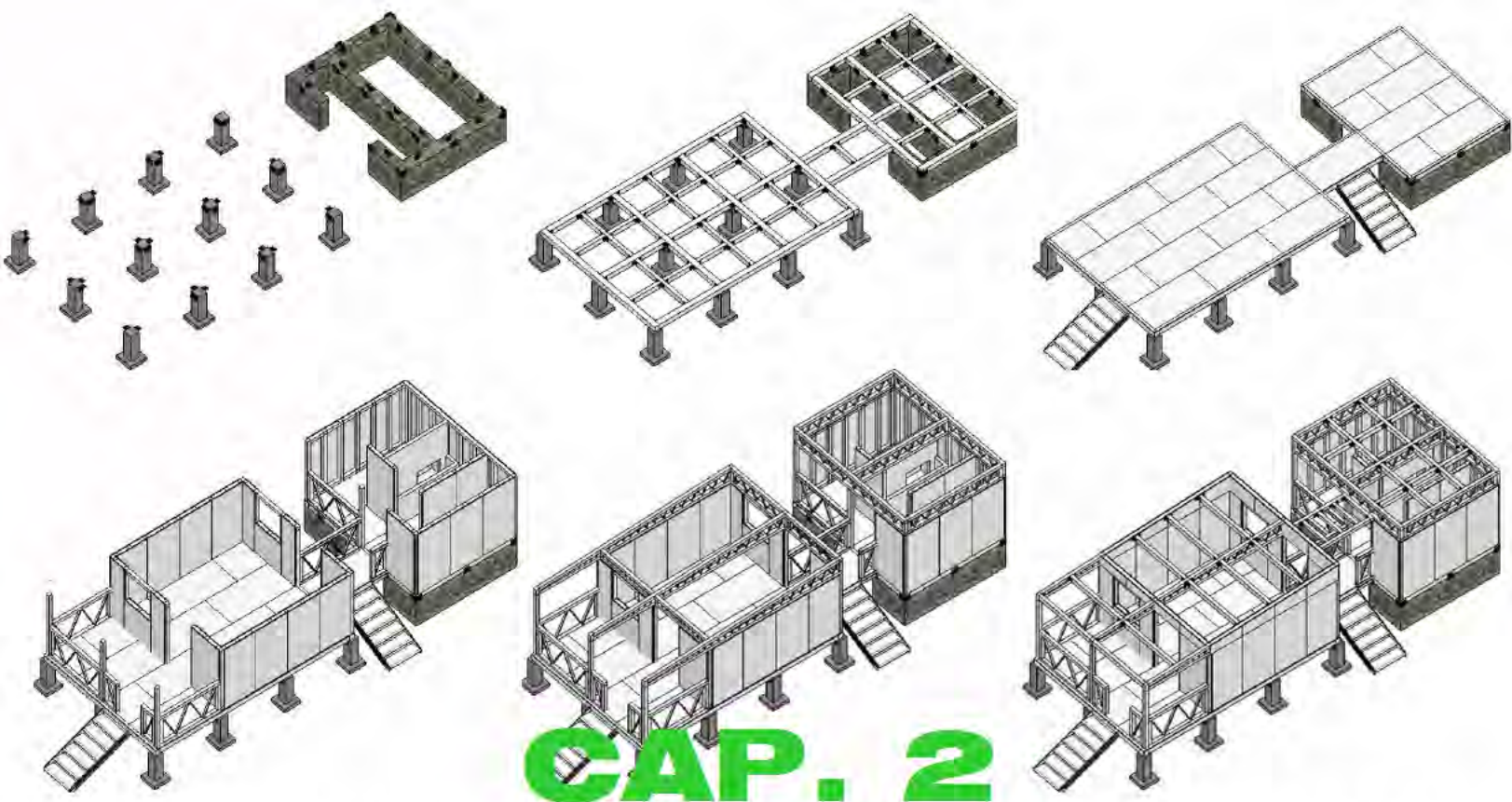
En El Salvador existen materiales con un alto potencial reciclable y estos son aquellos que han sido recuperados y que por sus propiedades y características pueden convertirse en recurso a través del reprocesamiento para luego ser incorporados como materia prima en la fabricación de productos, entre éstos puede destacarse el plástico PET. 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. [5]

Fig. 3 Generación de energía con desechos orgánicos. Fuente: Visita de campo

FUENTES CONSULTADAS

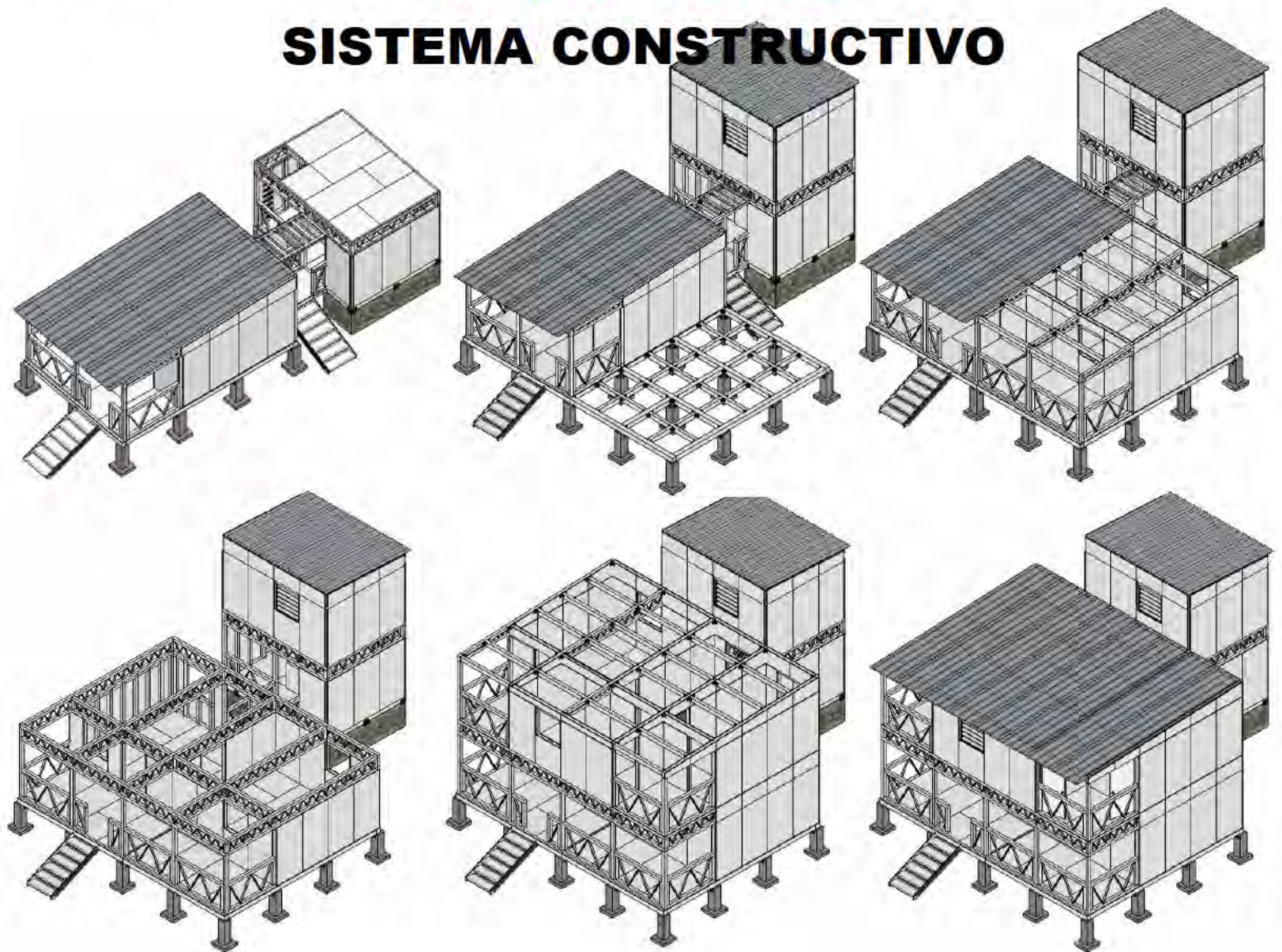
- [1] Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en El Salvador Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud División de Salud y Ambiente, 1998
- [2] Entrevista con Consultor Ing. Guillermo Umaña, (Consultor OPS/OMS Área Técnica y de Gestión)
- [3] Zelaya Leyla, Primer Censo Nacional de Manejo de Desechos Sólidos Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ATN 6762-ES, Diciembre de 2001
- [4] "Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales" Informe Consolidado. El Salvador MARN-BID 1209-OC-ES No. 017/2006 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales Programa de Descontaminación de Áreas Críticas/MARN/DAC
- [5] Meléndez Avalos Carlos Eduardo, Estudio sobre el Mercado Potencial del Reciclaje en El Salvador, San Salvador, Enero del 2006
- [6] Diario Oficial Tomo No 353, Política de Desechos Sólidos
- [7] Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos "Plan para el Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos en El Salvador" Gobierno de El Salvador, mayo 2010
- [8] Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe, Informe Analítico por país El Salvador, Organización Panamericana de la Salud, septiembre 2010
- [9] Entrevista con Directora de Centro Documentación CIDOC-MARN
- [10] <http://goo.gl/gnxf9>, abril 2012
- [11] Cámara de Comercio de El Salvador, 2010
- [12] Empresa privada de Manejo Integral de Desechos Sólidos 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





CAP. 2

SISTEMA CONSTRUCTIVO



2.1 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 miles de 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 e Ingeniería Industrial a través de ejercicios de cátedra, talleres de construcción experimentando con el uso de botellas plásticas de PET recicladas y del desarrollo de trabajo de graduación. Éste inicia con el diagnóstico que sienta las bases y el entorno bajo el cual el proyecto recaba información (capítulo 1). En este sentido, la investigación arroja los siguientes resultados:

- Datos sobre la clasificación, tipología y estructura de los plásticos y tonelada de producción.
- 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).
- 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.

2.1 INTRODUCTION

Currently of all types of urban centers that are part of the cities in El Salvador, approximately 40% of the total are informal settlements [1]. This means that 40% of the population is vulnerable to any physical threat, living in conditions of risk. This risk increases with the occurrence of natural phenomena (earthquakes, landslides and excessive rain) triggering social violence and loss of identity due to the vulnerability in the way of living. One of the most common features in the homes and environments of these settlements is that families build their homes with waste and garbage, or failing to reuse building materials waste, considering that in most cases are families up to 8 members who survive on less than two minimum wages. [2] Being reduced aspirations of adequate housing, the fact of building with the few resources that are available and many of these resources, found only in the waste.

In contrast, in El Salvador are collected hundred tons of garbage and there is no system for recycling and waste sorting nationally to ensure the reuse of raw materials such as plastic, beyond recycling market is boosted by supply and demand without any policy to prevent pollution and environmental degradation to ensure that those materials which have the potential to be reused are not buried decreasing installed capacity disposal process [3]. Since 2011, was developed a research project by 2012 considering the participation of students in the group to study Architecture and Industrial Engineering through academic exercises, building workshops experimenting with the use of plastic bottles recycled PET and the development of graduate work. This begins with the diagnosis that the basis and the environment under which the project collected information (chapter 1). In this sense, research shows the following results:

- Data classification, typology and structure of plastics and ton of production.
- Data available in tons of plastic and solid waste nationwide.
- Data processing plastics processing use pre and post use.
- Hypothesis and proposed plastic transformation process towards use (recycling).
- Hypothesis and proposed construction system, based on a comparative analysis of similar construction systems most used by Census 2007, for roofs, walls and floors.
- Development and proposed construction details construction process may be extended and adapted to floodplains and earthquake zones.



Fig. 1 Construcción de módulo de pared con botellas recicladas de PET en malla de gallinero revestido con mezcla de cemento, arena y agua. Fuente: Experimento de L. Rodríguez

2.2 PRIMERA FASE DE INVESTIGACIÓN

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. 2

Según [1], el 1.2% 20,767 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 éste compromete su salud, su desarrollo y su seguridad física ante desastres naturales como sismos, inundaciones etc.

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.

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.

Tab. 1 y 2, Fig. 3

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.

2.2 FIRST PHASE RESEARCH

Use of recycled PET for construction systems

The Census conducted by the DIGESTYC in 2007 casts a sample of 1,668,511 households and a population of 5,744,113 inhabitants, areas of residence and housing types in El Salvador, are divided into ten categories: 90.73 % independent house, 6% apartment, 1% rooms, 2% inn room, 0.004% ranch or hut, 0.158% makeshift home, 0.033% local, not intended for human habitation, 0.051 % other (mobile home or tent), 0.017% collective housing and homeless person. Fig. 2 According to [1], 1.2% 20,767 housing units and 1% 14,391 housing units of the total (1,668,227 homes) have walls and roof systems considered deficient because, are composed of materials such as, organic material or wastes, which does not guarantee the quality of housing to the user because it compromises their health, their development and security against natural disasters such as earthquakes, floods etc.

The housing typology based on their constructive conformation related to deficit materials are: ranch or hut 0.07% nationwide, 0.0040% in San Salvador and the Improvised House 1% nationwide, 0.158% in San Salvador.

Therefore, the sample of 35,158 housing units, representing 2.1% of 1,668,227 units and being considered by the Vice Ministry of Housing and Urban Development VMVDU as deficit, qualitatively represent the potential market for the introduction of recycled PET derivative constructive system noting that the positioning of the system has been gradually considered where after its introduction, it forays in a second stage, in those types of housing systems formed constructively with earth, such as adobe houses: Adobe 210,708 housing units and bahareque 55,406 housing units. In a third stage is considered the incursion of the system in housing typologies with predominant and consolidated building systems: 977,950 concrete housing units, wood 19,442 housing units and metal sheets 88,624 housing units.

Hypothesis about optimal characteristics for the manufacture of roofing and covering building system derived from recycled plastic PET

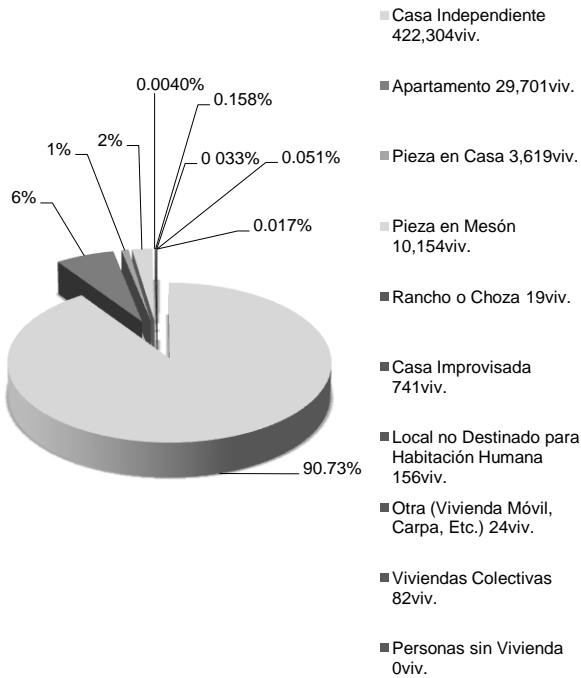
To learn about the prime performance of technologies for roofing and covering in the Salvadoran construction, a comparatively analyzes is made of the most widely used materials considered in the housing census conducted by the Department of Statistics and Census. Tab. 1-2, Fig. 3

Their characteristics and properties were studied in order to establish potential points that constitute the technological framework of reference for the construction system derived from recycled PET plastic.

Therefore, the analysis includes technical data collection of building systems marketed in El Salvador, as input for the formulation of the hypothetical recycled plastic construction system, identifying their physical, mechanical, thermal and sizing characteristics as well as its performance; a comparative analysis is developed between the existing building systems (metal sheet, fiber sheet, cement, micro concrete tile, clay tile, existing recycled plastic sheet) and recycled PET plastic sheet designed as a hypothesis, taking into account technical and suitable descriptive specifications.

Tab. 3

Porcentajes de tipología de vivienda en San Salvador



MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA ENVOLVENTES (PAREDES) EN EL SALVADOR (1, 668, 227 viviendas)		
sistema de pared	cantidad de viviendas	Porcentaje
Concreto	1, 204,398	72%
Adobe	255,388	15%
Lamina metálica	99,392	6%
Bahareque	65,000	4%
Madera	23,266	2%
Otros	20,767	1%

Tab.1 Materiales constructivos para envoltentes (paredes) en El Salvador. Fuente: Según [1]

MATERIALES CONSTRUCTIVOS PARA CUBIERTAS (TECHOS) EN EL SALVADOR (1, 668,227 viviendas)		
tipo de techo	cantidad de viviendas	Porcentaje
Laso de concreto	105, 547	6%
Lamina de fibrocemento	149, 968	9%
Lamina de asbesto	434, 236	26%
Teja	478, 550	29%
Lamina metálica	485, 819	29%
Otros	14, 391	1%

Tab. 2 Materiales constructivos para cubiertas (techos) en El Salvador. Fuente: Según [1]

Fig. 2 Porcentajes de tipología de vivienda en San Salvador. Fuente: Según [1]

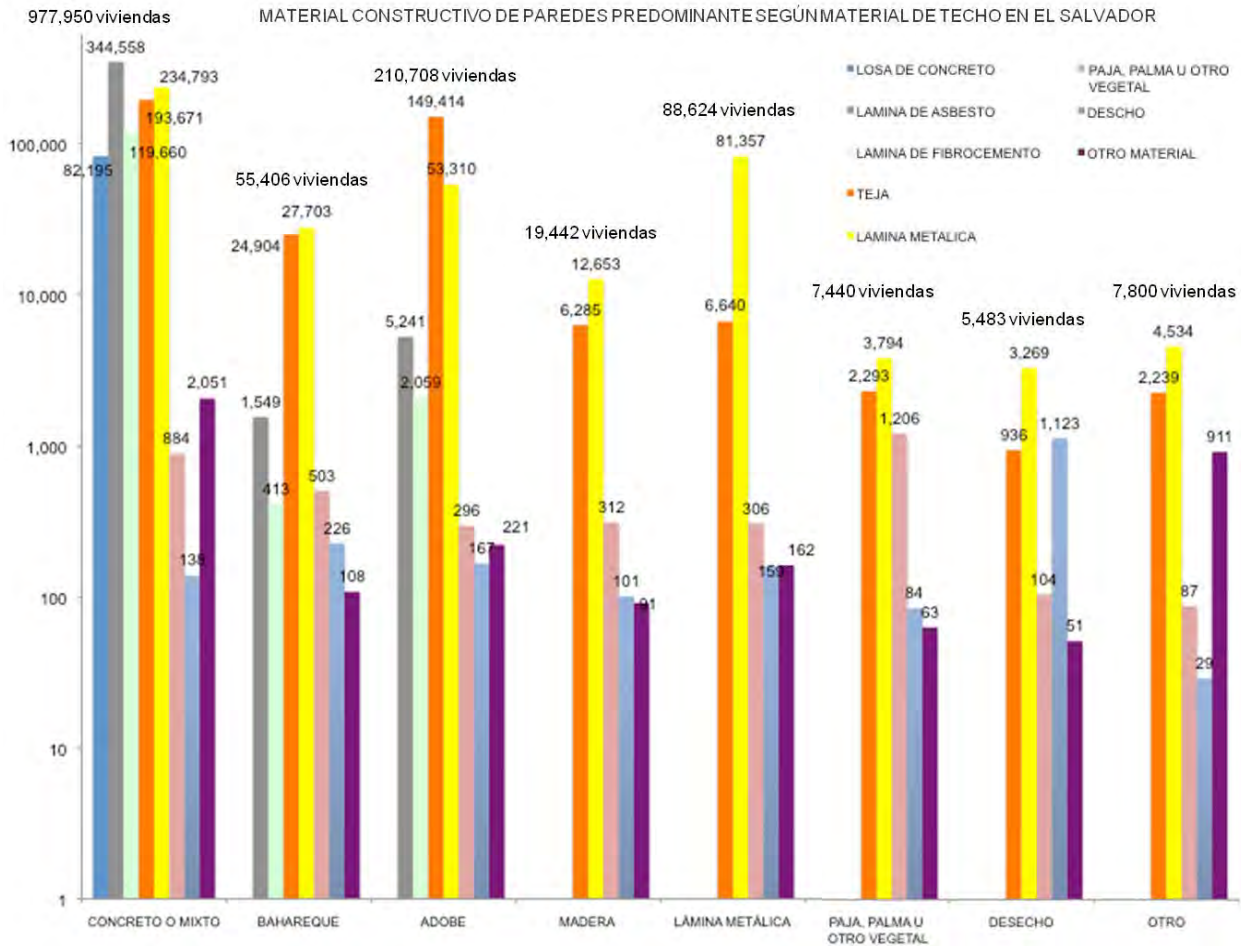


Fig. 3 Combinación de paredes con varios tipos de cubierta Fuente: A. Osorio, M. Quijano, C. Bonilla con datos de DYGESTIC, Octubre 2012

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. Tab.3

A partir del análisis comparativo 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. Mostrados a continuación:

- Para cubiertas: Plastilámina LR
- Para envolventes: Plastipanel LR

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. Fig. 4 y 5

From the comparative analysis as showed for the most used systems in El Salvador according to the census data, (hypothetical data is presented as a starting point) for the development of new technologies, developed on three building systems. Shows as follow:


- For roofs: Plastilámina LR
- To Surround: Plastipanel LR

To display the results of the analysis for potential points of each of the systems designed, sheets were produced to describe each of its elements, showing their optimal physical, mechanical and thermal characteristics to develop an architectural proposal that meets the criteria efficiency and design. Fig. 4-5

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGÍAS PARA CUBIERTAS DE TECHO															
Mercadeo	Características térmicas del material					Geométrica-Resistencia			Características físicas		Características de trabajabilidad y aplicación				
Nombre Comercial	Material	Conductividad Térmica (W/m.K)	Densidad (gr/cm ³)	Absorción (%)	Peso de unidad (kg/m ²)	Peralte de unidad (mm)	Calibrador (mm)	Resistencia a la tensión (Mpa)	Durabilidad en años mínima	Colores	Pendiente%	Unidades por (m ²)	Ancho útil (mm)	Largo útil (mm)	separación entre apoyos mínima (mm)
LÁMINA METÁLICA TROQUELADA	Acero grado 37 Aluzinc: Aluminio 55% Zinc 43 5% <small>Cu: 1.5%</small>	Aluminio= 209.3 Acero= 58 Zinc= 140	2	0	2.1	35	0.35	260	10	Gris azul verde rojo traslúcida	5	1	1000	1000	1000
LÁMINA DE FIBROCEMENTO	Fibrocemento	0.18	1.8	40	6	50	6	13	10	gris rojo	15	1	950	1800	700
TEJA DE ARCILLA	Arcilla	0.23	1.25	37	35	50	10	6		rojo	30	12.5	200	400	400
TEJA DE MICROCONCRETO	Cemento arena agua	1.3	1	25	25	50	10	6	10	gris rojo amarillo	25	12.5	200	400	400
TEJA DE PLASTICO RECIKLADO	Polietileno y carbonato de calcio reciclado	0.43	1.4	1	6	40	4	7	50	Arcilla terracota tabaco traslúcida	25	2	1040	500	400
TEJA DE PET RECIKLADO	Plástico reciclado del sistema de botellas PET	0.12	1.27	1.5	8.3	30	4	10	5	Verde azul rojo gris traslucida	25	1	1000	1000	1000

Tab. 3 Combinación de paredes con varios tipos de cubierta
Fuente: A. Osorio, M. Quijano, C. Bonilla con datos de DYGESTIC, Octubre 2012

Sistemas para envolveres y cubiertas



LR Plastilamina
Cubierta

LAMINA ELABORADA DE PLÁSTICO RECICLADO PET

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 uso o proyecto.

* colores disponibles en todas las dimensiones



Especificaciones técnicas

DIMENSIONES (mm)

LARGO TOTAL	6000 a 1000
LARGO ÚTIL	5985 a 985
ANCHO TOTAL	1050
ANCHO ÚTIL	1000
CALIBRE-ESPESOR	4
PERALTE DE UNIDAD	50
INTERVALO DE ONDA	150

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y TÉRMICAS

DENSIDAD (kg/cm ³)	0.000910 (160°C)
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m.K)	Plástico 0.06
CARGAS ADMISIBLES SEGÚN 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
SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE APOYOS	1000 mm

ACCESORIOS

Capote, Botagua

SISTEMA DE FIJACIÓN

Pernos autorroscante a una distancia máxima de 0.5m

DURABILIDAD (valor mínimo, según ambiente)

75 años

Fig. 4 Ficha técnica de Plastilamina LR. Desarrollado por A. Osorio, M. Quijano C. Bonilla con datos de L. Rodríguez

Sistemas para envolveres



LR Plastipanel
envolveres

Panel elaborado de plástico reciclado

PANEL DE PLÁSTICO RECICLADO

- 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



Especificaciones técnicas

DIMENSIONES (mm)

	LAMINA LISA	PIEZAS LONGITUDINALES
LARGO TOTAL	2000	LARGO TOTAL 200
ANCHO TOTAL	1000	ANCHO TOTAL --
LARGO ÚTIL	2000	LARGO ÚTIL 200
ANCHO ÚTIL	1000	SECCION 80X80
CALIBRE-ESPESOR	30	CALIBRE-ESPESOR 20

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y TÉRMICAS

DENSIDAD (kg/cm ³)	0.0009
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m.K)	0.06
CARGAS ADMISIBLES SEGÚN PERALTE Y CALIBRE (Kg/cm ²)	75
PESO (Kg)	1

COLORES

BLANCO, CAFÉ, AZUL Y ROJO

DURABILIDAD (valor mínimo, según ambiente)

75 años

ÁREAS

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

Fig. 5 Ficha técnica de Plastipanel LR. Desarrollado por A. Osorio, M. Quijano C. Bonilla con datos de L. Rodríguez

Prototipo de vivienda para zonas inundables con materiales reciclados plásticos derivados de hipótesis

Según CEPAL [4], 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 presentó 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 ONU [5], en su informe oficial, manifestó 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. 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, se consideran los siguientes criterios generales de diseño para el prototipo:

- 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 y 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. 6, 7, 8 y 9



Floodplains housing prototype made from recycled plastic derived from hypotheses

According to CEPAL [4], the sectors that suffered the greatest impact and damage have been the productive sector with 35%, infrastructure with 31% of the total, the environmental sector is the least impacted by 9% and the social sector present a 25% of the total, from the aforementioned sector, housing has been the highest incidence, because they are located in hazardous areas and are always likely to have a preventive risk evacuation. According to UN [5], in its official report, states that rainfall levels recorded in El Salvador are the largest in the last fifty years. The same report estimated that the population was 569,747 people affected 82 dead, 60,388 people evacuated and 47,191 people in shelters.

Tropical Depression 12-E left a cipher of 8,118 homes damaged and at risk nationwide. Therefore two housing prototypes were designed for flood zones in the country. Design criteria and architectural program were based on the workshop "Housing and shelters, floodplains adapted community centers" given by the Salvadoran Foundation for Development and Housing FUNDASAL and a conceptualization of flooded houses from "Sphere Project: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response" in El Salvador, which considers the following general design criteria:

- To adapt to the needs of families in emergency situations and everyday usage.
- Durable and adaptable building materials according to the type of water to which they are exposed.
- The design must be technically and economically feasible, modular and flexible (applied to their form and function).
- The structural system must respond to the particular needs of the area in which it is located. Taking into account the different affectation by flooding from rivers and by water table increase.
- The housing unit must accommodate to different land topography.
- Housing should be progressive (extension housing criteria).
- Consider areas for animal husbandry. Fig. 6,7,8 y 9



Fig. 6
FASE 1:
Unidad inicial de prototipo de vivienda con sistemas constructivo Plastipanel y Plastilamina LR.
Desarrollado por A. Osorio, M. Quijano C. Bonilla con datos de L. Rodríguez

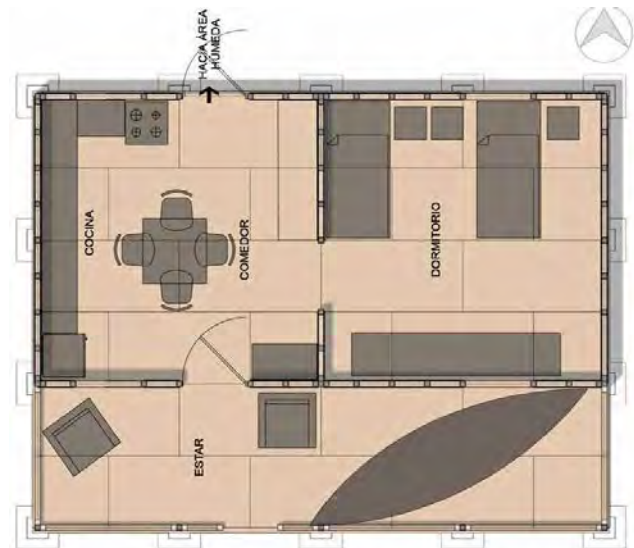


Fig. 7 **FASE 2:** Crecimiento horizontal de prototipo de vivienda con sistemas constructivo Plastipanel y Plástilamina LR. Desarrollado por A. Osorio, M. Quijano C. Bonilla con datos de L. Rodríguez



Fig. 8 **FASE 3:** Crecimiento vertical de prototipo de vivienda con sistemas constructivo Plastipanel y Plástilamina LR. Desarrollado por A. Osorio, M. Quijano C. Bonilla con datos de L. Rodríguez

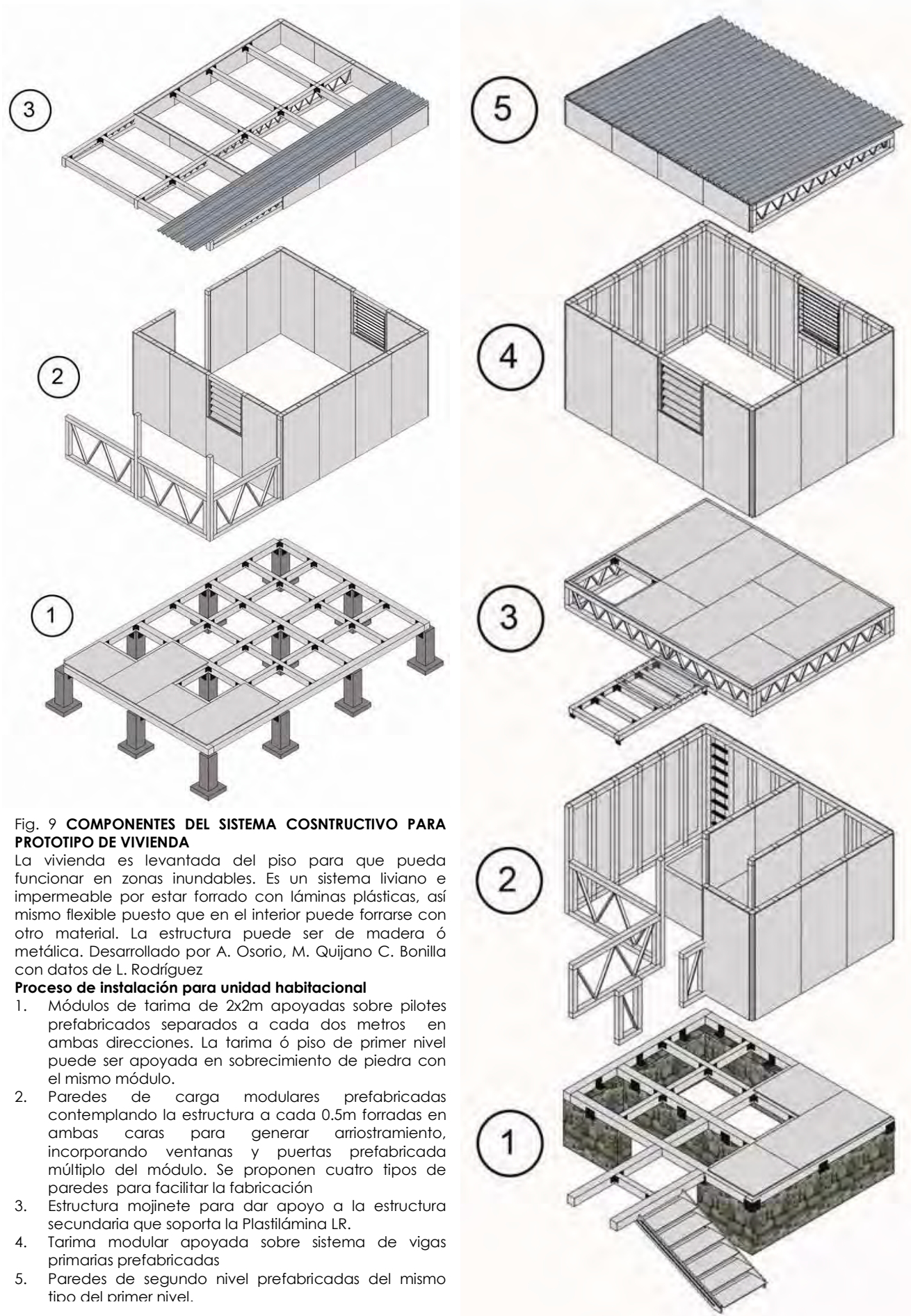


Fig. 9 COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PARA PROTOTIPO DE VIVIENDA

La vivienda es levantada del piso para que pueda funcionar en zonas inundables. Es un sistema liviano e impermeable por estar forrado con láminas plásticas, así mismo flexible puesto que en el interior puede forrarse con otro material. La estructura puede ser de madera ó metálica. Desarrollado por A. Osorio, M. Quijano C. Bonilla con datos de L. Rodríguez

Proceso de instalación para unidad habitacional

1. Módulos de tarima de 2x2m apoyadas sobre pilotes prefabricados separados a cada dos metros en ambas direcciones. La tarima ó piso de primer nivel puede ser apoyada en sobrecimiento de piedra con el mismo módulo.
2. Paredes de carga modulares prefabricadas contemplando la estructura a cada 0.5m forradas en ambas caras para generar arriostramiento, incorporando ventanas y puertas prefabricada múltiplo del módulo. Se proponen cuatro tipos de paredes para facilitar la fabricación
3. Estructura mojinete para dar apoyo a la estructura secundaria que soporta la Plastilámina LR.
4. Tarima modular apoyada sobre sistema de vigas primarias prefabricadas
5. Paredes de segundo nivel prefabricadas del mismo tipo del primer nivel.

Conclusiones de primera fase de Investigación

1. 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 [4]. 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 [7]-[8].
2. 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, autoconstruible, conformada a partir de materiales impermeables, funcionando como vivienda individual o en serie para asentamientos poblacionales en zonas vulnerables a inundaciones.
3. 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.
4. 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.
5. 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 pepenar basura para obtener sus materiales de construcción [9]-[10].
6. 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.

First part conclusions of investigation process

1. The PET plastic has a Salvadoran market availability of 70% equal to 9433.7 tons in a sample period of three years [6]. This is equivalent to 3144.6 tons per year. In addition, PET has properties that allow easy transformation, which means that does not need high-cost machinery and consumes little power to achieve its melting point. It is therefore feasible to consider PET plastic as the ideal material for the creation of new products and materials that function within construction materials based on plastic recycling [7]-[8].
2. Creating constructive systems from recycled plastic materials are the basis for the development of a prototype design of housing units with alternative materials, as an option for reducing the housing deficit in El Salvador, considering criteria such as: Being a progressive unit, modular and flexible, self-constructible, made from waterproof materials, functioning as individual or serial housing units for settlements in areas vulnerable to flooding.
3. The types of housing such as: Ranch, huts and improvised house, are considered for the introduction of building systems developed in research, as this market represents 2.1% of the national parquet, which means 35,158 housing units by the Vice Ministry of Housing and Urban Development.
4. The development methodology applied to the research, has generated new knowledge to address architectural design projects, regularly analyzing variables that are not considered, such as: The generation of theoretical frameworks, comparative quantitative, quality and technical characteristics matrix, establishing technical and architectural solutions that answer the problem of homelessness in El Salvador considering recycling as a tool for obtaining materials.
5. In El Salvador, intermediate systems should be implemented as a solid waste recollection and separation plant, so that makes available separate waste plastics like PET efficiently so they can be used as raw material for the creation of a construction system based on this material, primarily to benefit low-income communities that work as pickers to get their building materials [9]-[10].
6. The results obtained in the investigation, need to be checked by laboratory tests that verify the hypothesis, to validate or deny the design of each building system.



Fig.10 Marcos de madera tratada rellenos de botellas de PET reciclado. Fuente: Taller con alumnos de Arquitectura dirigidos por L. Rodríguez

2.3 SEGUNDA FASE DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de Investigación en una segunda fase a través de fondos de Investigación FI-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 pruebas 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.
 - Resistencia a la tensión: capacidad de los materiales para soportar esfuerzos, obtener una curva esfuerzo vs. Deformación.
- B) Estimación del potencial térmico-energético-económico 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: Eco-Diseño de proceso de fabricación de bajo costo.

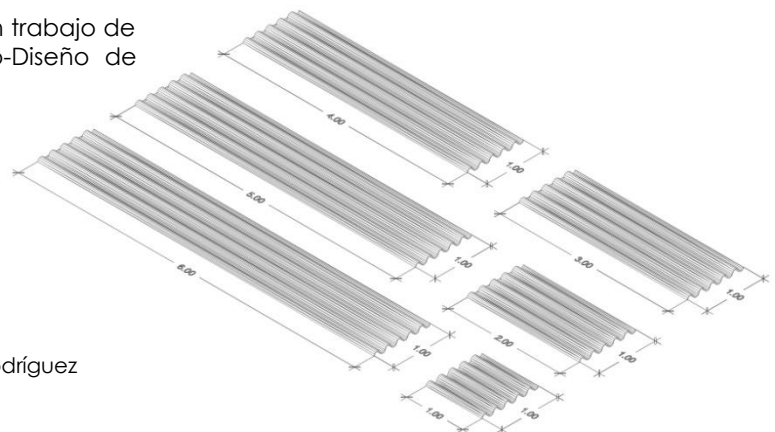
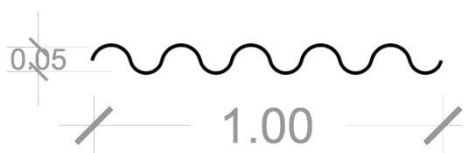


Fig.11 dimensiones de lámina. Fuente: L. Rodríguez

2.3 RESEARCH PROJECT SECOND PHASE

The present research project in its second phase through financing Investigation funds FI from UCA, generated technological knowledge through research in the area of systems and building materials for roofs and covers, from the analysis of the behavior and characteristics of recycled materials, as well as document test results that were performed on specimens and samples to check the capabilities and characteristics of the material, thus generating inputs to improve the integrated construction of the system proposed .

It also will be researched by laboratory testing in order to meet the following objectives:

- A) Check the properties of the new material of construction:
 - Density: relationship between mass and volume
 - Expansion Coefficient: size variation as a function of temperature
 - Thermal conductivity: easiness a material allows the passage of heat
 - Heat capacity and reflectivity.
 - Flammability: Behavior against flames.
 - Tensile strength: ability of materials to support efforts to obtain a curve vs. effort deformation.
- B) Estimation of thermal - energy - economic potential for roofing and its social, environmental and economic benefits. Technical and scientific basis for the formulation of the patent: With the test results and the experimental data a technical document that covers the basis for the formulation of both process patents for new products will be made.
- C) Empower grade students in scientific research linked through the development of graduate work and exercise within each participating investigator field:
 - Approach in subjects at graduation work: Architecture: Design and construction development for sustainable housing construction systems developed with recycled materials.
 - Approach in subjects at graduation work: Chemical Engineering: Process transformation and reuse of plastics and polymers.
 - Approach in subjects at graduation work: Mechanical Engineering: Design of machines and manufacturing new protocol for building materials.
 - Approach in subjects at graduation work: Industrial Engineering: Design inexpensive manufacturing processes.

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

1. Formulación del 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.

FUENTES CONSULTADAS

- [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] Empresa privada de Manejo Integral de Desechos Sólidos 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] 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.
- [5] United Nations Office for the coordination of humanitarian affairs Informe de Situación. Depresión Tropical 12E. Octubre 2011
- [6] Carlos Eduardo Meléndez Avalos, Estudio sobre el mercado potencial del reciclaje en el salvador, San Salvador, Enero del 2006
- [7] Perfil de Mercado del Sector del Plástico en Centroamérica. 2010, Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo.
- [8] Análisis Sectorial de residuos sólidos en El Salvador. Ministerio de Salud. 1998
- [9] MARN Estudio para la evaluación mercadológica de los desechos industriales. 2004
- [10] Fundamental Principles of Polymeric Materials". Stephen L. Rose. John Wiley & Sons, 1993, EEUU, 2ª. Edición, Mayo 2012
- [11] A. Osorio, M. Quijano, C. Bonilla. Trabajo de graduación para optar al grado de Arquitecto UCA. Diseño de prototipo de unidad habitacional con materiales alternativos derivados del reciclaje de plásticos, octubre 2012

Research project into a second phase includes the following methodology

1. Analysis formulation and documentation of research hypothesis: "Plastics can be merged to generate new material for roofing and walls with thermal and mechanical properties sustainably transformed, under existing regulations and theoretical ranges." Based on existing documentation about pre and post use recycled plastic material.
2. Designing the specimen manufacturing protocol for thermal and mechanical tests, which imply an efficient transformation process for plastic transformation under controlled conditions, in agreement with researchers.
3. Build specimens for testing mechanical strength to the material.
4. Construct specimens and samples for testing heat transfer and measuring the thermal conductivity, heat capacity and reflectivity.
5. Test and document thermal heat capacity and reflectivity.
6. Mechanical testing and documentation.
7. Analysis of thermal heat capacity and reflectivity test results.
8. Analysis of mechanical test results
9. Development of transformation and fabrication material processes.
10. Feedback and hypothesis adjustment.

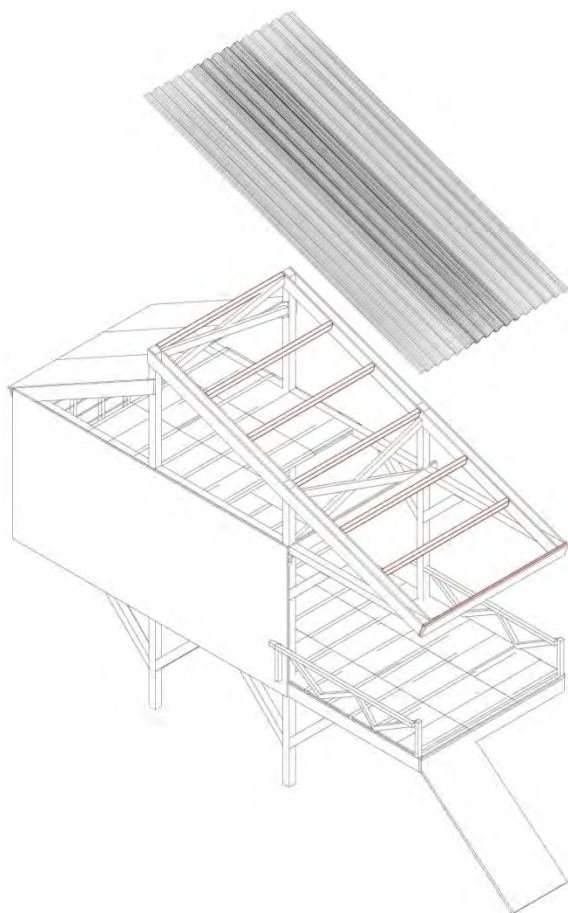


Fig.12 Módulo de casa para zonas inundables. Fuente: L. Rodríguez



CAP. 3
PROCESO EXPERIMENTAL

3.1 ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

Según García [1], 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. Desde 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.

El plástico es una sustancia cuya principal característica es la capacidad de ser moldeada bajo diversas circunstancias y creada a partir de la adición de moléculas basadas en el carbono para producir otras de gran tamaño, conocidas como polímeros. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticos (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoestables (no se ablandan con el calor). Los plásticos se caracterizan por tener excelentes propiedades para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes.

Polímeros

Según [2], 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:

A) 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 [3].

3.1 SCIENTIFIC BACKGROUND

According to [1], in 2012 the plastics industry met 150 years. Its origin and evolution can be divided into three stages: the first 50 years (1860-1910) are research and implementation of the discoveries made, the next twenty years (1910-1930) in the dissemination of information and use of them and the last twenty years (1930-1950) to optimize the use of the aforementioned. The historical moment that marks a turning point in which the use of plastic expands to other markets happens in the Second World War (1939-1945) that determines to the present a day, a large consumer demand, research and development at global industry. In 1975 Nathaniel Wyeth (USA) discovers the PET (Polyethylene terephthalate) and revolutionized the market of bottling and packaging, replacing glass and PVC (Polyvinyl Chloride). PET is characterized by high wear resistance and good chemical resistance. Since the twentieth century to the present, the plastic is considered one of the 50 greatest inventions made by mankind. Its development is currently characterized by the sum of merging companies and enhances the opportunities for the material, thus introducing greater diversity in existing markets, related technology and nanotechnology. Plastic is a substance whose main feature is the ability to be molded under different circumstances and created from the addition of carbon-based molecules to produce others with larger size, known as polymers. The molecules can be natural, for example cellulose, wax and natural rubber; or synthetic, such as polyethylene and nylon. The huge molecules that are composed may be linear, branched or cross-linked, depending on the type of plastic. Linear and branched molecules are thermoplastic (soften with heat), while cross-linked ones are thermostable (not soften with heat). Plastics are characterized by having excellent properties for electrical and thermal insulation and good resistance to acids, alkalis and solvents.

Polymers

According to [2], the polymers are chemical structures constituted by very large molecules (macromolecules) formed from other smaller repeating units which are referred as monomer, through chemical bonds, which occur over long carbon chains. This bonding process is called chemical polymerization which constitutes the plastic, likewise is defined as a synthetic material created through polymerization, comprising macromolecules, whose main component is carbon. Polymers have two classifications:

A) Polymers according to their origin can be:

-Natural polymers: extracted from plant and animal matter. For example, cellulose, natural rubber, lignin and proteins which monomer are amino acids and some natural fibers such as wool and silk, proteins that exist naturally [3].

-Synthetic Polymers: are obtained by altering its natural properties through polymerization. Their monomers generally come from oil or coal: Polyethylene (PE), Bakelite, Polyvinyl Chloride (PVC), among others [3].

B) Polymers according to their molecular structure. Two are mentioned.

-According to their chemical structure: The carbon chain is created by chemical bonds.

-According to their physical structure: polymers can be found in amorphous states, semi-crystalline and crystalline, to indicate the degree of order or disorder of the molecules [4].

-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 [3].

B) 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 [4].

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 Tab. 1 [5]

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.

Tab. 1 Clasificación de propiedades físicas y mecánicas de los polímeros. Fuente: Según [5]

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 [6], 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

Properties and characteristics of polymers.

The properties and characteristics of the polymers generally are affected or modified by polymerization in order to optimize or generate new characteristics and properties for disposal. Tab. 1 [5]

Types and characteristics of plastic

The following classification is determined by the potential to be transformed when subjected to large temperature changes, thus changing its molecular structure, physical and mechanical, as applicable to each classification:

- Thermoplastics.

According to [6], plastics molecules are arranged so that when the material is heated (150°C) intermolecular relationships weaken and become smoother. This makes it possible to be molded easily by various methods.

THERMOPLASTIC + PRESSURE + HEAT = CHANGE FORM

"The molding process is reversible, the material does not decompose and can be used for new construction and is 100 % recyclable "[2].

- Thermosets.

According to [2], do not suffer deformation when heated. That is, once these polymers acquire rigidity cannot be transformed again. Are always presented in liquid or more or less viscous form, by adding a catalyst the polymerization process is performed which produces the hardening of the resin in an irreversible way.

(THERMOSTABLE + CATALYST) + PRESSURE + HEAT = SAME WAY

" They have favorable characteristics with respect to thermoplastics for its impact resistance , permeability to gases , solvents and exposure to high temperatures (above 150 ° C) " [7].

- Elastomers.

" They are often located within the group of thermosets, its source can be natural , i.e. from the polyisoprene latex , rubber trees, besides obtained from petroleum and natural gas , or by synthetic forms " [6] . It has the ability to stretch up to 30 times its size, returning to its original state without undergoing changes.

ELASTOMER + HEAT + STRETCH = SAME WAY

Characterizations of plastics are listed in Tab. 2 [5] Emphasizing that PET is the group of thermoplastics that is easily moldable and recyclable.

Plastic transformation

As polymers are macromolecular structures, natural and synthetic, with properties that react to stimuli of internal and external forces that generate both physical and chemical changes in them, the polymers can be considered as fundamental and inherent plastic products. Certain advantages for its transformation are presented below:

- Manufacturing easiness for the transformation processes, allowing an almost unlimited variety of ways to manufacture parts.
- The transformation process consumes less energy compared to manufacturing of metals and ceramics.
- Product handling is simplified during production, because of the low temperatures in the process.
- In some cases, the produced materials did not require previous finishes because molding, dyes and pigments produce these terminations in the transformation process.

Most important and common transformation processes in the plastic materials production industry are:

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" [2].

- Termoestables.

Según [2], 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

"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)" [7].

- 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" [6].

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 Tab.2 [5]. Enfatizando que el PET es del grupo de los termoplásticos que es fácilmente moldeable y reciclable.

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. A continuación se presentan 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 moldeo, colorantes y pigmentos producen estas terminaciones en el proceso de transformación.

Los procesos de transformación más importantes y comunes en la industria de materiales plásticos son:

- Proceso de transformación por extrusión: Según [8], se producen artículos de sección transversal constante y longitud definida. 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.

G	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.
	Policarbonatos	PC	Dimensionalmente estables baja absorción del agua transparencia gran resistencia al impacto y ductilidad extraordinaria
	Poliétileno	PE HDPE LDPE	Químicamente resistentes y eléctricamente aislantes blandos y bajo coeficiente de fricción baja resistencia mecánica y poca resistencia a la degradación ambiental
	Polipropileno	PP	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	PS	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.
Termoestables	Poliétileno 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
	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.
Elastómeros	Resina Epoxi	EP	Adhesión sobre materiales resistencia química y mecánica aislante eléctrica.
	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.

Tab. 2 Tipos y características de los plásticos

Fuente: Según [7]

- Proceso de transformación por compresión: Según [9], este tipo de moldeo se utiliza casi exclusivamente para moldear materiales termoestables, y ocasionalmente 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 1000psi de presión"
- Proceso de transformación por soplado: Según [9], 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.

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.

Ficha técnica del PET

El (tereftalato de polietileno) PET, es el resultado de la polimerización de 1 mol de tereftalato dimetilico con 2.2 moles de etilenglicol, se utiliza acetato de manganeso como catalizador, que se desactiva con la adición de fosfato antioxidante, el cual mejora la estabilidad térmica. La primera etapa de polimerización y de reacción es de 150-200°C con destilación de metanol. En la segunda etapas se lleva a cabo un vacío parcial (0.3KPa) a 260-290°C se utiliza trióxido de antimonio como catalizador. El grado de cristalización y la dirección de todos los cristallitos rigen las propiedades físicas de la resina. La densidad del PET amorfo es de 1.33g/cm³ en tanto que la densidad de un cristal de PET es de 1.45g/cm³. En ausencia de plastificantes el PET cristaliza lentamente lo que es impedimento para las aplicaciones de moldeo por inyección. En casos adonde la cristalinidad se puede inducir mecánicamente, la resina cambia sus propiedades de tal forma que tiene un punto de fusión bien definido lo que la hace adecuada para aplicaciones en películas biaxiales y lograr suficiente orientación en las moléculas para formar elementos estables térmicamente. A una temperatura de 70°C el material se puede estirar hasta 4 veces su dimensión original, siendo éste en su estado virgen. Si se calienta nuevamente a más de 100°C se vuelve cristalina solo en un 20% y se vuelve isotrópica a la tensión. Posterior se trata a 220°C para reacomodar sus partículas la cual es 50% cristalina lo cual la hace resistente a la tensión. El PET posee una naturaleza químicamente inerte, se puede utilizar en todo tipo de embalaje. La temperatura a la fusión es de 255°C. Generalmente los aditivos que contiene son: Retardadores de llama tal es el caso de los fosfatos, antienviejimiento, colorantes, agentes de soplado, agentes de cadenas cruzadas y protectores UV. La absorción de luz ultravioleta produce radicales libres que reaccionan con el oxígeno, por ello se produce el fenómeno llamado fotodegradación, para erradicar este efecto se añaden absorbente de UV como las Benzofenonas.

- Extrusion transformation process: According to [8], extrusion refers to any processing operation molten materials to produce articles of constant cross section and defined length. The material is stressed to flow through an orifice to generate a long continuous material, where its cross section is determined by the orifice section and the mold containing it.
- Compression transformation process: According to [9], this type of molding is almost exclusively used to mold thermoset materials and occasionally thermoplastics. Is a process which is preferred for its low costs in machinery compared to injection molding, so it is widely used for short production runs. "It works through squeeze plates. Can apply temperatures up to 107 ° C to 163 ° C to 1000 (psi)"
- Blow transformation process: According to [9], this manufacturing process is used to produce thin-walled hollow shapes plastic by injection of high pressure air into a mold with a preform.

Whatever the process to transform raw materials for implementation and use of machinery, sustainability criteria should be considered such as: Low economic cost, low power consumption and low CO₂ emission coefficient. Likewise can be developed with industrial safety, ensuring that the products obtained have the minimum standards required, allowing a safely performance.

PET Technical sheet

The polyethylene terephthalate PET, is the result of the polymerization of 1 mole of dimethyl terephthalate with 2.2 moles of ethylene glycol, manganese acetate is used as catalyst which is deactivated by the addition of phosphate antioxidant, which enhances thermal stability. The first stage of polymerization and reaction is 150-200°C with distillation of methanol. In the second stage is carried out a partial vacuum (0.3KPa) at 260-290°C antimony trioxide is used as catalyst.

The degree of crystallization and the direction of all crystallites govern the physical properties of the resin. The density of amorphous PET is 1.33g/cm³ while a crystal density is 1.45g/cm³. In the absence of PET plasticizers, which slowly crystallized PET hinders their injection molding applications. In cases where the crystallinity can be induced mechanically, the resin changes its properties so that it has a well defined melting point making it suitable for applications in films and achieving sufficient biaxial orientation in the molecules to form thermally stable elements. At a temperature of 70°C the material can be stretched to 4 times its original size, and this is in its virgin state.

If heated again above 100°C becomes crystalline only by 20% and becomes isotropic to the stress. Later its treated to 220°C to rearrange its particles which are 50 % crystalline which makes it resistant to stress. The PET has a chemically inert nature, can be used in all types of packaging. The melting temperature is 255°C. Generally contained additives are: fire retardants such is the case of phosphate, anti-aging, colorants, blowing agents, cross-linked agents and UV protectors. Ultraviolet light absorption produces free radicals that react with oxygen, occurring the so called phenomenon called photodegradation, to eliminate this effect UV-absorbing is added as Benzophenones. PET has high tensile strength of 159MPa, impact strength of 101J/m, density of 1.56g/cm³, the heat deflection temperature is 224°C,

El PET tiene alta resistencia a la tensión de 159MPa, resistencia al impacto de 101 J/m, densidad de 1.56g/cm³, la temperatura de desviación al calor es de 224°C, el PET tiene dos fases, y puede combinarse con fibras sintéticas, fibras de vidrio en su fase acuosa. El PET puede ser soldado con adhesivo, siempre y cuando haya un tratamiento previo de la superficie, estos adhesivos pueden ser epoxis y uretanos, así mismo no puede ser soldado con calor, y no puede cementarse con solvente.[10]

Tratamiento del PET reciclado

Para su proceso de reciclaje el PET requiere ser separado por color, de no ser así el producto final genera cierta calidad poco traslucida. Después de separado, se purifica, se tritura pero debe separarse el PET del PVC de las viñetas y el PP de las tapas, ya que éstos funden a menor temperatura y generando cloruro de hidrógeno, el cual cataliza la descomposición del PET dejando manchas negras en el material. De igual forma el pegamento de las viñetas y de otro contaminante daña las capacidades del PET virgen. Ello puede constatarse en los ensayos mecánicos realizados. El reciclaje químico puede garantizar la repolimerización y hasta la fecha ya es aceptada por FDA solo en un 25% de reciclaje para embalaje de alimentos, no obstante puede utilizarse en un 100% de materia prima reciclada para otros artículos que no requieren alta resistencia a la carga. [11]

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).
- Reciclaje mecánico pos-consumo (secundario): es el residuo sólido que se genera cuando los productos plásticos alcanzan su vida útil.

Según [12], la Alianza China, quienes compran millones de dólares de plástico reciclado, actualmente manufactura nuevos productos con materias primas provenientes de transformación de plástico reciclado pos-consumo creando viruta plástica de PET reciclado y convirtiéndolo en nuevas formas que pueden llegar a fabricarse con un 100% de plástico reciclado.

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% del material reciclado en el país.
- Reciclabilidad: El PET es utilizado sobre todo 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 [7], el PET es fácil de transformar debido a que su para su manufactura y se ocupa poca energía para llegar a su punto de fusión (260°C).

PET has two phases, and can be combined with synthetic fibers glass fibers in the aqueous phase. PET can be welded with an adhesive, as long as there is a pretreatment of the surface, these adhesives can be epoxies and urethanes, it cannot be welded with heat, and there may not be cemented with a solvent. [10]

Treatment of recycled PET

For the PET recycling process it requires to be separated by color, if not, the final product creates some little translucent quality. After separated, it needs to be purified, shredded but the PET must be separated from the labels PVC and the caps PP, as it melts at lower temperature and generates hydrogen chloride, which catalyzes the decomposition of PET leaving black spots in the material. Likewise, the glue of the labels and other contaminant damages the capabilities of virgin PET. This can be seen from the mechanical tests.

Chemical recycling can ensure far repolymerization and is already accepted by FDA only in a 25% of recycling for food packaging, however can be used in a 100% recycled raw material for other articles that do not require high resistance to load. [11]

The transformation process for recycled plastic are equal to that of virgin raw materials manufacturing processes are concerned. The difference lies in the development of new materials from recycled plastic.

Two types of recycled products are described above:

- Post-industrial mechanical recycling (primary): is the waste that is generated in the same production (plastic forms that do not meet quality and safety standards).
- Post-consumer mechanical recycling (secondary): is the solid waste that is generated when plastic products reach their life.

According to [12], the Chinese Alliance, who buys million of dollars in recycled plastic, is currently manufacturing new products with raw materials from processing post-consumer recycled plastic through pellet making (plastic chip) and making recycled PET in new ways that can be made using 100 % recycled plastic.

New materials with recycled raw materials production feasibility

Considering the above information, the feasibility to produce new materials or products from raw materials derived from recycling depends on:

- Availability in the national market: The PET plastic occupies 70 % of recycling material in country.
- Recyclability: The PET is used mainly in the domestic sector, therefore its composition does not contain toxic products or infectious materials, this allows the recycling process practical and with less environmental impact.
- Easy transformation: According to [7], PET is easy to process because for manufacturing, takes little energy to reach its melting point (260°C).

According to the UN XV Summit of Climate Change 2009, plastics are accounted for only 1.3 % of the average CO₂ emissions, compared with 9 % of the clothing, 13% of food, or 18 % of leisure.

Likewise, plastics save from 5 to 9 times more CO₂ during use and recovery process than during its production. Therefore it is easy to transform and bit environment aberrant.

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.

3.2 PROCESO EXPERIMENTAL

Preparación de materia prima

El proceso inicia con el reciclaje en el recinto universitario y censo de de las botellas recolectadas, las cuales han sido 2000 unidades, convertidas en 47Kg. En su mayoría de 500ml, 600ml y de 1000ml, entre botellas de agua, bebida carbonatada y jugos, ya sean traslucidas, de color celeste, ó verde. A estas se les retiró la viñeta, se lavaron con detergente, y separó el material de la botella del resto. Se han secado al sol y se han vuelto a almacenar, posterior a ser trituradas, se han pesado y almacenado en sacos listos para iniciar el proceso

3.2 EXPERIMENTAL PROCESS

Preparation of raw material

The process begins with recycling on campus and census collected bottles, which have been 2000 units equal to 47Kg, mostly 500ml, 600ml and 1000ml, including bottled water, carbonated drink and juice, whether translucent, light blue, or green. These were removed the bullet, washed with detergent, and separated the material of the bottle the rest. Are dried in the sun and have returned to store, after being crushed, have been weighed and stored in bags ready to start the experimental process.

Fig. 1
Proceso de transformación para materia prima



Proceso Experimental

Por tres meses se desarrolló un proceso experimental en el que se realizaron 75 experimentos controlados en los que se media: Peso de la muestra, material del molde, medidas del molde que la contendría, volumen de muestra vaciada en molde, datos de la fuente de calor en la que se fundiría la muestra de material, tiempos de precalentamiento, tiempo de fundición, temperatura de fundición, temperatura de enfriamiento, tiempo de enfriamiento, medidas y peso de los especímenes fundidos, proceso de desmoldado. Todos estos datos se registraron en fichas técnicas para cada uno de los experimentos en los que se ha documentado con imágenes todo intento de obtener un espécimen de forma controlada para la elaboración de probetas que por medio de ensayos se obtendrían datos del nuevo material, así mismo para el diseño de un nuevo producto y el proceso de fabricación en serie.

En el proceso participó todo el equipo de investigación ya que así es como se diseñaron los protocolos de ensayos y pruebas. Dentro de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCA. A continuación resumen en fichero general y muestra de ficha de archivo.

Experimental Process

For three months developed an experimental process in which 75 controlled experiments were performed in which half: weight of the sample material from the mold, the mold measures contain, sample volume poured into mold, data source heat to melt the material sample, pre-heating times, casting time, casting temperature, cooling temperature, cooling time, size and weight of the specimens molten demolded process. All these data are recorded on data sheets for each of the experiments in which images have been documented with any attempt to obtain a specimen in a controlled manner to prepare test specimens by testing data be obtained new material, also for the design of a new product and manufacturing process in series. The process involved the entire research team and that's how they designed the tests and testing protocols. In the laboratories of Faculty Engineering UCA. Following general summary sample archive entry.

#EXPERIMENTO	FECHA	LUGAR	FUENTE DE CALOR	TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO (min)	TIEMPO DE FUNDICIÓN (min)	TEMPERATURA DE FUNDICIÓN (°C)	FORMA DE ENFRIAMIENTO	ANTIADHERENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (ml)	PESO DE MUESTRA (gr)	TIPO DE MOLDE	DIMENSIONES DE MOLDE				DIMENSIONES DE PLACAS				
												LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (mm ²)	ALTO (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (mm ²)	ESPESOR (mm)	Peso de Producto (g)
EXP #1	23-may-12		Cocina de gas	No	3	-	temperatura ambiente	No	-		Sarten de acero con teflón	190	190	36100	10	55	45	2475	5.89	11.63
EXP #2	23-may-12		Cocina de gas	No	5	-	temperatura ambiente	No	-		Sarten de acero con teflón	190	190	36100	10	Diámetro= 110		9503.32	3.66	37.66
EXP #3	15-dic-12	Laboratorio de suelos y materiales de Mecánica Estructural	Horno de secado de pétreos	No	60	200	temperatura ambiente	Grafito	560	256.88	Molde de aluminio	210	300	63000	50	No Fundió		-	-	131.95
EXP #4	10-ene-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	No	45	400	inmediato con agua	Grafito y aluminio	185 aprox	82.99	Metalico con película de teflón	190	190	36100	45	leza Carbonizada		-	4.88	13.28
EXP #5	11-ene-13	Laboratorio de suelos y materiales de Mecánica Estructural	Cocina de resistencia	No	30	-	inmediato con agua	No	-		Metalico con película de teflón	190	190	36100	45	Diámetro= 145		16513	3.4	53.85
EXP #6	11-ene-13	Laboratorio de suelos y materiales de Mecánica Estructural	Cocina de resistencia	No	45	-	inmediato con agua	No	-		Metalico con película de teflón	190	190	36100	45	Diámetro= 175		24052.8	5.18	75.53
EXP #7	16-ene-13	Laboratorio de suelos y materiales de Mecánica Estructural	Mufla	No	30	100-200	temperatura ambiente	Silicone	15	6.27	Molde de silicon con crisol	Diámetro: 60		2827.43	30	No Fundió		-	-	18.53
EXP #8	16-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno	No	20	200-250	temperatura ambiente	No	110 aprox	47.63	Metalico con película de teflón	190	190	36100	45	No Fundió		-	-	92.93
EXP #9	17-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Cocina de resistencia	5	20	250	inmediato con agua	Silicone Líquida	250	115.86	Metalico con película de teflón	190	190	36100	45	Diámetro= 115		10386.9	4.88	30.95
EXP #10	17-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	No	15	250	inmediato con agua	Silicone	30	12.54	Molde de silicon	Diámetro: 60		2827.43	30	Diámetro= 50		1963.49	4.72	12.34
EXP #11	17-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	No	20	250	temperatura ambiente	Silicone	30	12.54	Molde de silicon	Diámetro: 60		2827.43	30	Diámetro= 50		1963.49	7.49	13.92
EXP #12	18-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	5	20	260	inmediato con agua	Lámina de Silicene	30	12.54	Molde de ceramica	100	100	10000	40	70	85	5950	3.15	16.04
EXP #13	18-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	5	25	260	inmediato con agua	No	60	25.16	Molde de ceramica	100	100	10000	40	90	100	9000	2.32	28.32
EXP #14	18-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	5	9	260	inmediato con agua	CAME 610	80	35.09	Molde de aluminio	100	100	10000	40	Diámetro: 150		17671.5	2.63	34.37
EXP #15	18-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	5	13	260	temperatura ambiente	CAME 611	80	35.09	Molde de ceramica	100	100	10000	40	100	100	10000	2.74	24.27
EXP #16	18-ene-13	Laboratorio de Análisis Instrumental	Horno con resistencia*	5	15	260	inmediato con agua	CAME 612	80	35.09	Molde de ceramica	100	100	10000	40	100	100	10000	3.4	37.61
EXP #17	18-ene-13	Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos	Horno de conducción	45	50	250	No	Silicon	560	256.88	Molde de silicon	240	240	57600	40	No fundio				236.67
EXP #18	21-ene-13	Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos	Horno de convección	9	30	200	inmediato con agua	Silicon	270	117.81	Molde de silicon	240	240	57600	40	No fundio				135.91
EXP #19	21-ene-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	60	11	250	inmediato con agua	Lámina de Silicon	155	70.37	Molde de aluminio	190	140	26600	40	190	125	23750	2.25	61.79
EXP #20	23-ene-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	15	250	inmediato con agua	Lámina de Silicon	525	244.26	Molde de acero galvanizado	265	190	50350	20	190	260	49400	3.89	194.66
EXP #21	23-ene-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	60	12	250	inmediato con agua	No	500	231.72	Molde de aluminio	190	140	26600	40	190	125	23750	6.55	167.95
EXP #22	25-ene-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	40	33	250	inmediato con agua	No	1000	463.44	Molde de aluminio + molde de	270	190	51300	40	270	190	51300	8.32	301.67

#EXPERIMENTO	FECHA	LUGAR	FUENTE DE CALOR	TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO (min)	TIEMPO DE FUNDICIÓN (min)	TEMPERATURA DE FUNDICIÓN (°C)	FORMA DE ENFRIAMIENTO	ANTIADHERENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (ml)	PESO DE MUESTRA (gr)	TIPO DE MOLDE	DIMENSIONES DE MOLDE				DIMENSIONES DE PLACAS				
												LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (mm ²)	ALTO (mm)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (mm ²)	ESPESOR (mm)	Peso de Producto (g)
EXP #23	11-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	10	250	inmediato con agua	Si	187.5	173.4	Molde de acero galvanizado	265	190	50350	20	170	160	27200	3.05	74.22
EXP #24	11-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	10	250	inmediato con agua	Si	187.5	173.4	Molde de acero galvanizado	265	190	50350	20	130	110	14300	2.79	38.91
EXP #25	11-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	27	250	temperatura ambiente	No	750	346.8	Molde de aluminio + molde de acero	250	150	37500	20	Longitud de arco: 204.0	150	17671.5	7.57	318.48
EXP #26	11-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	11	250	inmediato con agua	No	750	346.8	Molde de aluminio	250	150	37500	20	Longitud de arco:	150	17671.5	6.43	321.94
EXP #27	11-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	11	250	inmediato con agua	Si	750	346.8	Molde de aluminio	250	150	37500	20	245	150	36750	7.49	315.61
EXP #28	11-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	19	250	inmediato con agua	No	750	346.8	Molde de aluminio	250	150	37500	20	145	130	18850	6.68	289.89
EXP #29	21-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	50	38	250	inmediato con agua	Si	1000	463.44	Molde de aluminio	300	200	600	30	250	190	47500	6.29	376.02
EXP #30	21-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	50	10	270	inmediato con agua	Si	15	6.27	Lamina de acero inoxidable	299	50	600	2	100	35	3500	0.94	5.15
EXP #31	21-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	50	10	270	inmediato con agua	No	15	6.27	Lamina de acero inoxidable	299	50	600	2	140	40	5600	2.13	8.54
EXP #32	21-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	50	2	270	inmediato con agua	No	-	-	Molde de acero galvanizado	265	190	50350	20	300	160	48000	0.42	70.07
EXP #33	22-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	38	270	inmediato con agua	Si	1000	463.44	Molde de aluminio	300	200	600	30	250	177	44250	0.599	296.53
EXP #34	22-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	10	270	inmediato con agua	No	15	6.27	Lamina de acero inoxidable	299	50	600	2	60	60	3600	1.27	2.99
EXP #35	22-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	10	270	inmediato con agua	No	10	3 aprox	Lamina de acero inoxidable	150.2	50	600	2	65	40	2600	2.01	3.53
EXP #36	25-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	10	280	inmediato con agua	NAIZ	80	35.09	Molde de Aluminio	Diámetro= 50.0	196.2	50	Diámetro= 60.00	282.6	4.62	114.4		
EXP #37	25-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	10	280	inmediato con agua	NAIZ	80	35.09	Molde de Aluminio	Diámetro= 50.0	196.2	50	Diámetro= 60.00	282.6	3.79	98.5		
EXP #38	25-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	15	280	inmediato con agua	NAIZ	125	57.83	Molde de Aluminio	Diámetro= 40.0	125.7	50	Diámetro= 50.00	196.2	6.04	307.1		
EXP #39	25-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	15	280	inmediato con agua	NAIZ	125	57.83	Molde de Aluminio	Diámetro= 40.0	125.7	50	Diámetro= 50.00	196.2	6.04	302.3		
EXP #40	25-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	15	280	inmediato con agua	NAIZ	375	173.69	Molde de Aluminio	260	170	44200	20	255	160	40800	3.36	1479
EXP #41	25-feb-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	15	280	inmediato con agua	NAIZ	375	173.69	Molde de Aluminio	260	170	44200	20	255	160	40800	3.03	1321.4
EXP #42	13-mar-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	-	10	260	-	NAIZ	-30	-	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	12.7	180	16.3	2934	2.379	16.7
EXP #43	13-mar-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	-	10	260	-	No	-30	-	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	12.7	180	11.6	2088	3.6398	17.41
EXP #44	13-mar-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	-	10	260	-	No	-30	-	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	12.7	178	14.3	2545.4	3.5052	16.7
EXP #45	26-abr-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	11	280	inmediato con agua	No	500	220.4	Molde de aluminio	270	165	44550	20	250	150	37500	4.46	219.22
EXP #46	26-abr-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	5	280	temperatura ambiente	NAIZ	310	107.04	Molde de aluminio	270	165	44550	20	240	145	34800	2.379	104.93
EXP #47	26-abr-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	8	280	inmediato con agua	NAIZ	500	119.86	Molde de aluminio	270	165	44550	20	240	150	36000	2.286	118.9
EXP #48	26-abr-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	8	280	inmediato con agua	No	500	122.16	Molde de aluminio	270	165	44550	20	240	150	36000	2.6035	117.99
EXP #49	26-abr-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	8	280	inmediato con agua	NAIZ	500	183.65	Molde de aluminio	270	165	44550	20	250	150	37500	3.585	182.6
EXP #50	09-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	25	280	inmediato con agua	No	80	35.09	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	12.7	180	16.5	2970	4.427	27.23
EXP #51	09-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	50	280	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	12.7	180	16.5	2970	4.427	26.94
EXP #52	09-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	20	280	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	12.7	180	16.5	2970	3.495	13.23
EXP #53	10-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	18	300	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	13.7	180	16.5	2970	2.9718	24.78
EXP #54	10-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	15	300	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable	183.2	16.9	3096.08	14.7	180	16.5	2970	3.9624	26.08
EXP #55	11-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	20	300	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable con	183.2	16.9	3096.08	15.7	180	16.5	2970	3.5052	25.21
EXP #56	11-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	20	300	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable con	183.2	16.9	3096.08	16.7	180	16.5	2970	3.8608	27.56
EXP #57	11-may-13	Laboratorio de Ciencia de los Materiales	Mufla	45	18	300	inmediato con agua	No	-	14.3	Molde de acero inoxidable con	183.2	16.9	3096.08	17.7	180	16.5	2970	3.5128	25.37

Tab.3 Archivo de fichas técnicas de registro de experimentos, se presentan 57 de 75 realizados

FICHA TÉCNICA DE PRUEBAS EXPERIMENTALES... UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMÓN CAÑAS"	
PROYECTO: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA CUBIERTAS Y ENVOLVENTES LIVIANAS DE BAJA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DERIVADAS DEL RECICLAJE DEL PLÁSTICO	PARTICIPANTES
Arq. Lizeth Rodríguez Diana Góchez Jazmin Velásquez	
EXPERIMENTO	
#45	
FECHA	26-abr-13
LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN	
Laboratorio de Ciencia de los Materiales, UCA	
FUENTE DE CALOR	Mufla
TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO (min)	45
TIEMPO DE FUNDICIÓN (min)	11
TEMPERATURA DE FUNDICIÓN (°C)	280
FORMA DE ENFRIAMIENTO	Enfriamiento Inmediato con Agua
ANTIADHERENTE	No
VOLUMEN DE MUESTRA (ml)	500
PESO DE MUESTRA INICIAL (gr)	220.4
TIPO DE MOLDE	Molde de aluminio
DIMENSIONES DEL MOLDE	
LARGO (mm)	270
ANCHO (mm)	165
AREA (mm ²)	44550
ALTO (mm)	20
DIMENSIONES DE PLACAS	
LARGO (mm)	250
ANCHO (mm)	150
AREA (mm ²)	37500
ESPESOR (mm)	4.46
PESO DE MUESTRA FINAL (gr)	
219.22	
	
REFERENCIA DE IMÁGENES 1. Preparación de la muestra. 2. Extracción de la placa de la fuente de calor (mufla). 3, 4. Enfriamiento instantáneo y desmolde de la placa. 5. Placa.	
OBSERVACIONES	
Para la realización del experimento se utilizó PET traspicado, con piezas aproximadamente de 0.5 x 0.5 cm, lo cual disminuyó espacios vacíos.	
	
REFERENCIA DE IMÁGENES 1. Preparación de la muestra. 2. Revisión de la muestra para eliminar material contaminante (PP) 3. Salida de la placa de la fuente de calor. 4. Desmolde de placa. 5. Placa resultante.	
OBSERVACIONES	
Para la realización del experimento se utilizó PET combinado, donde cada partícula variaba en cuestión del peso, en la placa resultante se puede observar la diferenciación de colores y en ese caso, las partículas lograron formar una placa completa.	

Tab.4 Ejemplo e fichas de experimentos

Cuando se había controlado las variables de temperatura, tiempo de fusión según la cantidad de masa fundida y para ello se registró en fichas técnicas se inició otro grupo de experimentos para construir elementos de cubierta y láminas para forro de paredes, éstas se sometió a diversas pruebas para verificar sus capacidades. Por el tamaño de la fuente de calor se fabrican tejas plásticas que son el resultado de vaciar muestra de hojuelas de PET reciclado 1000ml en moldes de aluminio y fundidas cada una durante 10 minutos, posterior desmoldadas, sometidas a proceso de acabado y pulido de filos. No solo serían puestas a prueba, sino se construirían modelos a escala.

Fig. 2 Elaboración de tejas plásticas de PET reciclado

When variables were controlled temperature, melting time depending on the amount of melt and it was recorded on data sheets began another set of experiments to build housing elements and sheets for lining walls, they would undergo various tests to verify their capabilities. The size of the heat source are manufactured plastic tiles which are the result of empty sample 1000ml recycled PET flakes into aluminum molds and castings each for 10 minutes, after demoulded, subjected to the process of finishing and polishing edges. Not only would be put to the test, but would be built scale models.



3.3 ENSAYO DE DENSIDAD Se realizaron cinco pruebas para obtener la densidad del PET reciclado, de las cuales se descartó una, debido a fallas técnicas durante el proceso de elaboración.

Se obtuvo la densidad de las cuatro muestras estudiadas a través del método de desplazamiento de volúmenes y posteriormente se calculó el promedio de las mismas para verificar que el coeficiente de variación estándar fuera menor al 5% y por lo tanto los valores de los ensayos fueran aceptables.

El procedimiento utilizado para obtener la densidad del material a través del desplazamiento de volumen, se describe a continuación.

1. Se colocó muestra de PET reciclado en un recipiente de 80ml, posteriormente se procedió a obtener su peso en la báscula digital de alta precisión.
2. En una probeta graduada se agrega una muestra de volumen de agua, posteriormente se vierte en la probeta muestra de PET reciclado triturado.
3. Se mide el desplazamiento de volumen.
4. Una vez realizado el procedimiento antes mencionado, se obtiene la densidad dividiendo la masa obtenida entre el volumen de desplazamiento.

Este procedimiento se utilizó en las cuatro pruebas de densidad elaboradas.

DENSIDAD DE PET RECICLADO FUNDIDO (gr/cm³)			
	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad
PRUEBA #1	12.1571	9	1.3508
PRUEBA #2	8.5775	6	1.4296
PRUEBA #3	6.1885	5	1.2377
PRUEBA #4	4.2518	4	1.0630
DENSIDAD PROMEDIO (gr/cm ³)			1.2703
DENSIDAD DE PET RECICLADO SIN FUNDIR CON AIRE (gr/cm³)			
	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad
PRUEBA #1	12.54	30	0.4180
PRUEBA #2	25.16	60	0.4193
PRUEBA #3	35.09	80	0.4386
PRUEBA #4	57.83	125	0.4626
DENSIDAD PROMEDIO (gr/cm ³)			0.4346

3.4 ENSAYO DE MEDICION DE EMISIONES

Se realizó el ensayo de medición de gases para determinar si el PET reciclado fundido presentaba emisiones de Dióxido de Carbono.

Para este ensayo se utilizó un dispositivo que reacciona en presencia de Dióxido de Carbono, este se inserta en una jeringa y se realiza una succión del vapor evacuado de la fuente de calor cuando la placa del material es retirada. Si el dispositivo cambia de color es que se encuentra en presencia de Dióxido de Carbono, en este caso, después de haber realizado dos pruebas no se observó aparente reacción por lo tanto se estima que no hay presencia de Dióxido de Carbono.

3.3 DENSITY TEST five tests were conducted to find recycled PET density of which one was discarded due to technical failures during the development process. Density was obtained of the four studied samples using volume displacement method and then the average was calculated in order to verify that the standard variation coefficient is less than 5 % and thus the values of the tests were acceptable.

The procedure used to obtain the density of the material through the displacement volume is described below.

1. The recycled PET sample was placed in an 80ml container, then proceeded to get it weighted in high precision digital scale.
2. A sample volume of water was placed in a graduated cylinder and then it was pour into the crushed recycled PET specimen sample.
3. The volume displacement was measured.
4. Once the above procedure was done, the density was obtained by dividing the obtained mass from the displacement volume.

This procedure was used in all four developed density tests.



Fig.3
Laboratorio de Análisis Instrumental Ing. Química UCA



3.4 EMISSIONS MEASUREMENT TEST

Gas measurement test was conducted to determine if the melted recycled PET showed carbon dioxide emissions.

For this assay a device that reacts in the presence of carbon dioxide was used, this is inserted into a syringe and performs a suction of the steam from the heat source when the plate material is removed. If the device change color it was because there was carbon dioxide presence, in this case, after performing two tests no apparent reaction was noted therefore sees no presence of carbon dioxide.



Fig. 4 En laboratorio de Ciencia de los Materiales se realizó la fundición de dos muestra de 500ml con un peso de 231.72 ar cada una



Laboratorio de Ciencia de los Materiales, UCA	
FUENTE DE CALOR	Mufla
TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO	45 minutos
TIEMPO DE FUNDICIÓN	15 minutos
TEMPERATURA DE FUNDICIÓN	280°C
FORMA DE ENFRIAMIENTO	Enfriamiento inmediato con agua
ANTIADHERENTE	NAIZ
VOLUMEN DE MUESTRA	500ml
PESO DE MUESTRA INICIAL	231.72gr
TIPO DE MOLDE	Molde de Aluminio
DIMENSIONES DE PLACAS	
LARGO (mm)	250
ANCHO (mm)	147.5
AREA (mm ²)	36875
ESPESOR (mm)	3.8735
PESO DE MUESTRA FINAL 184.39gr	

3.5 ENSAYO DE CONSUMO DE ENERGIA

Para este ensayo se procedió a conectar el medidor de potencia al tablero que alimenta la fuente de calor (mufla), se realizó una primera medición para determinar el consumo de energía durante el periodo de precalentamiento de la mufla; posteriormente se ingresa una muestra de PET reciclado y se toma la medida del consumo de energía durante el tiempo de fundición de la placa. Este procedimiento se realizó dos veces.

3.5 ENERGY CONSUMPTION TEST

For this test the power meter was connected to the board that feeds the heat source (muffle), a first measurement was performed to determine the energy consumption during the period of preheating the muffle; subsequently a recycled PET sample was placed and the measurement of the energy consumption during the time of casting of the plate was taken. This procedure was performed twice.



Fig. 5 En laboratorio de Ciencia de los Materiales se realizó la fundición de dos muestras de 750 ml con un peso de 279.60gr cada una

Laboratorio de Ciencia de los Materiales, UCA	
FUENTE DE CALOR	Mufla
TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO	30 minutos
TIEMPO DE FUNDICIÓN	20 minutos
TEMPERATURA DE FUNDICIÓN	280°C
FORMA DE ENFRIAMIENTO	Enfriamiento inmediato con agua (sumergido)
ANTIADHERENTE	NAIZ
VOLUMEN DE MUESTRA	750 ml
PESO DE MUESTRA INICIAL	279.6 gr
TIPO DE MOLDE	Molde de Aluminio
DIMENSIONES DE PLACAS	
LARGO (mm)	240
ANCHO (mm)	145
AREA (mm ²)	34800
ESPESOR (mm)	7.001
PESO DE MUESTRA FINAL 274.45gr	

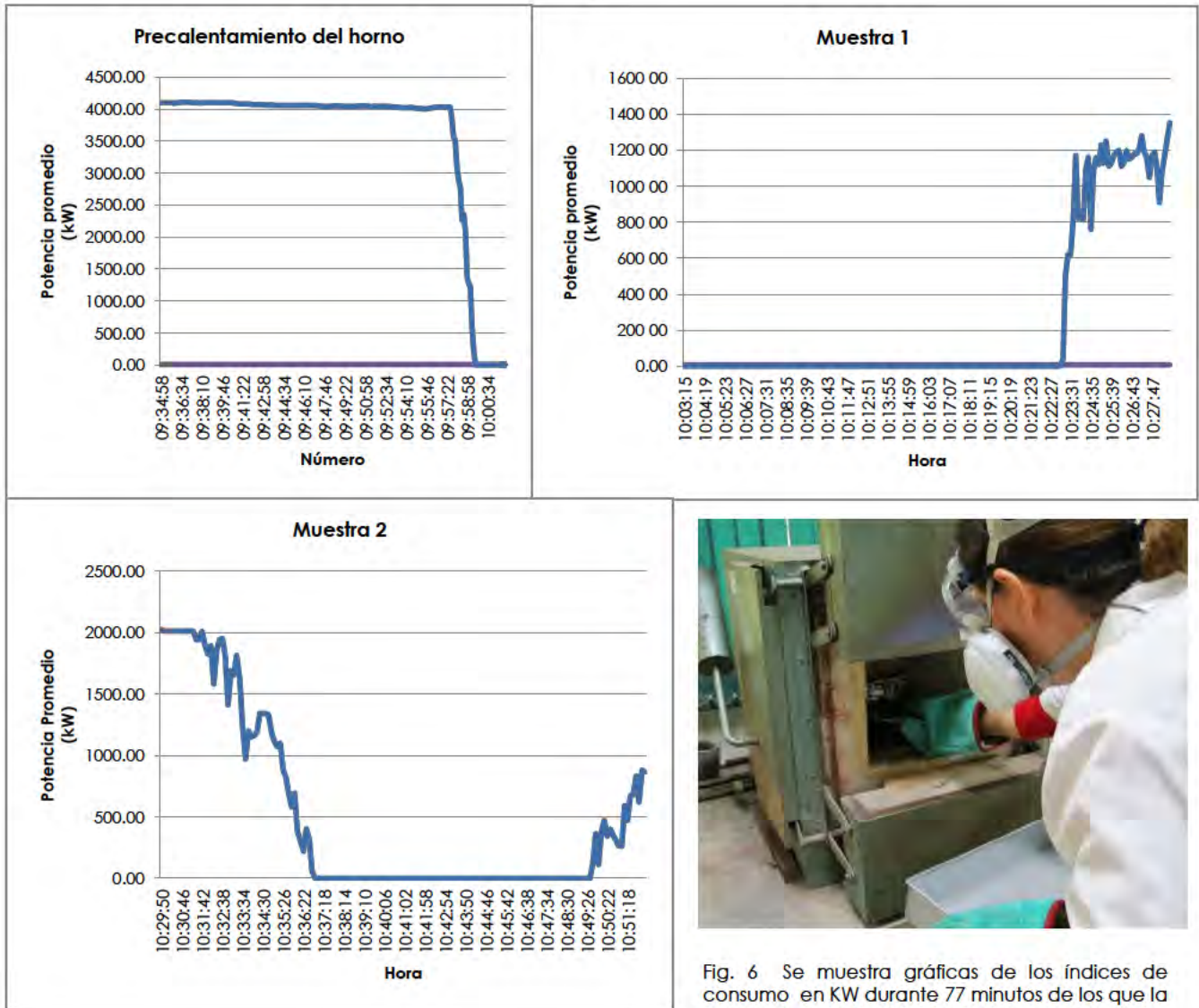


Fig. 6 Se muestra gráficas de los índices de consumo en KW durante 77 minutos de los que la fuente de calor tardó 26 minutos en alcanzar los 280°C Se puede observar que mientras no hay cambio de temperatura el consumo es menor. Es decir, mientras la compuerta no es abierta el consumo es nulo.

3.6 ENSAYO DE ABSORCIÓN

Se realizó este ensayo para obtener el porcentaje de absorción de agua de las tejas elaboradas a partir de PET reciclado. El ensayo se realizó con los especímenes de tejas utilizados para los ensayos desarrollados en los laboratorios del Centro de Tecnologías Constructivas, FUNDASAL. A continuación se describirá el proceso desarrollado para la elaboración del ensayo de absorción y los datos obtenidos.

1. Se procedió a pesar cada una de las tejas para obtener el peso recibido de las muestras.
2. Posteriormente se procedió a introducir las muestras en un balde con agua, a temperatura ambiente, dejándolas sumergidas durante 72 horas.
3. Después de 72 horas se sacan las muestras del balde con agua, secándolas superficialmente para luego pesarlas y obtener el peso húmedo de las muestras.
4. Se introdujeron las muestras al horno, a una temperatura de 60°C, durante 24 horas.
5. Después de 24 horas de secado, se procede a tomar el peso seco de los especímenes.

3.6 ABSORPTION TEST

This test was performed to obtain the water absorption percentage of the tiles made from recycled PET. The test was performed on tiles specimens used for the assays undertaken in the Building Technologies Center laboratories of FUNDASAL.

The following will describe the process development for the preparation of the absorption test and the data obtained.

1. It was proceeded to weight each of the tiles to obtain the weight received from the samples.
2. Then the samples were introduced into a bucket of water at room temperature, leaving submerged for 72 hours.
3. After 72 hours the samples were removed from the bucket with water, drying and weighing them superficially and then get the wet weight of the samples.
4. Samples were introduced to the furnace at a temperature of 60 °C for 24 hours.
5. After 24 hours of drying, the dry weight was taken from the specimens.



Fig. 7 Puede observarse que se han sometido todo tipo de especímenes de PET reciclado fabricados de diversas formas entre éstos, mezclados con PP y con colorante en el caso de la placa color rojo, elaborada en línea de producción con extrusor. La placa que tiene menor porcentaje de absorción es la placa color rojo y la que tiene mayor porcentaje de absorción es la placa elaborada en mufla combinada con PP ya que ambos materiales no logran fundirse y genera micro espacios el resto de placas tiene un promedio bajo de absorción, en general el material fundido no es absorbente sino, impermeable.

# DE ESPECIMEN		PESO RECIBIDO (gr)	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCION	%
PLACAS PRUEBA DE IMPACTO 3 DE 8	2	331.09	331.67	330.53	0.003449006	0.34
	4	330.88	332.94	329.53	0.010348071	1.03
	5	365.85	367.22	365.3	0.005255954	0.53
PLACA ENSAYO DE COMPRESION CON PP	3	324.17	327.9	322.19	0.017722462	1.77
PLACAS EXPERIMENTOS 45 Y 46	45	190.77	191.23	190.17	0.00557396	0.56
	46	184.56	185.14	183.9	0.006742795	0.67
PLACA PET FUNDIDO EN FABRICA	1	1231.39	1232.35	1231.02	0.001080405	0.11

$$\% \text{ DE ABSORCION} = \frac{(\text{Peso saturado} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} \times 100$$

3.7 ENSAYO AL IMPACTO – CTC – FUNDASAL

Para este ensayo se dividieron el grupo de tejas a ensayar en dos lotes con características similares. El primer ensayo consistió en dejar caer sobre el espécimen una bola, cuya masa para el lote A y B fue de masa 1: 200.4 gr y masa 2: 355.2 gr respectivamente, a 25cm de altura. Luego se identifica el plano de falla del espécimen después del impacto. Se realizó esta prueba a los ocho especímenes, de los cuales ninguno presento planos de falla. Posteriormente se desarrolló el mismo ensayo en los ocho especímenes pero se cambió la altura de caída de la masa, aumentándola a 1m. En este ensayo el lote A con masa1, presento pequeños planos de falla, mientras el lote B con masa2, tres de cuatro especímenes colapsaron con el impacto. Considerando que la masa2 es 1.8 veces mayor que la masa1.

3.7 IMPACT TEST - CTC - FUNDASAL

For this test the tile group was divided in two batches with similar characteristics.

The first test consisted of dropping a ball on the specimen, whose mass for lot A and B was mass 1: 200.4gr and mass 2: 355.2gr respectively, from 25cm high. Then the fault plane of the specimen after the impact was identified. This test was performed at eight specimens, from which none had fault planes. Subsequently the same test was developed for the eight specimens but the mass drop height was changed, increasing it in 1 m. In this test batch A with mass 1, presented small fault planes, while group B with mass 2, three of four specimens collapsed on impact. Whereas mass 2 was 1.8 times mass 1.



Fig. 8 Puede observarse que al realizar la prueba de impacto con el dispositivo bajo norma, ninguno de los especímenes sufre daños, pero al generarle caída libre a un metro de altura con los dos tipos de masas las tejas soportan la masa más pequeña, no obstante así la de 355.2gr excepto por la teja combinada de PET con PP que no sufre ningún tipo de daño.

3.8 ENSAYO DE CARGA DINAMICA – CTC – FUNDASAL

Este ensayo se desarrolló bajo el principio de brazo de palanca. Como primer punto se procedió a ajustar el espécimen en uno de los extremos de la máquina, ajustándolo a los puntos de apoyo de la misma. Posteriormente se colocó en el extremo opuesto de la maquina un balde, cuya masa se despreció, agregándole peso gradualmente. Al inicio del ensayo se colocaron pesas entre 2kg y 5kg, luego se fue agregando agua de manera gradual y constante hasta que el espécimen colapsara. Este procedimiento se realizó para los cuatro especímenes. Las tejas elaboradas a partir de PET reciclado soportaron dos veces más que las tejas de micro-concreto y cuatro veces más que la teja de arcilla.

3.8 DYNAMIC LOAD TEST - CTC - FUNDASAL

This test was developed on the principle of the lever arm. The first point was proceeded to adjust the specimen in one end of the machine, adjusting to the support points thereof. Subsequently placed at the opposite end of the machine bucket, who's mass is despised, adding weight gradually. At baseline weights were placed between 2 kg and 5 kg, then adding water gradually and steadily until the specimen collapsed. This procedure was performed for the four specimens. The tiles made from recycled PET endured three times more than the micro - concrete tiles and four times more than clay tiles.

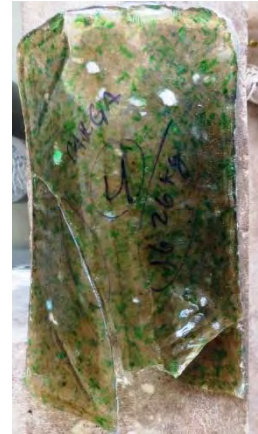


Fig. 9 Ensayo de carga



Masa del espécimen (gr)		
1	2	3
396	389	

Dimensiones nominales					
1		2		3	
largo(cm)	ancho(cm)	largo(cm)	ancho(cm)	largo(cm)	ancho(cm)
29	17.5	29	17.5		

Espesores promedio de los lados (mm)		
1	2	3
5.2	5.1	

	APLICACIÓN DE CARGA O MASA		
	1	2	3
Distancia entre apoyos (cm)	40	40	
Longitud de brazo (cm)	87	87	
Peso de tara (kg)	0.982	0.982	
Masas (kg)	5.282	5.282	
Volumen de agua (lt)	10	9.4	
PESO TOTAL (kg)	16.264	15.664	
Espesor de contacto (cm)	1.5	1.5	
CARGA (Kg)	-	-	

Masa del espécimen (gr)		
1	2	3
296	305	265

Dimensiones nominales					
1		2		3	
largo(cm)	ancho(cm)	largo(cm)	ancho(cm)	largo(cm)	ancho(cm)
28.5	16.5	29.5	17	29	16.5

Espesores promedio de los lados (mm)		
1	2	3
5.5	5.5	6

	APLICACIÓN DE CARGA O MASA		
	1	2	3
Distancia entre apoyos (cm)	40	40	40
Longitud de brazo (cm)	87	87	87
Peso de tara (kg)	0.982	0.982	0.982
Masas (kg)	7.115	6.9	7.88
Volumen de agua (lt)	2	-	3.21
PESO TOTAL (kg)	10.097	7.882	12.072
Espesor de contacto (cm)	1.5	1.5	1.5
CARGA (Kg)	-	-	-

Puede destacarse que el lote verde fabricado con hojuelas con limpieza manual ha soportado una carga máxima de 16.26 Kg sobre la carga que el lote café que ha soportado 12.07Kg

3.9 ENSAYO A TENSION TEJA – CTC – FUNDASAL

Se procedió a tomar los datos, pesos y dimensiones, de cada uno de los especímenes a ensayar; luego se colocó el espécimen en la maquina universal, ajustando los apoyos y el punto de transferencia de carga en el espécimen, debido a su forma cóncava. Posteriormente se aplica la carga al espécimen hasta su punto de ruptura. Este proceso se realizó con tres especímenes, dos de ellos de PET reciclado y un espécimen de PET reciclado y PP, siendo este último el único que se deforma sin colapsar. Puede destacarse que de los tres especímenes la teja de PET lote café más PP ha soportado una carga máxima de 200Kg sobre 160 Kg de lote verde y 120 Kg lote café.

Los anteriores ensayos fueron desarrollados en el Centro de Tecnologías Constructivas CTC de FUNDASAL.

It may be noted that the green batch flakes made with manual cleaning has supported a maximum load of 16.26 kg load on the lot coffee that has supported 12.07Kg

3.9 TENSION TEST TILE- CTC - FUNDASAL

The data, weights and dimensions of each of the specimens to be tested was taken and then the specimen was placed in the universal machine, adjusting the supports and the point of load transfer in the specimen due to its concave shape. Load is then applied to the specimen to its breaking point. This process was conducted on three specimens, two of them made from recycled PET and one made from recycled PET and PP , the latter being the only one deformed without collapse.

It may be noted that of the three specimens file coffee lot more PP PET has supported a maximum load of 200Kg batch of 160 Kg and 120 Kg batch green coffee.

The above tests were developed in the Building Technologies Center FUNDASAL CTC.



Masa del espécimen (gr)		
1	2	3
345	295	249

Dimensiones nominales					
1		2		3	
largo(cm)	ancho(cm)	largo(cm)	ancho(cm)	largo(cm)	ancho(cm)
28.5	16.5	29.5	16.5	30	18.5

Espesores promedio de los lados (mm)		
1	2	3
5.5	4.9	4.35

Distancia entre apoyos (cm)
 Longitud de brazo (cm)
 Peso de tara (kg)
 Masas (kg)
 Volumen de agua (lt)
PESO TOTAL (kg)
 Espesor de contacto (cm)
CARGA(Kg)

APLICACIÓN DE CARGA O MASA		
1	2	3
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
1.5	1.5	1.5
200	120	160



Fig. 10 Ensayo aplicando carga gradual.



Fig. 11 Se realizaron dos sesiones de fundición, la primera en hornos de retemplado de acero el cual se precalentó a 300°C para que al abrir la compuerta se mantuviera constante 280°C ya que hay un pérdida de temperatura al introducir cada espécimen, se fundió PET reciclado en tonalidades verdosa que es el que se limpió antes de triturado.

Por el tamaño de los hornos la pieza que se obtiene es de 30x45cm se fundieron 20 piezas entre onduladas y planas al instante de ser enfiadas que serán instaladas en los modelos a escala para ser puesto a prueba a la intemperie.

Por otra parte gracias al apoyo de una empresa se tuvo acceso a un extrusor el cual inyectaba PET reciclado limpio en el ciclo de producción de la empresa, se fundieron 50Kg en 25 piezas. En esta oportunidad se ha tenido que deshumidificar durante dos horas la hojuela de PET para que el equipo no tenga obstrucciones.

Cabe destacar que la temperatura a la cual trabaja el equipo es mayor a 300°C por lo que el material es quebradizo al ser enfiado al instante. Así mismo se fundieron piezas mezclando PP y color rojo, obteniendo mejores resultados en las placas finales, poco quebradiza.





FUENTES CONSULTADAS

- [1] García S. Referencias históricas y evolución de los plásticos, Valencia, España. 2008
- [2] Albert G. H. Dietz. Plásticos para Arquitectos y Constructores. Reverte, 1973. Barcelona, España.
- [3] Otto M. Leidenger. Procesos Industriales. Fondo Editorial PUCP. 1997
- [4] <http://iq.ua.es/TPO/Tema1.pdf>, abril 2012
- [5] S. Kalpakjian, R. Schmid. Manufactura, Ingeniería y Tecnología. Pearson Educación. 2002
- [6] María L. Cornish Alvarez. El ABC de Los Plásticos. Universidad Iberoamericana, 1997
- [7] William D. Callister. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Editorial Reverté. Barcelona, España. 2007
- [8] Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas. Pearson Educación, 1997
- [9] M. Beltrán y A. Marcilla. Tecnología de polímeros, Proceso de Compresión, 2009.
- [10] Modern Plastics y Charles A. Harper, «Volumen 1» de Manual de Plásticos, México, McGraw-Hill Interamericana, 2004
- [11] Modern Plastics y Charles A. Harper, «Volumen 2» de Manual de Plásticos, México, McGraw-Hill Interamericana, 2004
- [12] [<http://goo.gl/0xpGN>], mayo 2012]
- [13] Patente EHRHARDT WERNER [DE], (2005, 26 de mayo). Method for the production of PET sheets.
- [14] Patente TOTH VIKTOR [SK]; POMIKALA RASTISLAV M [SK]; JERZ JAROSLAV [SK], (2012, 3 de mayo). Method for producing of structural element with PET foil surface layer, structural element and use of it.
- [15] Patente BORGER HEINZ-WERNER [DE]; ADELMANN CHRISTOPH [DE], (2001, 3 de mayo). Insulation sheets, e.g. for building applications, are made by chopping PET bottle waste, melt spinning to staple fiber and pressing to mats with bonding fibers.
- [16] Gaggino, Rosana. "Elementos constructivos con PET reciclado". *Revista Tecnología y Construcción*. Caracas, Venezuela. Ed. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción –IDEC- Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. 2003. N° II, Vol. 19, pp. 51 a 64.
- [17] Tecnología del Plástico, (2011, agosto-septiembre). Reciclaje PET: de Tendencia a Negocio.



Fig. 12 En la imagen superior se observa como el material tiene buena adherencia en superficies porosas, en este caso se ha pegado con cemento de contacto a un panel de fibrocemento, en la siguiente imagen se observan las diversas placas atornilladas como forro de pared ó celosía. Abajo se muestran las tejas tipo araba instaladas en su estructura al 30% de pendiente.



CAP. 4
COMPORTAMIENTO TÉRMICO

4.1 INTRODUCCIÓN

Las pruebas a las probetas están enmarcadas en el proyecto "Sistema Constructivo Para Cubiertas y Envoltentes Livianos de Baja Conductividad Térmica Derivados del Reciclaje de Plásticos", el cual busca, generar conocimiento tecnológico por medio de la investigación, en el área de sistemas y materiales constructivos para cubiertas y envoltentes. Esto permitirá la disponibilidad de materiales de construcción adecuados para la población sin acceso a tecnología apropiada; además de disminuir la disposición final en los rellenos sanitarios de materiales de biodegradación prolongada.

Las pruebas térmicas realizadas son:

- Conductividad térmica
- Reflectividad
- Transmisividad
- Calor específico
- Dilatación térmica
- Densidad

En el caso de la conductividad térmica, la reflectividad y la transmisividad se realizaron pruebas antes y después de someter a las probetas a radiación UV, para tratar de predecir su degradación por este efecto.

4.2 METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Se proporcionaron 25 probetas, a todas ellas se les midió la reflectividad y transmisividad, después se seleccionaron 8 probetas para medir la conductividad. Los criterios de selección fueron dos que tienen relación con el proceso de fabricación de ellas, el primero se refería a las deformaciones sufridas por el método de fabricación, y se calificaron según los siguientes criterios:

- 1: superficies planas
- 2: superficies ligeramente deformadas
- 3: superficies muy deformadas

El segundo criterio se refiere a lo translucido de las probetas, debido a que por la fabricación estas muestran partes opacas y partes translúcidas, estas se calificaron según el siguiente criterio:

- A: translúcidas
- B: poco opacas
- C: muy opacas

Las probetas seleccionadas para medir la conductividad tienen que cumplir con ser A1, superficies planas y translúcidas.

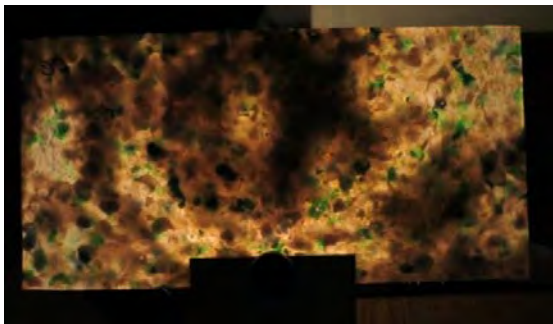


Fig. 1 Probetas térmicas

C: Muy opaca

4.1 INTRODUCTION

The tests to the specimens are framed under the project "Building System with Low Thermal Conductivity and Lightweight for Roofing and Enclosures Derived from Plastics Recycling," which seeks to generate technological knowledge through research in the area of roofing and enclosures systems and materials. This will allow the availability of suitable construction supplies for the population without access to appropriate technology, in addition to reducing the final disposal in landfills of prolonged biodegradation materials.

Thermal tests performed are:

- Thermal Conductivity
- Reflectivity
- Transmissivity
- Specific Heat
- Thermal expansion
- Density

In the case of thermal conductivity, reflectivity and transmissivity tests were made before and after submitting the samples to UV radiation, to try to predict degradation by this effect.

4.2 METHODOLOGY AND RESULTS

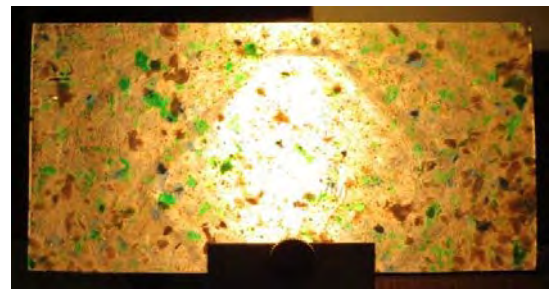
25 specimens were provided; the reflectivity and transmissivity was measured in all of them, next, eight specimens were selected to measure the conductivity. The selection criteria were the two that relate to the process of making them, the first related to the deformation suffered by the method of manufacture, and were graded according to the following criteria:

1. flat surfaces
2. slightly deformed surfaces
3. very deformed surfaces

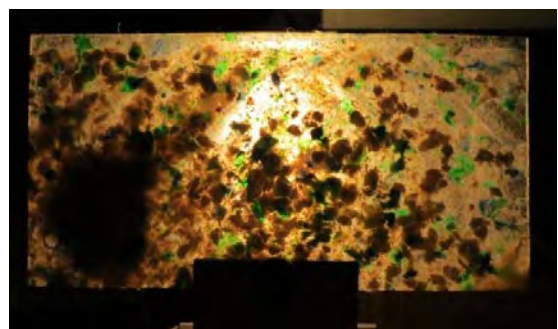
The second criteria relates to translucent specimens, because due to manufacturing these specimens show opaque and translucent parts, these were rated according to the following criteria:

- A. translucent
- B. slightly opaque
- C. very opaque

The selected specimens for measuring the conductivity must be A1 category, flat and translucent.



A: Traslúcida



B. Poco opaca

4.3 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Para la medición de la conductividad térmica se utilizó la caja térmica, la cual consiste en una caja aislada y una fuente de calor en su interior, con ventanas en cuatro de sus paredes para colocar las probetas.

La fuente de calor genera cierta cantidad de calor el cual, debido al aislamiento térmico, es obligado a salir por las ventanas donde están colocadas las probetas, al ser estas ventanas iguales, la cantidad de calor es igualmente repartido por las cuatro ventanas. Se utilizaron ocho muestras seleccionadas de un total de 25 probetas. La conductividad térmica es una propiedad del material que indica que tan buen o mal conductor del calor por conducción es el material.

$$\dot{Q}_{cond} = k * A * \frac{\partial T}{\partial x} \text{ (Ecuación de Fourier)}$$

Para el caso, la relación empleada en el cálculo de la conductividad, considerando flujo de calor uniforme y estado estable es:

$$k = \dot{Q}_{cond} / \left(A * \frac{\Delta T}{\Delta x} \right)$$

K: conductividad térmica

A: área transversal al flujo de calor

ΔT: diferencia de temperatura entre las caras de la probeta.

Δx: espesor de la probeta.

Q_{cond}: calor por conducción

La conductividad medida para las probetas proporcionadas es:

Promedio antes de UV	0.12 ± 0.01	W/m-K
----------------------	--------------------	--------------

4.4 REFLECTIVIDAD (REFLECTANCIA)

La reflectancia es propiedad de una superficie (material, rugosidad, etc.) e indica que fracción de energía incidente refleja dicha superficie.

Esta prueba se realiza sobre las dos caras de todas las probetas (25) ya que éstas, presentan diferencias debido a marcas de los moldes de fabricación, llamando cara A a la superficie libre y cara B a la superficie en contacto con el molde.

Sobre cada una de las caras de cada probeta se hace incidir cierta cantidad de energía radiante midiendo la energía radiante que ésta refleja, y la relación entre estas energías es la reflectividad del material.

$$\rho = \frac{\text{Energía reflejada}}{\text{Energía incidente}}$$

La reflectividad medida en las probetas proporcionadas es:

categoría		Antes de UV	
C1	C2	Lado A	Lado B
1	A	10.05	9.04
1	B	10.89	9.53
1	C	10.96	10.96
2	A	8.54	8.57
2	B	NA	NA
2	C	12.31	10.72
3	A	NA	NA
3	B	12.09	11.69
3	C	11.23	13.74
Promedio		10.87±1.53	10.61±1.53

Tab. 1 Reflectividad. Fuente: elaboración propia

4.3 THERMAL CONDUCTIVITY

To measure the thermal conductivity the thermal box was used, which consists in an insulated box and a heat source in its interior, with windows on its four walls to place the specimens. The heat source generates a certain amount of heat which due to the thermal insulation, is forced out through the windows where the samples are placed. For these windows to be equal, the amount of heat is equally distributed to each one of them. Eight samples selected from a total of 25 specimens were used. Thermal conductivity is a material property that indicates how good or bad heat conductor is the material.

$$\dot{Q}_{cond} = k * A * \frac{\partial T}{\partial x}$$

For the case, the relationship used in the calculation of the conductivity, considering uniform heat flux and steady state is:

$$k = \dot{Q}_{cond} / \left(A * \frac{\Delta T}{\Delta x} \right)$$

K: thermal conductivity

A: cross-sectional area heat flux

ΔT: temperature difference between the sides of the specimen.

Δx: specimen thickness.

Q_{cond}: conductive heat

The conductivity measured for the samples provided is:

Promedy before UV	0.12 ± 0.01	W/m-K
-------------------	--------------------	--------------

4.4 REFLECTIVITY (REFLECTANCE)

The reflectance is a property of a surface (material, roughness, etc.) And indicates what fraction of incident energy reflects that surface.

This test is performed on both faces of all the specimens (25) since these present different markings due to the manufacturing molds; calling side A to the free surface and side B to the surface in contact with the mold.

On the surface of each sample is impinged certain amount of radiant energy measuring the radiant energy it reflects, and the ratio between these powers is the reflectivity of the material.

$$\rho = \frac{\text{Reflectivity Energy}}{\text{Incident Energy}}$$

The reflectivity measurement provided by test specimens is: (Tab. 1)



Fig. 2 Ensayo de Reflectividad

En promedio la cara A refleja el 10.87% (reflectancia = 0.11) de la luz incidente, y la cara B el 10.61% (reflectancia = 0.11), prácticamente no hay diferencia entre las dos caras. Aunque la reflectividad que interesa es la de las placas catalogadas como 1ª, la cual tienen valores de 0.1 la cara A y 0.09 la cara B, esta categoría de placas se volverá a evaluar después de someterlas a radiación UV.

4.5 TRANSMISIVIDAD (TRANSMITANCIA)

La transmitancia es una propiedad del material y el espesor de la muestra, en este caso, las probetas tienen un espesor promedio de 0.00324 m, por lo tanto, los datos proporcionados en las mediciones son válidos para este espesor, aunque si el material es homogéneo, la variación con el espesor es lineal, y por tanto se puede extrapolar para otros espesores.

Para medir la transmitancia, se hace incidir energía radiante por una de sus caras y se mide cuanta de esta radiación logra atravesar a la muestra, la relación entre la energía transmitida y la energía incidente es la transmisividad.

$$\tau = \frac{\text{Energía transmitida}}{\text{Energía incidente}}$$

La transmisividad medida en las probetas proporcionadas es:

Categoría		
C1	C2	Antes de UV
1	A	37.83
1	B	25.31
1	C	20.51
2	A	31.30
2	B	NA
2	C	16.89
3	A	NA
3	B	24.64
3	C	29.27

Tab. 2 Transmisividad. Fuente: elaboración propia

En este caso se espera gran diferencia de los valores de transmisividad entre las probetas calificadas como A, B y C, para el caso, se debe prestar atención a las catalogadas como A ya que son las que representan el producto deseado.

Categoría		
C1	C2	Antes de UV
1	A	37.83
2	A	31.30
Promedio		34.57±5.00

Tab. 3 Transmisividad. Fuente: elaboración propia

En promedio las muestras catalogadas tipo A transmiten el 34.57% (transmisividad = 0.35) de la energía incidente.

4.6 ABSORTIVIDAD (ABSORTANCIA)

La absorptividad es una propiedad del material y del espesor de éste.

On average, side A reflects the 10.87% (reflectance = 0.11) of the incident light, and side B 10.61% (reflectance = 0.11), there is virtually no difference between the two sides. Although the reflectivity of interest is the ones of the plates listed as 1ª, which have values of 0.1 for side A and 0.09 for side B, this category of plates will be reassessed after being submitted to UV radiation.

4.5 TRANSMISSIVITY (TRANSMITTANCE)

The transmittance is a property of the material and thickness of the sample, in this case, the specimens have an average thickness of 0.00324 m, therefore, the data provided in the measurements are valid for this thickness, although if the material is homogeneous, the variation in thickness is linear, and therefore can be extrapolated to other thicknesses. To measure the transmittance, radiant energy is impinged on one side and the amount of the radiation that gets through the sample is measured, the relationship between the transmitted energy and the incident energy is the transmissivity.

$$\tau = \frac{\text{Transmissiv Energy}}{\text{Incident Energy}}$$

The transmissivity measured in the provided specimens is: (Tab. 2)

In this case, the expected difference between the values of transmissivity specimens rated as A, B and C, for the case it should pay attention to those designated as A represent the desired product. (Tab. 3)

On average the type A samples transmit classified 34.57% (transmissivity = 0.35) of the incident energy.

4.6 ABSORPTIVITY (ABSORPTANCE)

The absorptivity is a property of the material and of its thickness, in this case, the samples have an average thickness of 0.00324 m, therefore, the data provided in the measurements are valid for this thickness, even if the material is homogeneous, the thickness variation is linear, and therefore can be extrapolated for other thicknesses.

The samples must meet the:

transmittance + reflectance + absorptance = 1 ratio, ($\tau + \rho + \alpha = 1$) because the same source is used, therefore the absorptance is:

Absorptance	54.56±15.28
-------------	--------------------

As being an indirect value, which is obtained by measuring two different properties, the value has a large uncertainty (28%)

On average the samples cataloged as A absorb 54.56% (absorptivity = 0.55) of the incident energy.

4.7 SAMPLES SUBMITTED TO UV

The classified as 1A specimens were submitted to UV radiation to observe its effect over their transmissivity, reflectivity and absorptivity properties. Three sets of data were taken, the initial ones after a equivalent of 40 days of UV exposure called intermediate and the final ones taken after a equivalent of 78.25 days. In the first 40 days the samples received 16,097 kJ/m² of UV energy in the wavelength range of 320 nm - 400 nm, and during the equivalent of 78.25 days received 31,483 kJ/m² of UV radiation in the range aforementioned. The variations can be seen in the following chart: (Tab. 4)

En este caso, las probetas tienen un espesor promedio de 0.00324m por lo tanto, los datos proporcionados en las mediciones son válidos para este espesor, aunque si el material es homogéneo, la variación con el espesor es lineal, y por tanto se puede extrapolar para otros espesores.

Las muestras deben de cumplir con la relación: transmitancia+reflectancia+absortancia = 1, ($T + \rho + \alpha = 1$) ya que se utiliza la misma fuente, por lo tanto la absortancia es:

Absortancia	54.56±15.28
-------------	--------------------

Como es un valor indirecto, que se obtiene midiendo dos propiedades distintas, el valor tiene una gran incertidumbre (28%)

En promedio las muestras catalogadas tipo A absorben el 54.56% (absortividad = 0.55) de la energía incidente.

4.7 MUESTRAS SOMETIDAS A UV

Las probetas catalogadas como 1A fueron sometidas a radiación UV para observar su efecto sobre sus propiedades de transmisividad, reflectividad y absortividad. Se tomaron tres series de datos, los datos iniciales después de 40 días fueron equivalentes de exposición a rayos UV llamados intermedios, y los datos finales tomados a los 78.25 días, fueron equivalentes.

En los primeros 40 días las muestras recibieron 16,097 kJ/m² de energía UV en el rango de longitud de onda 320 nm – 400 nm, y en los 78.25 días equivalentes recibieron 31,483kJ/m² de radiación UV en el rango mencionado. Las variaciones se observan en la siguiente tabla:

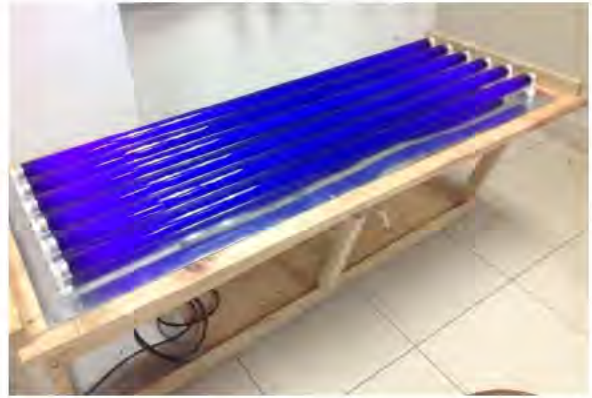


Fig. 3 Cámara de Rayos Ultravioleta UV, construida para tomar medida de cantidad de radiación UV en probetas térmicas

	medida inicial	medida intermedia	variación	Variación porcentual	medida final	variación	Variación porcentual
Conductividad (W/m-K)	0.12	0.10	0.02	16.67	0.07	0.05	41.67
Reflectividad	0.11	0.07	0.04	36.36	0.07	0.04	36.36
Transmisividad	0.35	0.40	-0.05	-14.29	0.40	-0.05	-14.29
Absortividad	0.54	0.53	0.01	1.85	0.53	0.01	1.85

Tab. 4 Variaciones en los datos. Fuente: elaboración propia

Se presentan los resultados en forma gráfica.

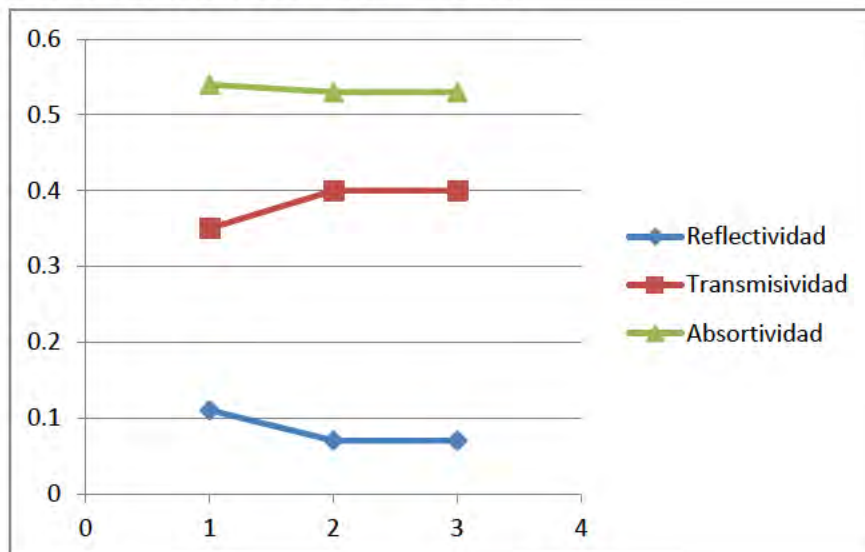


Fig. 4 Gráfica comparativa entre variables térmicas medidas. Fuente: Propia

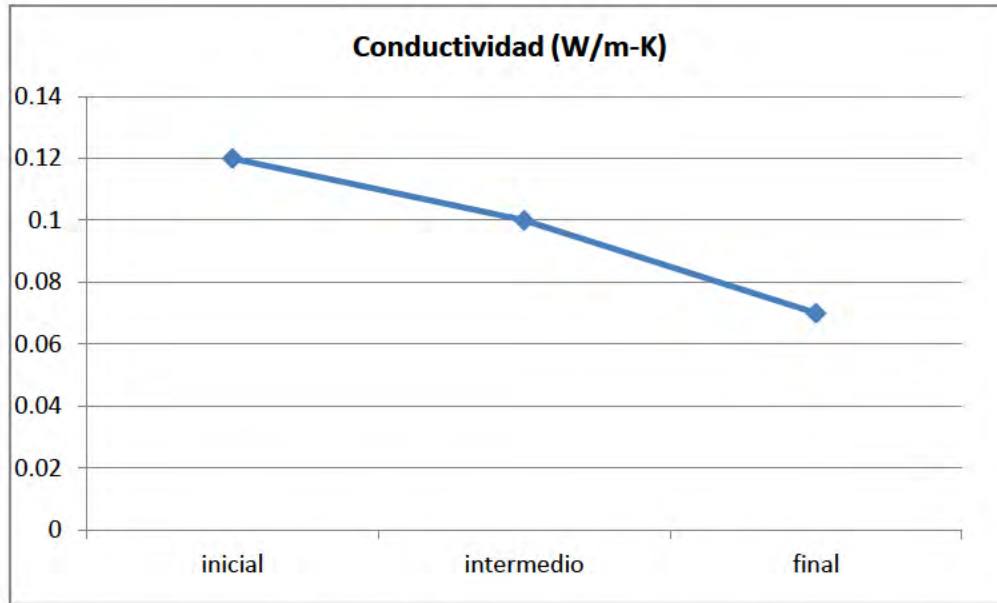


Fig. 5 Gráfica de Conductividad térmicas medidas. Fuente: Propia

A pesar del relativamente poco tiempo de exposición a los rayos UV se observa una variación apreciable en la conductividad térmica del material. También se observa una disminución apreciable en su reflectividad que afecta a la transmisividad.

Results are presented in graphical form. Despite the relatively short time of exposure to UV radiation is observed a significant variation in the thermal conductivity. Also a significant decrease in reflectivity that affects transmissivity its observed.

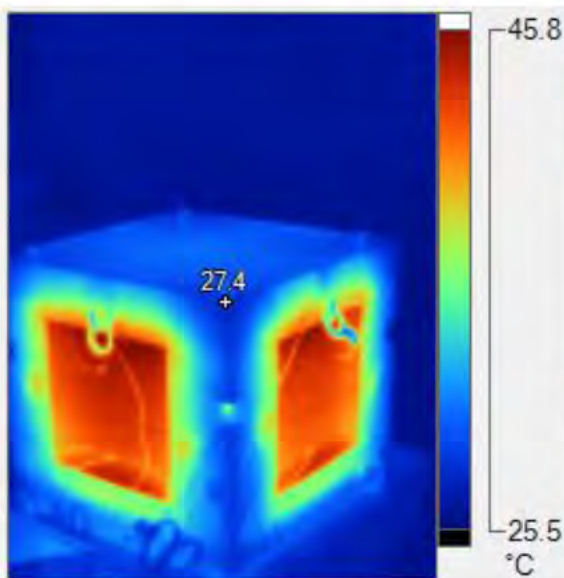
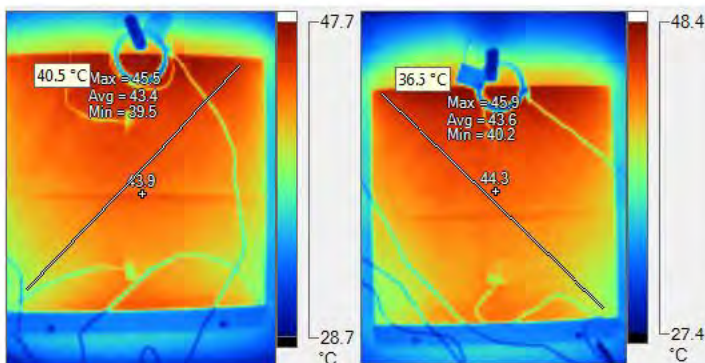


Fig. 6 Imágenes termográficas de caja térmica con las 8 probeta térmicas



Fig. 7 Arriba: Caja Térmica con fuente de energía activada. Abajo: 8 probetas térmicas instaladas en 4 caras en interior de Caja Térmica



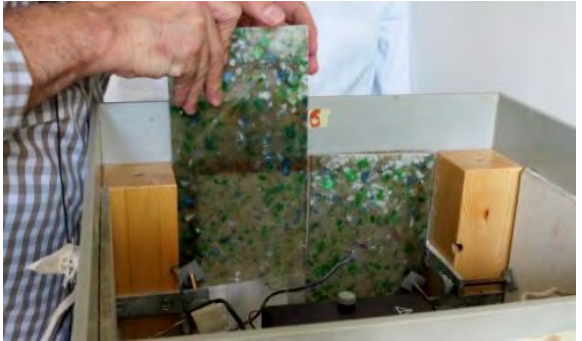
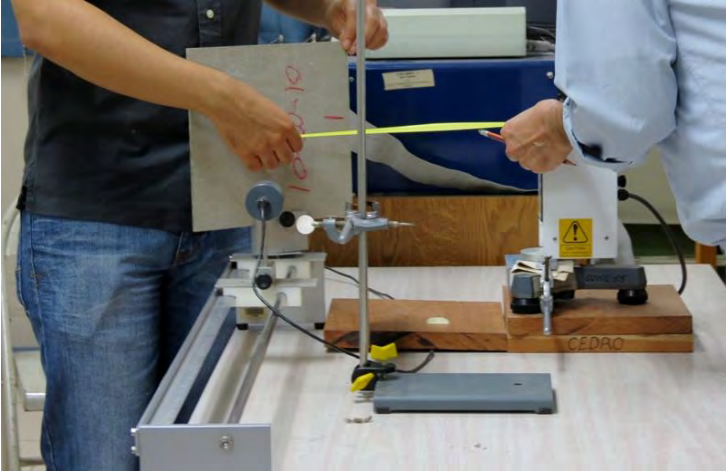


Fig. 8 Columna derecha, arriba de estas líneas: Ensayo de Conductividad térmica, realizado en Caja Térmica con sensores de temperatura, y lector digital.

Columna izquierda: Ensayos de Reflectividad, transmisividad, absorptividad.

4.8 CALOR ESPECÍFICO

El calor específico es una propiedad del material y se define como la cantidad de calor que hay que añadir a la unidad de masa del material para que éste cambie su temperatura en 1 grado de temperatura.

$$c = \frac{Q}{m * \Delta T}$$

En este caso se utilizó un calorímetro, el cual consiste en un recipiente aislado térmicamente, en el que se deposita cierta cantidad de agua a una temperatura conocida, posteriormente se introduce la probeta de masa conocida a una temperatura diferente y se espera a que el sistema se estabilice a una temperatura final, en este punto se realiza un balance de energía considerando que el agua y la probeta están en equilibrio térmico.

$$m_{agua}c_{agua}(T_{equilibrio} - T_{i\ agua}) = m_{probeta}c_{probeta}(T_{i\ probeta} - T_{equilibrio})$$

El calor específico de las probetas es:

calor específico	1.03±0.11	kJ/kg-K
------------------	-----------	---------

4.9 COEFICIENTE DE DILATACIÓN

El coeficiente de dilatación es una propiedad del material y se define como la variación de las dimensiones lineales por unidad de longitud al ser sometida la muestra a un cambio en la unidad de temperatura.

$$\beta = \frac{\Delta L}{L * \Delta T}$$

Se sometieron las muestras a un cambio de temperatura desde 27 °C hasta 75.7 °C, y no se apreciaron cambios en sus dimensiones, por lo tanto su coeficiente de dilatación es muy pequeño y no es posible medirlo en las condiciones realizadas.

4.10 DENSIDAD

La densidad es una propiedad del material y se define como la masa de la muestra por unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Densidad	1348±27	kg/m ³
----------	---------	-------------------



Fig. 9 Ensayo de coeficiente de dilatación

4.8 SPECIFIC HEAT

The specific heat is a material property and is defined as the amount of heat which must be added to the unit mass of the material for it to change its temperature by 1 degree temperature.

$$c = \frac{Q}{m * \Delta T}$$

In this case a calorimeter was used, which consists of a thermally insulated container in which a certain amount of water at a known temperature is deposited, then the specimen with a known mass is introduced at a different temperature and then it waits until the system stabilizes at a final temperature, at this point an energy balance is performed considering that both the specimen and the water are in thermal equilibrium.

$$m_{water}c_{water}(T_{equilibrium} - T_{i\ water}) = m_{specimen}c_{specimen}(T_{i\ specimen} - T_{equilibrium})$$

The specific heat of the specimen is:

calor específico	1.03±0.11	kJ/kg-K
------------------	-----------	---------

4.9 COEFFICIENT OF EXPANSION

The coefficient of expansion is a material property and is defined as the change of the linear dimensions per unit length when the sample is submitted to a change in the temperature unit. The samples were submitted to a temperature change from 27 °C to 75.7 °C, and no changes in their dimensions were presented, so its coefficient of expansion is very small and cannot be measured in the stated conditions.

4.10 DENSITY

The Density is a material property and is defined as the sample mass per volume unit.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Density	1348±27	kg/m ³
---------	---------	-------------------



Fig. 10 Proceso constructivo de Cámara de Rayos UV, para obtener mediciones y estimar degradación.



A) Corte de piezas de estructura



F) Pulido de lámina para forro



B) Ensamblaje de estructura



G) Instalación eléctrica lámpara UV



C) Trazo en lámina de acero de forro



H) Introducción de probetas térmicas en cámara UV



D) Corte de lámina



I) Placas Sometida a radiación UV



E) Corte de lámina



J) Probetas Térmicas introducidas en Cámara UV por período prolongado

Fig. 11 PROCESO DE ELABORACION DE PROBETAS TÉRMICAS.

A continuación se presenta el procedimiento seguido para la elaboración de las probetas fabricadas para los diferentes ensayos térmicos a realizar:

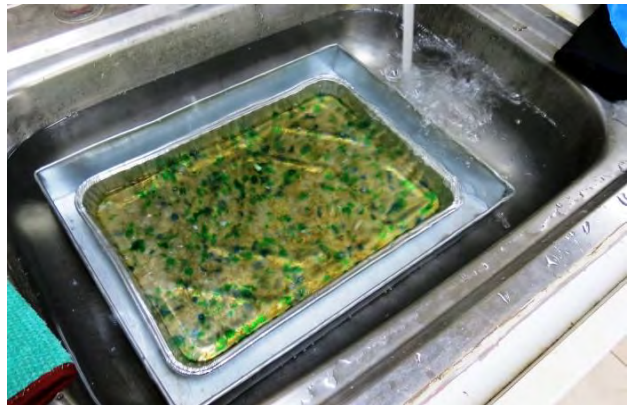
1. Pre calentamiento de la fuente de calor, mufla. (45-50 min) hasta 280°C
2. Aplicación de antiadherente a base de silicón, al molde de aluminio.
Medición de peso y volumen de muestra para ser colocada posteriormente en el molde. (463.44 gr c/u).
3. Introducción del molde con muestra a la fuente de calor, mufla a 280°C
4. Extracción de la placa fabricada de la fuente de calor, posterior al tiempo necesario para su fundición (15 minutos)
Se sumerge la placa en agua para lograr un enfriamiento inmediato a 24°C por 5 minutos
5. Desmolde de la placa fabricada. y trazo de probetas en placas, según las dimensiones requeridas.
6. Corte de placas con dimensiones de 12.5cm x 25cm.
7. Afinado del perímetro de probetas (pulido y lijado).



1 6



5

2 6
3

4



7



7



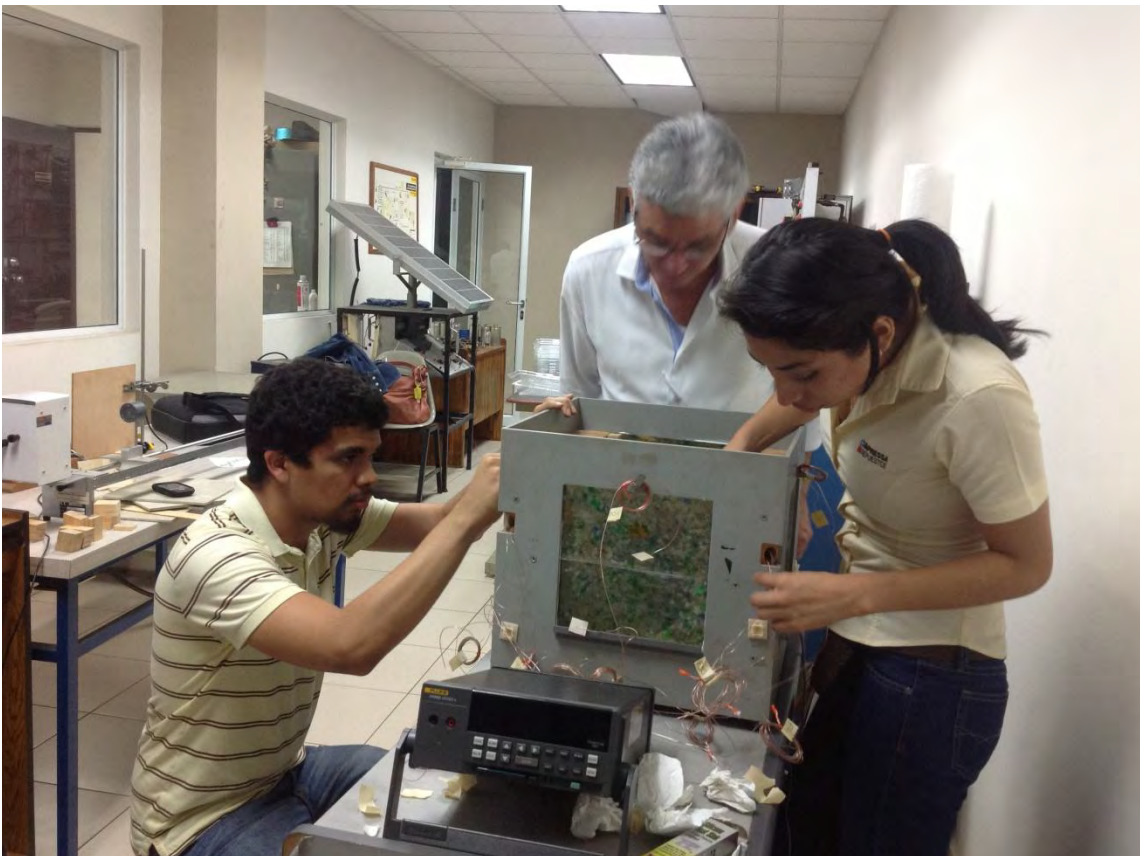
7



8



9



Instalación de placas en laboratorio de transferencia de calor

#EXPERIMENTO	FECHA	LUGAR	FUENTE DE CALOR	TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO (min)	TIEMPO DE FUNDICIÓN (min)	TEMPERATURA DE FUNDICIÓN (°C)	FORMA DE ENFRIAMIENTO	ANTIADHERENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (m)	PESO DE MUESTRA (gr)	TIPO DE MOLDE
PROB #	1-22/02/201	Laboratorio de Ciencias de los Materiales	Mufla	50	16	270	Enfriamiento Inmediato con Agua (sumergido)	No	1000	463.44	Aluminio

#EXPERIMENTO	FECHA	DIMENSIONES DE MOLDE				PROBETAS FINALES									
		LARGO(mm)	ANCHO(mm)	AREA (mm²)	ALTO(mm)	Peso de Placa (g)	Peso de probeta (g)	Espesores de probeta (mm)					Espesor Promedio (mm)	Volumen de Placa 250x125xE(mm³)	
PROB #1	21-feb-13	300	200	60000	30	456 73	265 48	5 2	6 76	6 58	5 54	7 49	7 87	39 44	1232500
PROB #2	21-feb-13	300	200	60000	30	413 47	245 4	5 89	6 25	5 79	6 4	6 24	5 33	35 9	1121875
PROB #3	21-feb-13	300	200	60000	30	418 41	244 03	6 24	6 58	5 97	6 5	6 12	5 48	36 89	1152812 5
PROB #4	21-feb-13	300	200	60000	30	419 92	243 22	5 81	6 15	5 64	6 09	6 6	5 86	36 15	1129687 5
PROB #5	21-feb-13	300	200	60000	30	411 8	247 97	6 45	6 86	5 84	6 19	6 55	5 48	37 37	1167812 5
PROB #6	21-feb-13	300	200	60000	30	433 16	237 07	6 83	6 76	7 19	6 45	5 1	5 48	37 81	1181562 5
PROB #7	22-feb-13	300	200	60000	30	431 69	242 31	6 22	6 22	6 12	5 87	5 66	6 01	36 1	1128125
PROB #8	22-feb-13	300	200	60000	30	440 38	260 66	7 7	7 6	6 55	6 53	5 41	5 63	39 42	1231875
PROB #9	22-feb-13	300	200	60000	30	427 41	234 01	5 84	6 22	5 77	5 89	5 68	5 51	34 91	1090937 5
PROB #10	22-feb-13	300	200	60000	30	433 53	239 25	4 97	6 53	6 48	5 58	6 12	5 58	35 26	1101875
PROB #11	22-feb-13	300	200	60000	30	436 44	238 06	6 7	6 5	5 31	6 09	5 28	5 23	35 11	1097187 5
PROB #12	22-feb-13	300	200	60000	30	434 77	245 88	6 01	5 61	6 86	5 2	6 32	7 06	37 06	1158125
PROB #13	22-feb-13	300	200	60000	30	409 81	241 86	6 01	5 91	5 05	6 4	6 19	5 2	34 76	1086250
PROB #14	22-feb-13	300	200	60000	30	423 9	239 7	5 77	6 1	6 4	5 3	6 42	5 48	35 47	1108437 5
PROB #15	22-feb-13	300	200	60000	30	487 47	215 66	5 82	5 49	5 23	5 66	5 41	5 3	32 91	1028437 5
PROB #16	22-feb-13	300	200	60000	30	408 54	221 3	2 41	5 59	5 66	5 63	5 1	5 38	29 77	930312 5
PROB #17	22-feb-13	300	200	60000	30	422 62	235 97	6 12	5 89	5 36	6 45	5 87	5 61	35 3	1103125
PROB #18	22-feb-13	300	200	60000	30	395 03	214 42	5 03	5 64	5 59	5 1	5 56	5 35	32 27	1008437 5
PROB #19	22-feb-13	300	200	60000	30	389 33	226 64	6 3	5 41	4 65	5 91	6 07	6 62	34 96	1092500
PROB #20	22-feb-13	300	200	60000	30	378 55	214 28	5 74	6	5 54	5 08	5 61	5 68	33 65	1051562 5
PROB #21	22-feb-13	300	200	60000	30	378 2	210 64	2 12	5 26	5 08	5 61	5 15	5 56	28 78	899375
PROB #22	22-feb-13	300	200	60000	30	390 16	220 83	5 38	5 77	6 12	5 25	5 79	5 48	33 79	1055937 5
PROB #23	22-feb-13	300	200	60000	30	383 52	209 76	5 33	5 46	5 36	4 97	4 69	5 1	30 91	965937 5
PROB #24	22-feb-13	300	200	60000	30	379 73	214 9	5 33	5 56	5 66	5 2	5 41	5 3	32 46	1014375
PROB #25	22-feb-13	300	200	60000	30	383 05	217 42	5 91	6 02	4 9	5 3	5 99	5 56	33 68	1052500

Tab. 5 Datos de elaboración de probetas Fuente: elaboración propia

4.11 ENSAYO A TENSIÓN EN PROBETAS TÉRMICAS.

Se realizaron ensayos en la Máquina Universal para verificar si existía diferencia en la resistencia del material después de haberse expuesto a radiación. Para eso se preparó dos grupos de cinco probetas cada uno de 5.0amx

4.11 TEST SPECIMENS IN THERMAL.

Assays were performed to verify Universal Machine if there was a difference in the strength of the material after exposure to radiation. It was prepared for two groups of five specimens each 5.0amx

PROBETA	ancho Wc1	ancho Wc2	ancho Wc3	ancho Wc	espesor t1	espesor t2	espesor t3	espesor t	Área promedio inicial	Esfuerzo Kgf/cm²	Esfuerzo promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación %
NO 1	54.00	54.72	55.12	54.61	6.00	6.28	5.10	5.79	316.39	64.3	57.9	18.1	31.3
NO 2	53.28	53.34	53.60	53.41	6.00	5.62	5.78	5.80	309.76	73.4			
NO 3	56.50	55.70	55.72	55.97	5.66	5.88	5.74	5.76	322.41	74.6			
NO 4	57.36	57.66	57.20	57.41	6.38	6.24	6.14	6.25	358.98	40.9			
NO 5	47.80	48.10	47.82	47.91	6.64	6.08	5.38	6.03	289.04	36.4			
UV-1	55.12	54.14	54.92	54.73	6.32	6.54	6.74	6.53	357.55	54.9	71.6	19.3	26.9
UV-2	54.88	55.22	54.90	55.00	5.64	5.70	6.40	5.91	325.23	82.8			
UV-3	52.96	53.92	53.72	53.53	5.70	5.80	5.80	5.77	308.71	62.3			
UV-4	60.00	59.28	61.00	60.09	6.08	6.48	6.54	6.37	382.59	100			
UV-5	58.90	59.32	59.00	59.07	6.08	6.22	6.20	6.17	364.29	57.9			

Tab. 6 Datos de ensayo. Fuente: elaboración propia

Revisando la diferencia de medias poblacionales para muestreo pequeño a un nivel de significación de 0.05 el valor t de student da -1.04 y está dentro de la tolerancia de ± 2.31 , por lo que se concluye que **no hay diferencia significativa entre las dos medias.**

Los datos son:

- X1: Media probetas código NO = 57.9 kgf/cm²
- s1: Desviación estándar Muestra código NO = 18.1 kgf/cm²
- n1: N° de muestras código NO=5
- X2: Media probetas código UV = 71.6 kgf/cm²
- s2: Desviación estándar Muestra código UV = 19.3 kgf/cm²
- n2: N° de muestras código UV=5

Valor crítico para un nivel de significación de 0.05 es $t_{0.025} = \pm 2.31$

Valor a t a calcular y confrontar haciendo la hipótesis nula $H_0 (X_1 = X_2)$

$$t = (X_1 - X_2) / (\sqrt{(n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2) \times \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}) = -1.04$$

Este valor está dentro de ± 2.31 lo que implica que no hay diferencia significativa de medias.

(Ver Capítulo 5 Muestreo pequeño p.129-145 de Estadística II Métodos prácticos de inferencia estadística, 2a edición Gildaberto Bonilla, UCA Editores, 5ª reimpresión 2009.)

Reviewing the population average differences for small sampling to a level of significance of 0.05 the t value gives -1.04 and is within the tolerance of ± 2.31 , so it is concluded that **no significant difference between two averages.**

The data is:

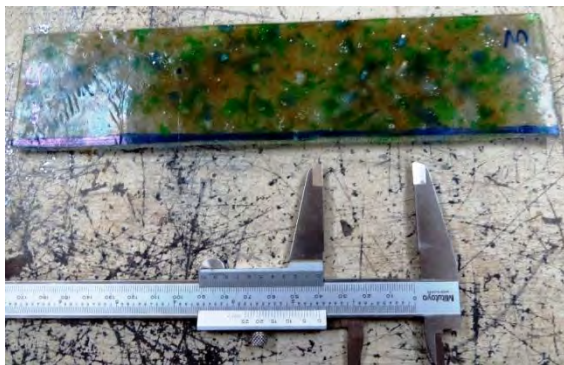
- X1: Average specimen code NO = 57.9 kgf/cm²
- s1: Sample Standard Deviation Code NO=18.1 kgf/cm²
- n1: Number of samples = 5 NO code
- X2: Specimens average UV code = 71.6 kgf/cm²
- s2: Sample UV Standard Deviation code=19.3 kgf/cm²
- n2: Number of samples = 5 UV code

Critical value for a significance level of 0.05 is $t_{0.025} = \pm 2.31$

t value to calculate and confront making a null hypothesis $H_0 (X_1 = X_2)$

$$t = (X_1 - X_2) / (\sqrt{(n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2) \times \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}) = -1.04$$

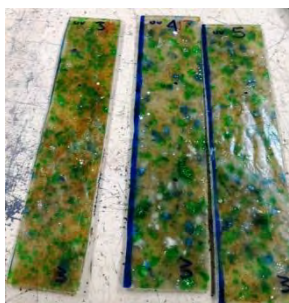
This value is within ± 2.31 implying that there was no significant average difference.



1



2



3



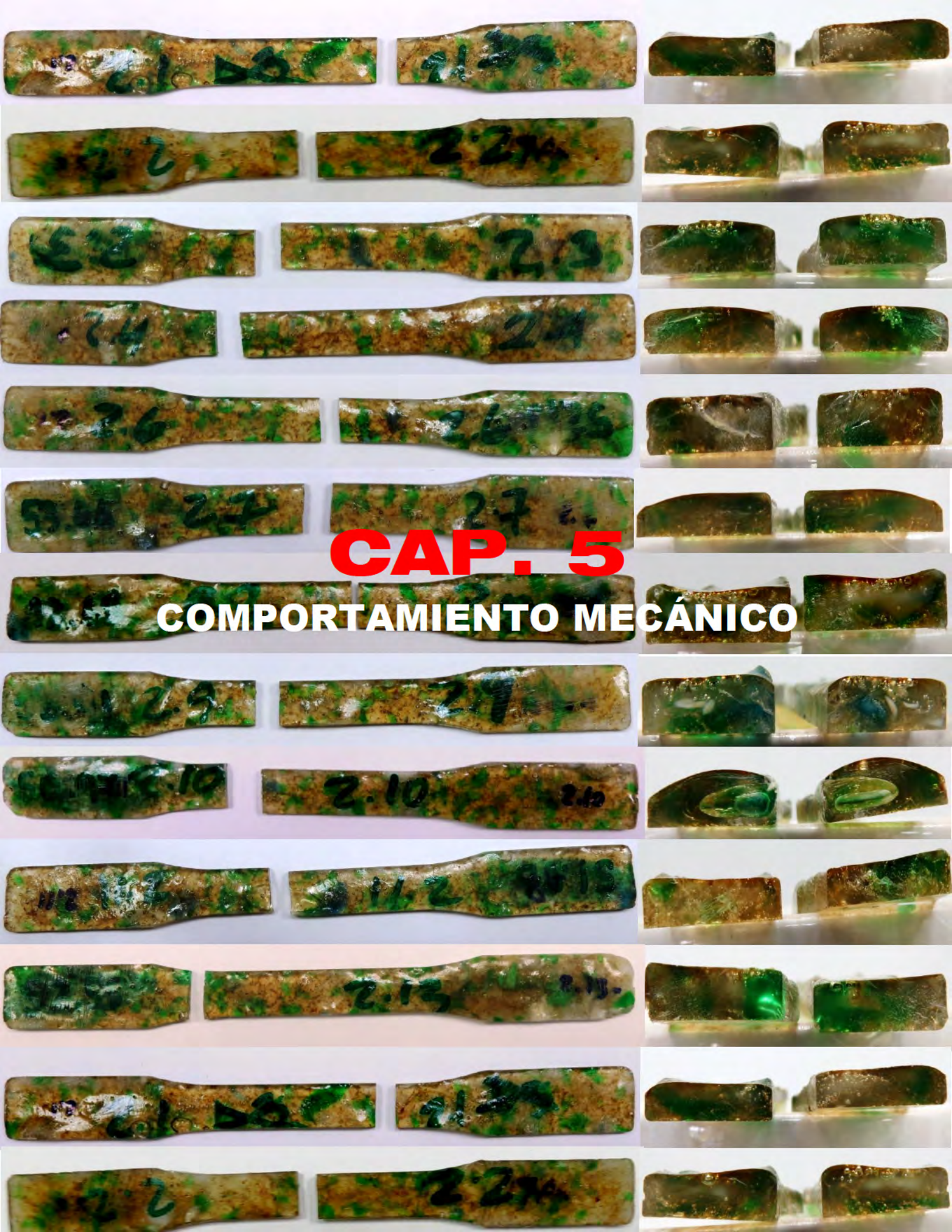
4



5



Fig. 12 Proceso de ensayo resistencia a la ruptura a 10 probetas: 5 sin radiación UV y 5 con radiación UV en cámara de radiación



CAP. 5

COMPORTAMIENTO MECÁNICO

5.1 INTRODUCCIÓN

Un objeto se comportará ante la aplicación de una carga dependiendo de las propiedades mecánicas del material de cual está hecho. Si se conocen estas propiedades, se puede definir una forma para que un producto elaborado con dicho material funcione adecuadamente para el fin que fue elaborado. Para que este producto siga cumpliendo su función durante toda su vida útil, se debe saber cómo varían estas propiedades con el tiempo cuando está expuesto a las condiciones ambientales en las que funcionará. Todos estos elementos inciden en la cantidad de material a usar, la duración y la confiabilidad del producto; lo que luego se traduce en una factibilidad económica. Como parte del estudio de factibilidad de plástico reciclado para envoltorios de construcción, se determinó que es parte fundamental conocer estas propiedades para establecer una geometría, masa y proyección de vida. El Manual de Plásticos [1, p. 11.7] lista las propiedades del material necesarias para los cálculos de diseño estructural, y los separa según forma. Como el objetivo final de uso es una cubierta envolvente, la forma que se adapta mejor para el análisis es la de placas y vigas. Las propiedades sugeridas son: Módulo de tensión, módulo secante, módulo de flujo plástico a la tensión, módulo de esfuerzo cortante, relación de Poisson, esfuerzo de tensión en el punto de fluencia, esfuerzo de ruptura por flujo plástico a la tensión, resistencia al esfuerzo cortante.

Según el Manual de Plásticos de *Modern Plastics* [1, p. 11.16], la lista los métodos de prueba empleados comúnmente para determinar las propiedades de los plásticos para análisis estructural son los que se muestran en la Tabla 1.

Realizar una caracterización completa del PET reciclado a partir de botellas de bebidas es un estudio muy extenso. Para analizar la factibilidad económica, se puede reducir el número de pruebas hasta un mínimo que permita realizar un diseño preliminar que haga que se descarte o no el material para ser usado en un producto. Si el diseño resultante tiene potencial económico, entonces valdrá la pena completar esta caracterización. El uso y las condiciones ambientales determinan cuáles pruebas son las pertinentes. Como la factibilidad en estudio es el uso como cubierta envolvente, es decir, como techo o cubierta de pared, fue necesario establecer las propiedades deseables. Según lo presentado en la sección referente a "plásticos en edificios y construcción" del Manual de Ingeniería aplicada de plásticos [2]; recomienda para un sistema de techo, que la membrana debe ser lo suficientemente fuerte para soportar los esfuerzos y lo suficientemente flexible para acomodarse a cualquier movimiento del edificio, con una vida esperada de servicio que exceda los 10 años. También recomienda verificar cómo se alteran las propiedades debido a la exposición de los elementos ambientales. Para cubiertas de pared, requiere que los materiales se prueben a la tensión y al rasgado. De esto se deriva la necesidad de determinar el elemento que más altera las propiedades mecánicas en el material. Para tal efecto se consultó el libro "Efectos de luz UV y clima en plásticos y elastómeros" [3], el cual establece que los elementos que afectan en la durabilidad de los materiales plásticos expuestos al ambiente son:

5.1 INTRODUCTION

An object will behave before the application of a load depending on the mechanical properties of the material of which it is made. If these properties are known, a way for a product made with such materials works suitably for the purpose it was designed can be defined. For the product to continue to fulfill its function during its lifetime, it should be known how these properties vary with time when exposed to environmental conditions in which they work. All these elements influence the amount of material used, the duration and reliability of the product, which then results in economic feasibility.

As part of the recycled plastic's feasibility study for construction enclosures, it was determined that is essential to know these properties to establish a geometry, mass and projection of life. *Plastics Handbook* [1, p. 11.7] lists the material properties required for structural design calculations, and separates them by shape. As the ultimate goal of use is a wraparound cover, the form that is best suited for the analysis is the boards and beams. Suggested properties are Tensile Modulus, secant modulus, plastic flow module to tension, shear modulus, Poisson's ratio, tensile strength at yield point, breaking stress for plastic flow to tension, resistance to shear.

According to the *Modern Plastic's Handbook of Plastics* [1, p. 11.16], the list of test methods commonly employed to determine the properties of plastics for structural analysis are: Tension Properties, Poisson's ratio, Compressive Properties, Shear Modulus, Plastic Flow Stress, Fatigue in Tension, Friction Coefficient, Plastic Flow Flexion, Plastic Flow Compression, Flexural Fatigue, Fracture Toughness. (Tab.1)

To perform a complete characterization of recycled PET from beverage bottles is a very large study. To analyze the economic feasibility, it can reduce the number of tests to a minimum that allows doing a preliminary design that will discard or not the material for being used in a product. If the resulting design has economic potential, then it will be worth completing this characterization.

The use and environmental conditions determine which tests are pertinent. As the feasibility study is about the use as wraparound cover, as a roof or wall, it was necessary to establish the desirable properties. Accordingly to what is presented in the section "Plastics in Building and Construction" on the *Handbook of Applied Engineering to Plastics* [2]; recommendations for a roof system are that the membrane must be strong enough to withstand the stresses and flexible enough to accommodate any building movement, with an expected service life that exceeds the 10 years. Also recommends checking how the properties are altered by exposure to environmental elements. For wall coverings, require that materials be tested to strain and tear. From this stems the need to identify the element that alters the mechanical properties of the material. For this purpose the "Effects of UV light and weather on plastics and elastomers" book was consulted [3], which states that the elements that affect the durability of plastic materials exposed to the environment are:

1. Solar radiation (usually ultraviolet)
2. Humidity (dew, humidity, rain)
3. Heat (surface temperature of the material)
4. Pollution (ozone, acid rain)
5. Microbiological Attack
6. Saltwater

1. Radiación solar (usualmente ultravioleta)
2. Humedad (rocío, humedad, lluvia)
3. Calor (temperatura superficial del material)
4. Contaminación (ozono, lluvia ácida)
5. Ataque microbiológico
6. Agua salada

Propiedades	Método de prueba		Condiciones que se sugieren
	ISO	ASTM	
Propiedades en tensión	527-1,2,4	D 638	A 23°C, al menos a tres temperaturas elevadas y una por debajo de las condiciones estándar de laboratorio con una razón de esfuerzo adicional a 23°C.
Relación de Poisson	527-1,2	D 638	A 23°C, al menos a tres temperaturas elevadas y una por debajo de las condiciones estándar de laboratorio
Propiedades en compresión	604	D 695	A 23°C, al menos a tres temperaturas elevadas y una por debajo de las condiciones estándar de laboratorio
Módulo de esfuerzo cortante	6721-2,5	D 5279	-150°C a $T_v + 20^\circ\text{C}$ o $T_m + 10^\circ\text{C}$ @1 Hz
Flujo plástico en tensión	899-1	D 2990	A 23°C y al menos a dos temperaturas elevadas por 1000 h en tres grados de esfuerzo
Fatiga en tensión			Curvas S-N a 3 Hz a 23°C, 80, 70, 60, 50 y 40% de esfuerzo a tensión en el punto de fluencia; R = 0.5; 1 millón de ciclos corridos.
Coeficiente de fricción	8295	D 3028	Curvas a-N a 3 Hz a 23°C, probetas solas con muescas en el borde; tres niveles de esfuerzo; R = 0.5.
Flujo plástico en flexión	899-2	D 2990	A 23°C y al menos a dos temperaturas elevadas por 1000 h en tres niveles de esfuerzo
Flujo plástico en compresión		D 2990	A 23°C y al menos a dos temperaturas elevadas por 1000 h en tres niveles de esfuerzo
Fatiga en flexión (Aún no existe ninguna norma ASTM o ISO)			A 23°C; completamente invertida; 80, 70, 60, 55, 50 y 40% de esfuerzo de tensión en el punto de fluencia a 3Hz
Tenacidad a la fractura	13586-1	D 5045	

Tab. 1 Prueba de propiedades de materiales para análisis estructural

Of the aforementioned, the element that most affects the durability and loss in mechanical properties of polymeric materials, as quoted, is exposure to ultraviolet radiation (UV). The most severely affected property is ductility of the material. The indicator is the loss of impact strength and stress. The other more influencing factors are moisture, with the most harmful effect of the dew, and temperature.

Finally, it is important to define some concepts and their equivalence to the standard D638-10. The machine on which the tests were conducted has a symbology used in the UNE standard, but there is a direct correspondence with ASTM terms.

5.2 TESTS PERFORMED

Based on the aforementioned and because many of the tests are time dependent or of controlled environments, The test that gives more relevant data to the design was sought and that in turn could be realized in the research's period of time. A batch of specimens was tested in two stages: the first, newly manufactured and the other, after being exposed to ultraviolet light. For getting a greater exposure equivalent to a longer life, the specimens were placed on a UV chamber. UV radiation was chosen as one of the factors that most affect the durability and is the one that the construction covers are more exposed. Humidity was not controlled but they were exposed to the environment, as these will be their normal operating conditions.

From the aforementioned tests, the test D638 [4] provides the minimum data necessary for preliminary structural design. Determining Poisson's ratio was omitted. This data, although it is necessary for computer modeling and structural analysis [1, p. 11.3] has a small variation range that allows analyzing the range of scenarios for pre feasibility. A very important point for the tests validity is the preparation of the specimen. According to the literature, is one of the most critical parameters in the testing of plastics. [1, p. 11.26]. In both, the specialized literature and in the standard D638-10 [4], in section 4.2., make emphasis that the specimen must be manufactured following the exact same manufacturing methodology of the original material.

This report will explain the procedure used for the selection and data taking performed on samples of recycled polyethylene (PET), created in a smelting process. The ASTM D638-10 Standard "Tensile Properties of Plastics" will be taken as a base.

Data was obtained from a tensile testing machine, some data was collected prior to the specimens and other data was obtained from the machine through a report. Using statistical methods the data considered true will be selected.

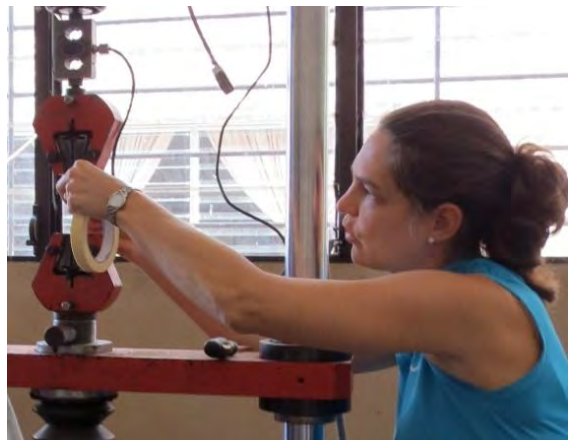


Fig. 1 Investigadora marcando probeta
Fuente: Propia

De los anteriores, el elemento que más afecta a la durabilidad y pérdida en las propiedades mecánicas de los materiales poliméricos, según la cita, es la exposición a la radiación ultravioleta (UV). La propiedad más severamente afectada es la ductilidad del material. El indicador es la pérdida de resistencia al impacto y a la tensión. Los otros factores que influyen más son la humedad, con el efecto más nocivo del rocío, y la temperatura.

Finalmente, es importante definir algunos conceptos y su equivalencia para la norma D638-10. La máquina en la que fueron realizados los ensayos tenía la simbología usada en la norma UNE, pero hay una correspondencia directa de términos con la norma ASTM.

5.2 PRUEBAS EJECUTADAS

En base a lo anterior y debido que muchas de las pruebas son dependientes del tiempo o de ambientes controlados, se buscó realizar la prueba que arrojará más datos relevantes para el diseño y que a la vez se pudiera realizar en el periodo de tiempo de la investigación.

Se probó un lote de probetas en dos etapas; la primera, recién fabricadas y la otra, después de haber sido expuestas a luz ultravioleta. Para conseguir una mayor exposición equivalente a un mayor tiempo de vida, se colocaron las probetas en una cámara de radiación UV. Se escogió la Radiación UV por ser uno de los factores que más inciden en la durabilidad y es al que más está expuesto una cubierta de construcción. No se controló la humedad sino que se dejaron expuestas al medio ambiente, ya que esas serán sus condiciones normales de funcionamiento.

De las pruebas citadas anteriormente, la prueba D638 [4] proporciona el mínimo de datos necesarios para un diseño estructural preliminar. Se omitió la determinación de la relación de Poisson. Este dato, si bien es cierto es necesario para el modelado en computadora y el análisis estructural, [1, p. 11.3], tiene un rango de variación pequeño que permite analizar el rango de escenarios para una prefabricabilidad.

Un punto muy importante para la validez de las pruebas es la preparación de la probeta. Según la literatura especializada, es uno de los parámetros más críticos en las pruebas de los plásticos. [1, p. 11.26].

En la literatura especializada y en la norma D638-10 [4] en el apartado 4.2.1 hacen énfasis en que la probeta deber fabricarse siguiendo exactamente la misma metodología de fabricación del material original.

El presente reporte explicará el procedimiento que se utilizó para la selección y toma de datos, realizados a probetas de Polietileno (PET), creadas en un proceso de fundición. Se tomará como base la norma ASTM D638-10 "Propiedades de Tensión de Plásticos".

Los datos fueron obtenidos en una máquina para ensayos de tracción, se recolectaron algunos datos previos a las probetas y los demás datos se obtuvieron de la máquina por medio de un reporte. Utilizando métodos estadísticos se seleccionará el dato considerado como verdadero.

5.3 RESULTS REPORT

1. Complete tested material identification, including: Type, source, manufacturer's code number, shape, principal dimensions and background.

The tested material is recycled polyethylene terephthalate, polyterephthalate ethylene, polyethylenterephthalate or terephthalate polyethylene (better known by its acronym PET, polyethylene terephthalate). In the recycling process no additives were added. It was melted in a furnace from chopped beverage bottles washed with water and air dried. Because of the type of manufacturing, the material is considered isotropic. All the parts of the bottles were used: Neck, bottom and side walls. The investigated background was virgin PET:

Elasticity Modulus = 2250 MPa

Tensile Strength = 50 MPa [5]

2. Test samples preparation method. The specimens were made in a mold, the design process and construction plans are attached at the end of this document (Annex 1). The mold was designed to produce samples that follow the same manufacturing process throughout the study, using the same release agent liquid, with the predetermined shape and over dimensioning to counteract the reduction in thermal contraction. Small pieces of PET were placed then placed in a mold which is then introduced into an electric furnace at a temperature of 280 ° C for 15 minutes until it melted. Immediately the melted product was cooled after removal from the oven in water at room temperature 24 ° C, dipping the specimen still in the mold. There was a batch of 26 specimens which were classified by aspect (surface irregularities, bubble type, color) and then separated into two groups. To form each group, half of specimens were taken according to the aspect to have two equivalent groups where aspects were equally represented.

The first group (specimens numbered from P01 to P13) was tested on May 15, 2013, three days after being manufactured. They were stored in a place at room temperature without exposure to additional radiation. The second group (specimens numbered from P01UV to P13UV) was placed in a UV chamber. The radiation data, provided by Mario Chavez from the Energy Sciences Department, were:

- UV Measurement range: 320nm - 400 nm
- Number of days of exposure: 17.96
- Number of days of exposure corrected: 31.43
- Energy in the mentioned range: 12646.71 kJ/m²

Specimens were taken from the chamber on June 23, 2013. There were stored in a dark place at room temperature until the day of the test. The test was conducted on June 25.

5.3 REPORTE DE RESULTADOS

1. Identificación completa del material ensayado incluyendo el tipo, origen, número de código del fabricante, forma, dimensiones principales, antecedentes.

El material ensayado es el tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate) reciclado. En el proceso de reciclado no se le agregó ningún aditivo. Fue fundido en horno a partir de botellas de bebidas lavadas con agua, picadas. Por el tipo de manufactura, el material se considera isotrópico. Se usaron todas las zonas de las botellas: Cuello, fondo y paredes laterales. Los antecedentes que se investigaron fueron el PET virgen:

Módulo de Elasticidad=2250 Mpa

Resistencia a la Tracción=50 Mpa [5]

2. Método de preparación de muestras de ensayo.

Las probetas se realizan en un molde. Se anexa al final del documento en el anexo 1, el proceso de diseño y los planos constructivos. El molde fue diseñado para producir probetas que siguieran el mismo proceso de manufactura de todo el estudio, usando el mismo líquido desmoldante, con la forma predeterminada y con sobredimensionamiento para contrarrestar la reducción con contracción térmica, se colocan pequeños pedazos de PET, luego se colocan en un molde que luego se introdujo a un horno eléctrico a una temperatura de 280°C durante 15 minutos, hasta que fundiera. Luego se enfriaron inmediatamente de extraerlo del horno en agua a temperatura ambiente 24°C, sumergiendo la probeta todavía en el molde. Se produjo un lote de 26 probetas de las cuales se clasificaron por aspecto, (irregularidades en la superficie, tipo de burbuja, color) y luego se separaron por en dos grupos. Para formar cada grupo, se tomó la mitad de probetas según el aspecto para tener dos grupos equivalentes en donde estuvieran igualmente representados los aspectos.

El primer grupo (probetas numeradas desde P01 a P13) se probó el 15 de mayo de 2013, a tres días de haber sido manufacturadas las pruebas. Se almacenaron en un sitio a temperatura ambiente sin exponerlo a ningún tipo de luz.

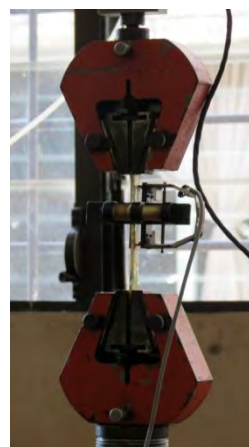
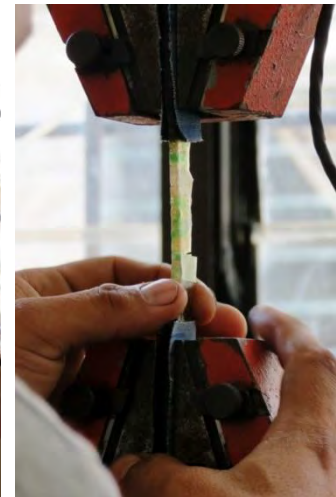
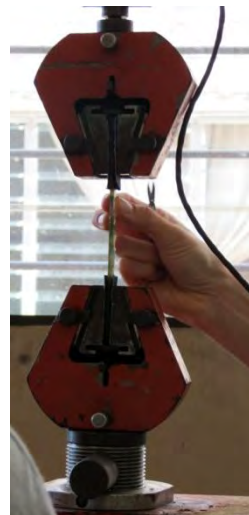
El segundo grupo (Probetas numeradas desde P01UV a P13UV) se colocó en una cámara de radiación UV. Los datos sobre radiación, proporcionados por Mario Chávez del departamento de Ciencias Energéticas, fueron los siguientes:

- Rango de medición UV: 320nm - 400 nm
- Número de días de exposición: 17.96
- Número de días de exposición corregido: 31.43
- Energía en el rango mencionado: 12646.71 kJ/m²

Las probetas fueron extraídas de la cámara el 23 de junio de 2013. Se almacenaron en un lugar oscuro a temperatura ambiente hasta el día de la prueba. La prueba se realizó el 25 de junio.



Fig. 2 Durante Ensayos
Fuente: Propia



3. Tipo de muestra de ensayo y las dimensiones.

Se utilizó la muestra Tipo I, que recomienda la sección 6.1 de la norma ASTM D638-10 para plásticos rígidos. Las medidas recomendadas se muestran en la Tabla 2, la cuales corresponden a las indicadas en la Figura 3.

DIMENSIONES	TIPO I mm (in)
W- Ancho de sección estrecha	13 (0.5)
L- Longitud de sección estrecha	57 (2.25)
WO- Ancho General (mínimo)	19 (0.75)
LO- Largo General	165 (6.5)
G- Longitud Calibrada	50 (2.00)
D- Distancia entre agarraderos	115 (4.5)
R- Radio de filete	76 (3.00)

Tab.2 Medidas de la probeta Tipo I de la norma D638-10

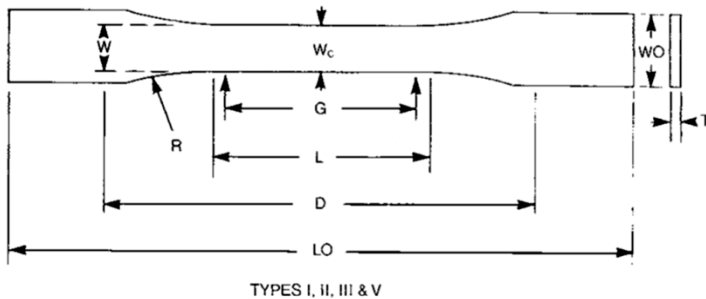


Fig.3 Dimensiones de la probeta Tipo I de la norma D638-10

4. Procedimiento utilizado.

Las probetas no se acondicionaron en conformidad con el Procedimiento A de la norma D618, para corresponder al método de manufactura llevado en todo el estudio global y mantener la consistencia del producto.

5. Las condiciones atmosféricas en la sala de ensayo.

Las condiciones de la sala fueron las ambientales.

Se registraron para los días de la prueba:

Prueba 15 mayo 2013:

- Temperatura: 29.3°C
- Humedad: 41%

Prueba 25 junio 2013:

- Temperatura: 31.4°C
- Humedad: 29%

6. Número de muestras analizadas.

La cantidad de muestras recomendadas por la norma ASTM D638-10 "sección 7.1" es de 5 muestras para materiales isotrópicos, (Material que posee las mismas propiedades físicas en todas las direcciones). Sin embargo para aumentar la confiabilidad de los datos se tomaron 12 pruebas para cada grupo. Se presentan las probetas, después de haber sido probadas con sus datos promedios de área y resultados de la prueba, en las tablas 3 y 4.

3. Test sample type and dimensions. The sample Type I was used, accordingly of what is recommended in section 6.1 of ASTM D638-10 for rigid plastics. Recommended measures are shown in Table 2, which correspond to those indicated in the Figure 1.

4. Procedure used. The specimens were not conditioned in accordance with Procedure A of the standard D618, to correspond to the method of manufacturing led to the global study and maintain product consistency.

5. Weather conditions in the test room. The room conditions were environmental. For the day of the test the environmental conditions were recorded as follows:

May 15th, 2013 Test:

- Temperature: 29.3 °C
- Humidity: 41%

June 25th, 2013 Test:

- Temperature: 31.4 °C
- Humidity: 29%

6. Number of analyzed samples. Recommended number of samples by ASTM standard D638-10, "Section 7.1" is 5 samples for isotropic materials (materials with similar physical properties in all directions). However, to increase the reliability of the data were taken 12 tests for each group. Displaying the test specimens after being tested with their area average data and test results, according to the charts.

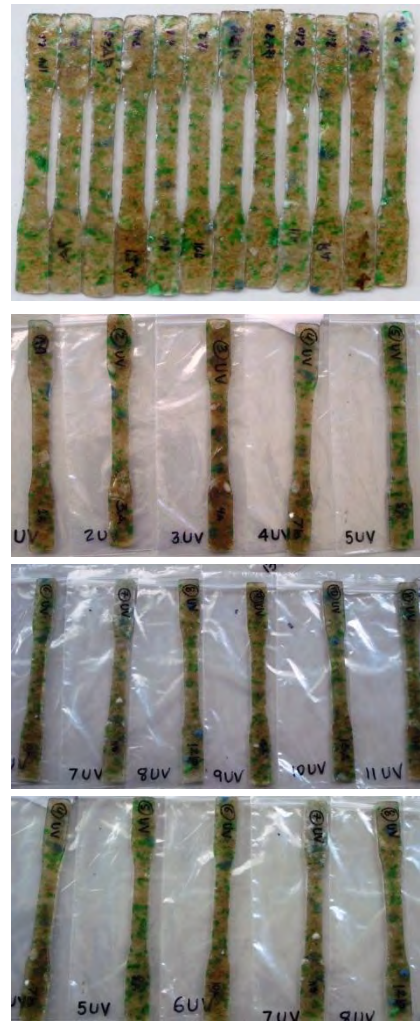




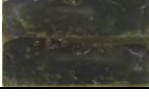















































Fig. 4 Dos grupos de probetas, sin exposición a radiación y con exposición a radiación UV Fuente: Propia

Probeta	Ref. Ensayo	Muestra	ÁREA TRANSVERSAL DE FRACTURA	ZONA DE FRACTURA EN LA PROBETA	ÁREA PROMEDIO (mm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (E) MPa	LÍMITE DE EXTENSIÓN (MPa)	OBSERVACIONES
P1	P002	2.1			2124.19	8.87	4.93	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P2	P003	2.2			2616.45	16.18	13.18	Se descartó en el análisis de la resistencia a la tracción debido que excedió la desviación estándar.
P3	P004	2.3			2309.56	12.52	12.19	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P4	P005	2.4			2102.56	12.09	10.74	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P5				Probeta de prueba inicial para ajuste de máquina				
P6	P006	2.6			2773.84	14.27	12.79	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P7	P007	2.7			4751.09	12.98	9.74	Se descartó en el módulo de elasticidad debido que excedió la desviación estándar.
P8	P008	2.8			1863.64	5.29	0.00	Se descartó en la resistencia a la tracción en el límite de extensión y en el módulo de elasticidad debido que excedió la desviación estándar.
P9	P009	2.9			3084.04	11.18	10.21	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P10	P010	2.10			3041.67	16.82	14.95	Se descartó en la resistencia a la tracción y en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P11	P011	2.11			1850.47	8.68	8.16	Se descartó en el módulo de elasticidad debido que excedió la desviación estándar.
P12	P012	2.12			3047.66	8.02	0.00	Se descartó en la resistencia a la tracción y en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P13	P013	2.13			3272.15	14.39	13.05	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO

Tab. 3 Probetas utilizadas en la prueba del 15.mayo.2013. Sin exposición a radiación UV. Fuente: Elaboración propia

PROBETA	Ref. Ensayo	Muestra	ÁREA TRANSVERSAL DE FRACTURA	ZONA DE FRACTURA EN LA PROBETA	ÁREA PROMEDIO (mm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD(E) MPa	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN(Suf) MPa	OBSERVACIONES
P01 UV	P014	1 UV			47.28	2288.11	5.93	Se descartó en Resistencia a la tracción debido que excedió la desviación estándar.
P02 UV	P015	2 UV			47.31	5122.57	8.30	Se descartó en el módulo de elasticidad y límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P03 UV	P016	3 UV			55.89	2908.54	5.96	Se descartó en la resistencia a la tracción y en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P04 UV	P017	4 UV			50.98	3290.67	9.5	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P05 UV	P018	5 UV			48.55	2776.81	11.7	Se descartó en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P06 UV	P019	6 UV			57.93	2626.11	13.10	Se descartó en la resistencia a la tracción debido que excedió la desviación estándar.
P07 UV	P020	7 UV			53.02	3957.12	12.65	Se descartó en la resistencia a la tracción y en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P08 UV	P021	8 UV			48.85	1663.77	7.77	Se descartó en el módulo de elasticidad debido que excedió la desviación estándar.
P09 UV	P022	9 UV			52.53	4519.90	13.35	Se descartó en la resistencia a la tracción debido que excedió la desviación estándar.
P10 UV	P023	10 UV			49.84	5171.7	11.6	Se descartó en el módulo de elasticidad debido que excedió la desviación estándar.
P11 UV	P024	11 UV			55.35	4982.88	9.24	Se descartó en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.
P12 UV	P025	12 UV			53.8	2734.84	9.86	NO SE DESCARTO EN NINGUN CÁLCULO
P13 UV	P026	13 UV			51.21	1347.42	4.3	Se descartó en la resistencia a la tracción y en el límite de extensión debido que excedió la desviación estándar.

Tab. 4 Probetas utilizadas en la prueba del 25.junio.2013. Con exposición a radiación UV. Fuente: Elaboración propia

7. Velocidad de la prueba

5mm/min

8. Clasificación de los extensómetros utilizados. Una descripción de la técnica de medición y cálculos empleados en lugar de un sistema mínimo de extensómetro clase C.

Se colocó el extensómetro en el área destinada para ello, en la "Longitud Calibrada", se utilizó un micrómetro con un error máximo de 0.0002 mm/mm como lo indica la Norma ASTM D638-10, sección 5.2.1. [4]. Es importante hacer notar que en varias de las probetas no se retiró el extensómetro durante toda la prueba ya que no presentaban elongación antes de la ruptura y tampoco alcanzaban los valores promedio.

Máquina: UIB-1000-W

9. Resistencia a la tracción a la rotura o ruptura, valor medio y la desviación estándar.

Los resultados obtenidos en todas las pruebas se compilan en las tablas 5 y 6 de este documento.

Las gráficas a continuación, Fig. 5 y 6, resumen los comportamientos de las probetas en cada uno de los grupos. La línea identificada en cada una de ellas como "promedio" es la línea calculada correspondiente de la media estadística de módulo de elasticidad, esfuerzo de resistencia a la tensión y a la ruptura.

7. Test speed

5mm/min

8. Classification of extensometers used

A description of the measurement technique and calculations used in place of a minimum system of a Class C extensometer.

Extensometer was placed in the area designated for it in the "Calibrated Length", a micrometer with a maximum error of 0.0002 mm / mm was used as indicated by ASTM standard D638-10, Section 5.2.1. [4]. It is important to note that in several of the specimens the extensometer was not taken out throughout the test because it did not show elongation before rupture and neither reached the average values.

Machine: UIB-1000-W

9. Traction, break or rupture strength, average value and standard deviation

The results for all tests are compiled in charts 5 and 6 herein. The graphs below, Figure 1 and 2, summarize the behavior of the specimens in each of the groups. The line identified in each one as "average" is correspondingly calculated from the statistical average of the elasticity modulus and of the stress and tensile strength at break.

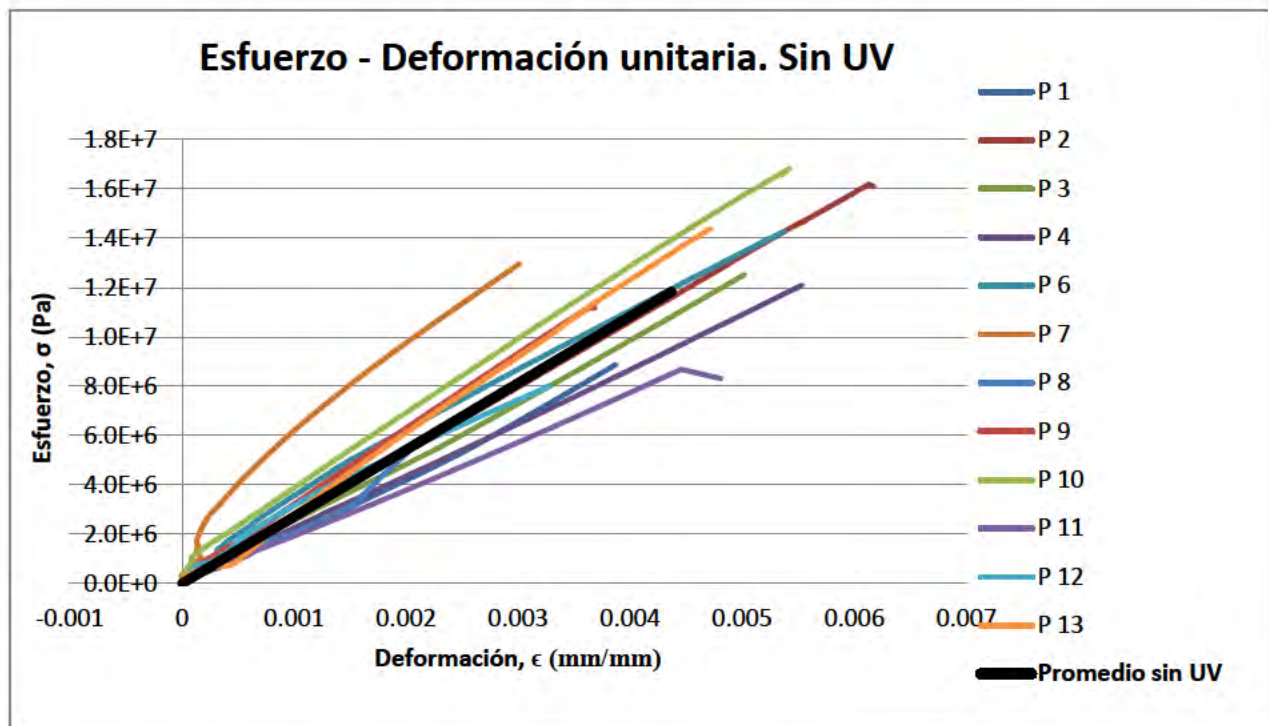


Fig. 5 Esfuerzo versus deformación unitaria por probeta sin exposición a radiación UV. Prueba del 15.mayo.2013
Fuente: Elaboración propia

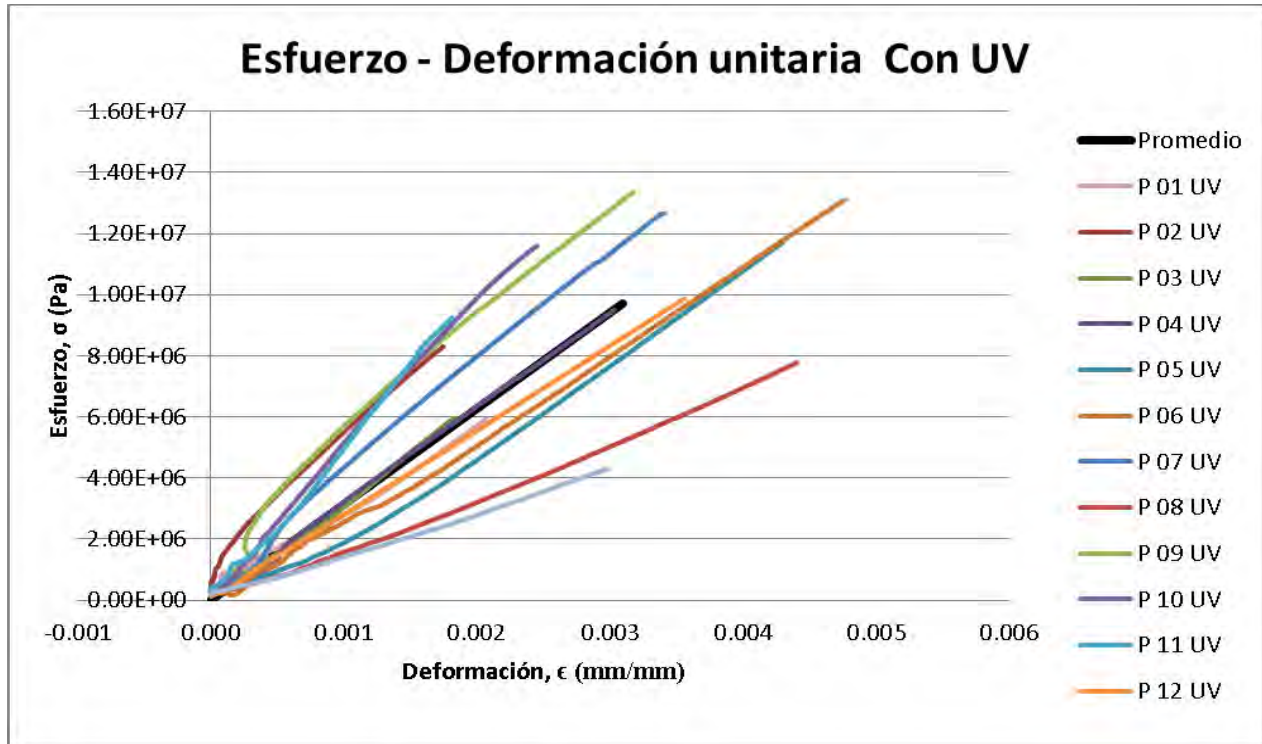


Fig. 6 Esfuerzo versus deformación unitaria por probeta con exposición a radiación UV. Prueba del 25.junio.2013
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una media aritmética de **11.874 MPa** luego de depurar los resultados con la desviación típica obtenida de **3.498 MPa**. Según la Norma ASTM D 638-10 "sección 11.7"

Las tablas 5 y 6 muestran los resultados arrojados por la Máquina de Arrupe. Se compilaron en una sola tabla todos los reportes obtenidos. Hay que notar que la máquina de Arrupe está configurada según la norma española UNE [6] y arroja valores contemplados en la norma española. Los términos a los que se refiere están detallados en a continuación. Esta correspondencia de nomenclatura se copió textualmente de la cita. [6].

"La norma española UNE 7-474-92, que corresponde a la versión oficial de la norma europea EN 10 002-1, utiliza el término **límite elástico convencional -Rp-** como el valor de tensión al que corresponde un alargamiento no proporcional igual a un porcentaje preestablecido de la longitud inicial de la probeta utilizada. Normalmente este valor del porcentaje es el 0.2%". Este corresponderá a lo enunciado en la norma D638-10 como límite de Fluencia al 0.2%.

El **límite de tracción -Rm-** de la norma UNE corresponderá a la ASTM como esfuerzo último. Cuando ambos coinciden, se denomina como Límite de resistencia a tensión a la fractura.

Es importante notar que el **Límite de extensión** se conoce en la norma D638-10 [4, p. 11] como "*offset yield strength*" o límite de fluencia desplazado. Es el esfuerzo al cual la deformación excede una cantidad específica (en este caso un 0.5%) a la extensión de la porción inicial proporcional de la curva esfuerzo deformación. Esta medida es útil para aquellos materiales cuya curva esfuerzo-deformación es una curva gradual y nunca presenta una porción lineal.

Ninguna de las muestras mostró una formación de garganta durante la prueba.

An arithmetic mean of **11,874 MPa** was obtained after the collation of the results obtained with the standard deviation of **3,498 MPa**. According to ASTM Standard D638-10 "section 11.7"

Charts 5 and 6 show the results obtained from the Arrupe machine. All the reports obtained were compiled into one chart. Note that Arrupe machine is configured according to the Spanish standard UNE [6] and yields values referred to in the Spanish rule. The terms referred to are detailed below. This nomenclature correspondence was quoted above. [6].

"The Spanish standard UNE 7-474-92, which is the official version of the European standard EN 10 002-1, uses the term **yield strength-Rp** as the stress value that corresponds to a non-proportional elongation equal to a predetermined percentage of the initial length of the specimen used. Normally this percentage value is 0.2%.". This shall be as stated in the standard D638-10 as a fluency limit of 0.2%.

The **traction limit -Rm -** of the UNE standard will correspond to the ASTM standard as ultimate effort. When both coincide, it is known as stress limit of resistance to fracture.

Note that the **extension limit** is known in the standard D638-10 [4, p. 11] as "*offset yield strength*". Is the stress at which the deformation exceeds a specific amount (in this case 0.5%) to the extension of the initial portion proportional to the stress-strain curve. This measure is useful for those materials whose stress-strain curve is a gradual curve and never has a linear portion.

None of the samples showed a throat formation during testing.

Norma	ASTM D638-10													
Modo de control	carrera													
Modo de ensayo	Tensión													
Fecha de ensayo	15.mayo.2013													
Campo	Unidades	P1	P2	P3	P4	P5*	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Área	mm ²	51.42	51.28	54.35	52.2		52.18	53.06	48.68	58.91	50.97	51.86	52.77	52.55
Área rotura (Su)	mm ²	113.1	113.1	113.1	113.1		113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1
Límite elástico al (Tracción)	%	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Límite de extensión al (Tracción)	%	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Velocidad	mm/min	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5
Carga máxima (Fm)	kN	0.4563	0.8297	0.6806	0.6312		0.7448	0.6889	0.2576	0.6587	0.8574	0.45	0.4231	0.7562
Fuerza máxima	kN	0.4563	0.8297	0.6806	0.6312		0.7448	0.6889	0.2576	0.6587	0.8574	0.45	0.4231	0.7562
Carrera máxima	mm	2.02	1.97	1.48	1.5		2.09	2.46	2.01	1.52	2.12	1.76	2.24	2.16
Módulo de elasticidad (E)	MPa	2124.2	2616.5	2309.6	2102.6		2773.8	4751.1	1863.6	3084.0	3041.7	1850.5	3047.7	3272.1
Coef. de estricción (Z)	%	-120	-120.6	-108.1	-116.7		-116.8	-113.2	-132.3	-91.99	-121.9	-118.1	-114.3	-115.2
Alarg. Remanente rotura	mm	18	18	18	18		18	18	18	18	18	18	18	18
Alargamiento rotura (A)	%	36	36	36	36		36	36	36	36	36	36	36	36
Resistencia tracción (Rm)	MPa	8.874	16.18	12.523	12.092		14.273	12.984	5.293	11.181	16.822	8.677	8.018	14.39
Límite convencional (Rp)	MPa	8.873	16.18	12.523	12.092		14.273	12.984	5.293	11.181	16.57	8.677	8.018	14.39
Límite de extensión (Rt)	MPa	4.927	13.182	12.187	10.735		12.791	9.744	0	10.205	14.954	8.164	0	13.046

*Nota: La probeta 5 se probó sin extensómetro para establecer un valor de resistencia de referencia

Tab. 5 Compilación de datos obtenidos por probeta para la prueba del 15.mayo.2013, sin exposición a la radiación UV

Fuente: Elaboración propia



Fig. 7 Grupo de probetas a ensayar sin exposición a radiación.
Fuente: Propia

Norma	ASTM D638-10													
Modo de control	carrera													
Modo de ensayo	Tensión													
Fecha de ensayo	25.junio.2013													
Campo	Unidades		P02 UV	P03 UV	P04 UV	P05 UV	P06 UV	P07 UV	P08 UV	P09 UV	P10 UV	P11 UV	P12 UV	P13 UV
Área	mm ²	47.28	47.31	55.89	50.98	48.55	57.93	53.02	48.85	52.53	49.84	55.35	53.8	51.21
Área rotura (S _u)	mm ²	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1	113.1
Límite elástico al (Tracción)	%	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Límite de extensión al (Tracción)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Velocidad	mm /min	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Carga máxima (F _m)	kN	0.2805	0.3928	0.3336	0.4845	0.5682	0.7594	0.6708	0.3799	0.7016	0.5781	0.5118	0.5305	0.2204
Fuerza máxima	kN	0.2805	0.3928	0.3336	0.4845	0.5682	0.7594	0.6708	0.3799	0.7016	0.5781	0.5118	0.5305	0.2204
Carrera máxima	mm	2.66	1.74	1.63	2.08	2.44	1.85	2.09	2.34	1.79	2.21	2.31	2.22	2.25
Módulo de elasticidad (E)	MPa	2288.1	5122.6	2908.5	3290.7	2776.8	2626.1	3957.1	1663.8	4519.9	5171.7	4982.9	2734.8	1347.4
Coef. de estricción (Z)	%	-139.2	-139.1	-102.4	-121.9	-133	-95.24	-113.3	-131.5	-115.3	-126.9	-104.3	-110.2	-120.9
Alarg. Remanente rotura	mm	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Alargamiento rotura (A)	%	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Resistencia tracción (R _m)	MPa	5.934	8.303	5.969	9.504	11.704	13.108	12.651	7.777	13.357	11.6	9.247	9.861	4.303
Límite convencional (R _p)	MPa	5.934	8.303	5.956	9.504	11.704	13.108	12.548	7.777	13.357	11.6	9.247	9.861	4.298
Límite de extensión (R _t)	MPa	4.955	0	0	8.2	10.615	12.749	0	7.437	10.003	9.614	0	7.358	0

*Nota: La probeta 5 se probó sin extensómetro para establecer un valor de resistencia de referencia

Tab. 6 Compilación de datos obtenidos por probeta para la prueba del 15.mayo.2013, sin exposición a la radiación UV

Fuente: Elaboración propia

10. Consolidación de resultados.

Los resultados se resumen en la Tabla 7, fueron obtenidos a través de las lecturas directas del sensor y del extensómetro. Luego fueron trabajados según la norma D638-10 para dar los resultados según esa norma.

10. Consolidation of results

The results are summarized in Chart 7, they were obtained from direct readings of the sensor and the extensometer. Then they worked according to standard D638-10 to give the results according to that standard. (Tab. 7)

	Sin UV 15.mayo.2013			Con UV 25.junio.2013		
	Módulo de Elasticidad*	Resistencia de Tensión a la ruptura	Límite de Extensión	Módulo de Elasticidad	Resistencia de Tensión a la ruptura	Límite de Extensión
Media Aritmética [MPa]	2708.01	11.87	10.55	3137.76	9.71	7.93
Desviación Típica [MPa]	807.80	3.49	5.026	1299.77	2.94	4.84
Porcentaje de cambio en el valor promedio [%]				+15.9%	-18.2%	

Tab. 7 Media aritmética y desviación típica obtenidos por grupos, con exposición a radiación UV y sin ella, en MPa

*En este caso, el módulo de elasticidad no se presenta ya que las curvas no tienen una proporcionalidad evidente, por lo que se utiliza un término denominado Módulo de secante.

5.4 CONCLUSIONES

El material probado presenta un comportamiento frágil ya que en las pruebas ninguna presentó formación de garganta. En el material, se produce la fractura sin deformación plástica apreciable. En caso de someterse a una condición de sobre esfuerzo o de seguir perdiendo resistencia, la falla se producirá abruptamente, sin muestras macroscópicas previas. Esto se puede notar en que de todas las muestras de ambos grupos, sólo tres presentan diferencias entre el límite de resistencia convencional (esfuerzo de fluencia) y el límite a tracción (esfuerzo último). La variación máxima fue de 1.5% entre ambos valores. Las otras dos probetas que presentaron diferencias de valor, éste representó menos del 1%, por lo que no se consideraron importantes.

Luego de una exposición equivalente a 31 días de radiación ultravioleta, el material aumentó su rigidez (aumento en módulo de elasticidad) en un 15.9% con respecto a la medición original; además, disminuyó su resistencia a la tensión a la ruptura en un 18.2%, con respecto a la resistencia original. Esto hace que el material se comporte más rígido y menos resistente ante las cargas. El material no presenta una resistencia definida como fluencia. Todas las curvas de esfuerzo-deformación son curvas no lineales.

5.5 PROCESO DE DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MOLDE

Para fabricar las probetas, se construyó un molde que permitiera elaborarlas siguiendo el mismo método de manufactura artesanal que se siguió en el resto del estudio. Para que las probetas tuvieran las dimensiones requeridas en la norma, se hizo una prueba de contracción de material. Se usó un recipiente rígido para obtener este dato. Se inició midiendo las dimensiones de la cavidad a temperatura ambiente. Luego se procedió a llenarla con el material en hojuelas y se siguió el proceso de fundición en horno y enfriamiento seguido en todo el estudio. Se retiraron las muestras de la cavidad y se midieron las dimensiones finales. Se compararon con respecto a las originales y se sacó el porcentaje de reducción de tamaño. Con este valor, se procedió a sobredimensionar el molde de las probetas y se mandó a fabricar según especificaciones. Para que se pudiera lograr el mismo espesor en todas ellas, se debió colocar el material suficiente para que, luego de fundirlo, llegara a la dimensión requerida. La masa fue determinada a través de la densidad del material fundido. Para que esta masa pudiera ser contenida en el molde, había que contar con una cavidad lo suficientemente grande para contener la misma masa todavía sin fundir, la cual es considerablemente menos densa. Para encontrar la dimensión de la cavidad sin fundir, se calculó la altura de molde (con la misma área de probeta) que contuviera el volumen para la masa requerida con la densidad de las hojuelas (sin fundir). El molde fue lo suficientemente rígido y fue elaborado en todas sus partes del mismo material para que no se distorsionara con los cambios abruptos de temperatura, con una superficie lisa en su parte inferior para evitar la adhesión del material. También se consideró al dimensionar, la dilatación sufrida por el material del molde. El molde no contaba con tapadera para reproducir la condición de manufactura similar al resto del proyecto. Las dimensiones finales se muestran en los planos presentados a continuación.

5.4 CONCLUSIONS

The tested material has a brittle behavior because in the tests didn't show throat formation. In the material, the fracture occurs without appreciable plastic deformation. In case of undergoing a condition of over-exertion or continue losing strength, failure occurs suddenly without prior macroscopic signs. This can be noted because from all samples of both groups, only three have differences between the conventional endurance limit (yield stress) and yield strength (ultimate stress). The maximum variation was 1.5% between the two values. The other two specimens that presented differences of value represented less than 1%, so it is not considered important.

After a exposure equivalent to 31 days of ultraviolet radiation, the material increased the stiffness (elasticity modulus increase) by 15.9% compared to the original measurement, also decreased its tensile strength at break at 18.2% , regarding its original strength. This causes the material to behave more rigid and with less tensile strength before loads.

The material doesn't present a clear marked yield strength. All stress-strain curves are nonlinear curves.

5.5 DESIGN PROCESS AND MOLD MAKING

To manufacture the specimens, a mold that could make the specimens using the same manufacturing method followed in the remainder of the study was built.

For the specimens to have the dimensions required in the standard, a material contraction test was taken. A rigid container was used to obtain this data. First, the dimensions of the cavity at ambient temperature were measured. Then the cavity was filled with the material in flake shape and continued the process of smelting furnace and cooling followed throughout the study.

Samples were withdrawn from the cavity and the final dimensions were measured. They were compared with respect to the original and the percentage of size reduction was obtained.

With this value, the mold of test specimens was oversized and manufactured according to specifications sent. To be able to achieve the same thickness in all of them, enough material must have been placed so, after melting, reached the required dimension. The mass was determined through the density of the molten material.

So that this mass may be contained in the mold, it needed to exist a large enough cavity to contain the same amount of unmelted mass, which is considerably less dense. To find the size of the cavity without melting, the mold's height (with the same area of specimen) containing the required volume for the mass density of the flakes (without melting) was calculated. The mold and all its parts of the same material were hard enough to not distort with abrupt temperature changes; also with a smooth surface on the bottom to prevent sticking of the material. Besides when measuring the expansion suffered by the mold material was considered. The mold did not have cover in order to reproduce similar condition of manufacturing for the rest of the project. The final dimensions are shown in the drawings presented below.

Fig.8 Molde de acero inoxidable para fabricar probetas mecánicas
Fuente: Elaboración propia, Diseño de Florencia Lartategui

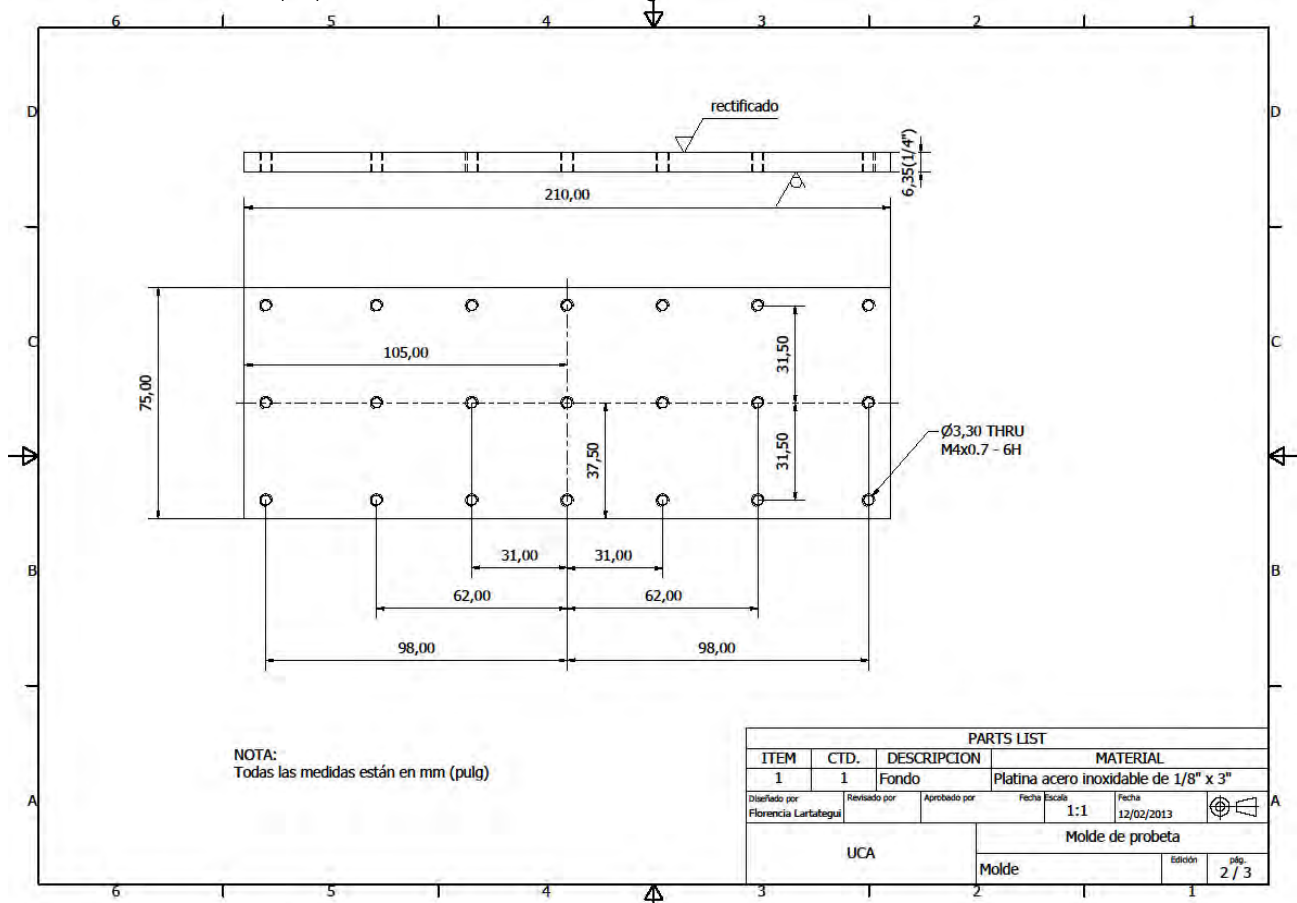


Fig. 9 Molde de acero inoxidable para fabricar probetas mecánicas
Fuente: Elaboración propia, Diseño de Florencia Lartategui

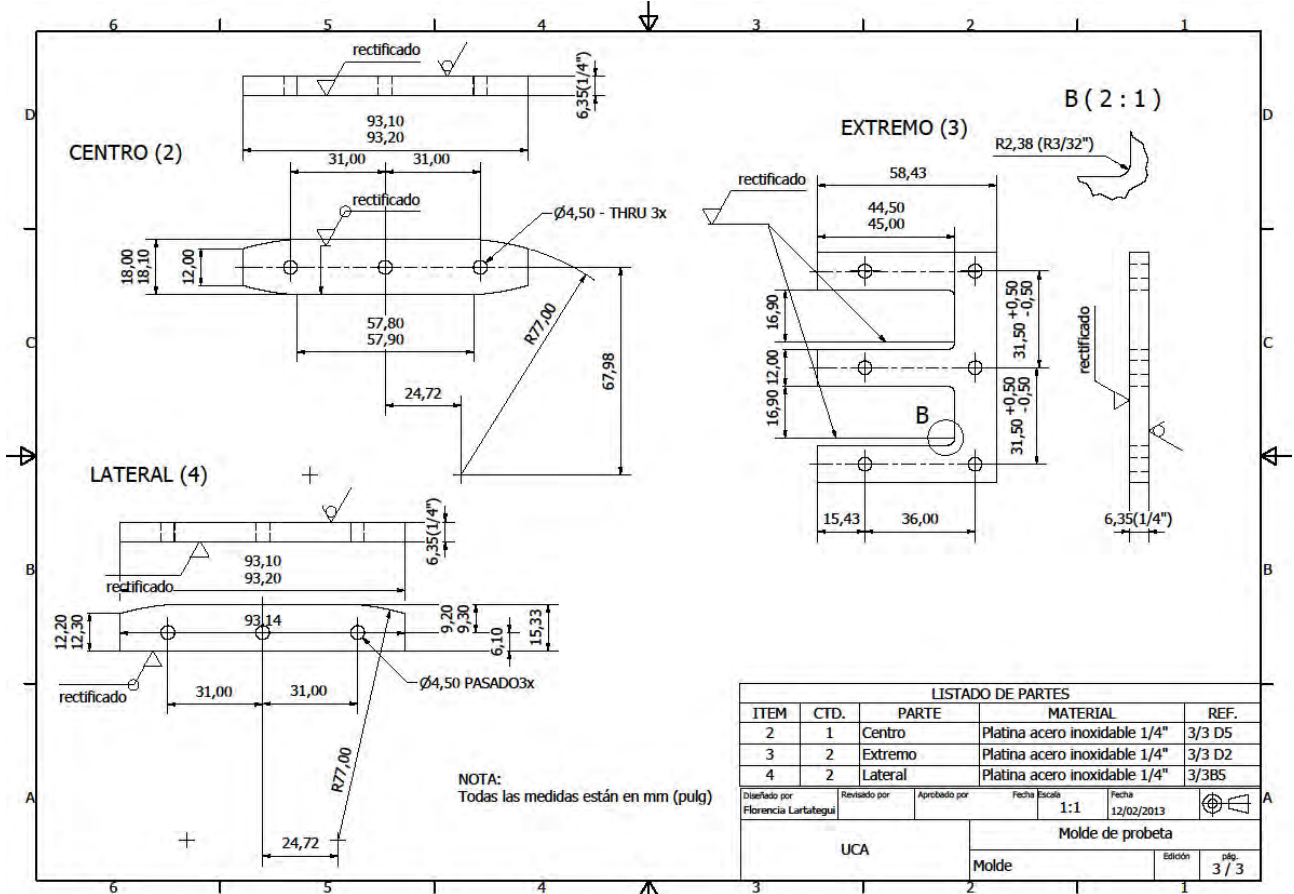


Fig. 10 Molde de acero inoxidable para fabricar probetas mecánicas
Fuente: Elaboración propia, Diseño de Florencia Lartategui



Fig. 11 Molde de fabricación de probetas

PROCESO DE ELABORACION DE PROBETAS MECÁNICAS.

(Fig. 11)

A continuación se presenta el procedimiento seguido para la elaboración de las probetas fabricadas para las diferentes pruebas mecánicas a realizar:

1. Pre calentamiento de la fuente de calor, mufla. (45-50 min) hasta 280°C.
2. Aplicación de antiadherente a base de silicón, al molde de aluminio.
3. Medición de peso y volumen de muestra para ser colocada posteriormente en el molde de acero (14.30 gr c/u).
4. Introducción del molde con muestra a la fuente de calor, mufla a 280°C.
5. Extracción de la placa fabricada de la fuente de calor, posterior al tiempo necesario para su fundición (20 minutos).
6. Se sumerge la placa en agua para lograr un enfriamiento inmediato a 24°C por 5 minutos.
7. Desmolde de la probeta fabricada.
8. Afinado del perímetro de probetas (pulido y lijado).



1



3



5



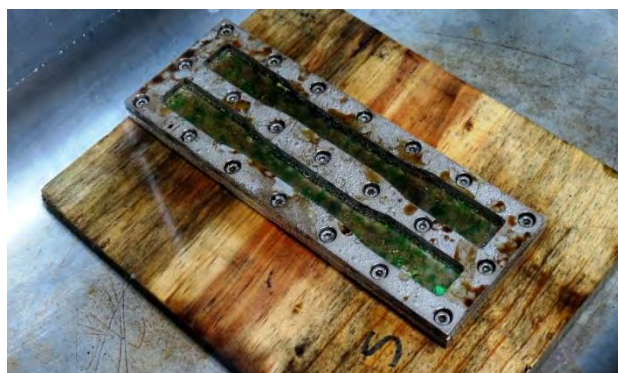
3



6



4



6



5



7



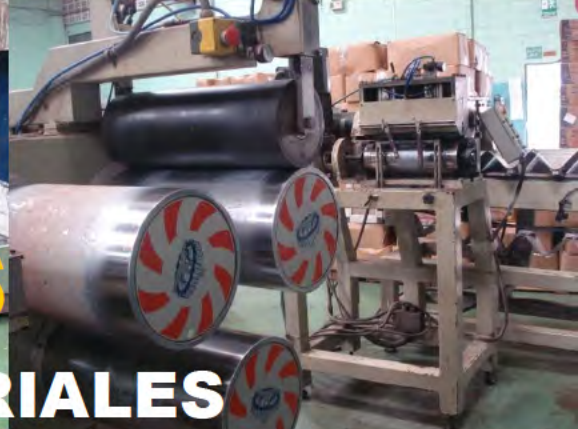
7



8

FUENTES CONSULTADAS

- [1] DYGESTIC Modern Plastics y Charles A. Harper, «Volumen 2,» de Manual de Plásticos, México, McGraw-Hill Interamericana, 2004, p. 11.16.
- [2] M. Kutz, «Applied Plastics Engineering Handbook - Processing and Materials,» Elsevier, © 2011, pp. 555-558.
- [3] Plastics Design Library Staff, de Effect of UV Light and Weather on Plastics and Elastomers, NY 13815, William Andrew Publishing/Plastics Design Library, 1994, pp. Weatherability 14.
- [4] ASTM, D 638-10 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, 2010.
- [5] CWFG mbH, («<http://www.campusplastics.com/>») M-Base Engineering + Software GmbH. M-Base Engineering + Software GmbH , 2012. [En línea]. Available:<http://www.campusplastics.com/campus/en/datasheet/Arnite%C2%AE+A06+700/DSM/50/b60dc17a?pos=6>. [Último acceso: 16 julio 2013].
- [6] A. R. J. J. Carlos Nuñez, «Comportamiento mecánico de los materiales,» de Volumen 2: Ensayos mecánicos. Ensayos no destructivos., Barcelona, Publicacions i Edicions. Universitat de Barcelona, 2011, pp. 3-15



CAP. 6

PROCESOS INDUSTRIALES



6.1 INTRODUCCIÓN

El reciclado de los materiales plásticos es un tema de especial interés en la sociedad actual. El consumo de plásticos ha sufrido un considerable incremento en los últimos años, especialmente a partir de los años 80. Paralelo a este incremento en el consumo, se han generado considerables cantidades de residuos.

Hoy en día en El Salvador, se perciben en exceso los residuos de PET en centros habitacionales, centros educativos, centros comerciales, parques, etc. Y es necesario recolectarlos y transformarlos en materiales útiles nuevamente para el desarrollo de la vida, por ejemplo materiales para el hábitat. Por ello en la presente investigación, se muestra una forma práctica de reciclaje de botellas PET, pues es necesario crear nuevas alternativas para mejorar el medio ambiente en que vive la sociedad actualmente, se propone entonces, fabricar Láminas y Paneles para la construcción a base de materiales obtenidos del reciclaje de botellas de PET, Para obtener el mayor provecho de las mismas.

Se aborda además, una detallada investigación relacionada a productos hechos a base de plástico reciclado (PET). Se proponen métodos de fabricación del mismo, así como el tipo de maquinarias a utilizar. Además de Buenas prácticas de manufactura en cuanto al tratamiento de plástico, para lograr una adecuada transformación de éste.

También se ha analizado todo el ciclo de vida del producto, desde los materiales para su producción, la tecnología y procesos de manufactura, los canales de distribución para su venta, utilización y su sistema de eliminación final.

El diseño de láminas y paneles a partir de materiales reciclados de PET, se ha trabajado en paralelo con el estudio de mercado, para conocer la demanda, la aceptación y características del producto que los usuarios o clientes requieren y necesitan. Esto ayudará a determinar si hay factibilidad en el mercado para el producto y para realizar ajustes en el rediseño del mismo tomando en cuenta las características definidas por el usuario. Tal como se muestra en la Fig. 1

Para conocer el proceso de producción y la tecnología que se utiliza para productos fabricados con materiales plásticos de PET u otro material reciclado, se realizaron visitas técnicas a diversas empresas que producen: proformas con PET virgen, láminas plástico a partir de PP y PET virgen y reciclado, zapatos plásticos y escobas hechas con PET reciclado.

Tomando como base que las láminas y paneles se fabricarán en comunidades que requieren construir sus viviendas a bajo costo, se hizo un análisis de la tecnología a utilizar considerando que unas pueden ser más artesanales y otra haciendo uso de maquinaria que ayudará a realizar el proceso automatizado. Considerando la factibilidad de montar una microempresa en base a PET reciclado, con las propuestas realizadas de maquinaria, materia prima y personal.

6.1 INTRODUCTION

The recycling of plastic materials is a particular interest subject in today's society. Plastics consumption has increased enormously in recent years, especially since the 80's. Parallel to this consumption increase, large amounts of waste have been generating.

Nowadays in El Salvador PET waste in neighborhoods, schools, malls, parks, etc. is excessive, it is necessary to collect it and turn it into useful materials for human life; construction for example. Thus in this research, a practical way to recycle PET bottles is showed. It is necessary to create new ways to improve the environment in which society lives today, that's why manufacture sheets and panels for construction is pretended, all based on materials obtained from recycled PET bottles to take full advantage of the PET. It also addresses a detailed research related to products made from recycled plastic (PET). Manufacturing methods are proposed and the type of machinery to use as well. Besides good practices, regarding the manufacturing during the plastic's treatment, to ensure it's the proper processing.

The entire product life cycle was also analyzed, from the materials needed to its production, technology and manufacturing processes, sale distribution channels, use and final disposal system.

The design of recycled PET sheets and panel has been worked in tandem with the market survey, looking for demand, acceptance and features that users or customers require and need. This will help to determine if there is feasibility for the product in the market and to make adjustments in the product's redesign, in order to capture the characteristics defined by the user. As shown in Fig. 1

To know the production process and the technology used for products made from plastic materials or other recycled PET, technical visits were made to various companies that produce: virgin PET preforms, plastic sheets made from virgin and recycled PVC, plastic shoes and brooms made from recycled PET.

Based on the fact that the PET sheets and panels will be manufactured in communities that require to build their houses at low cost, an analysis was made using technology whereas some may be more handcraft and others using machinery that will help to make an automated process. Considering the feasibility of establishing a small business based on recycled PET, based on the proposals made in terms of machinery, raw materials and personnel.



Fig. 1 Lanzamiento de un nuevo producto: láminas y paneles. Fuente: Elaboración propia.

6.2 ANTECEDENTES

Los diversos tipos de plásticos utilizados habitualmente en la industria e incluso en la vida cotidiana, son productos con una muy limitada capacidad de autodestrucción y en consecuencia quedan durante muchos años como residuos, provocando contaminación. Por lo tanto cada día es más clara la necesidad de recuperar los restos plásticos por dos razones principales: La contaminación que provocan y el valor económico que representan.

Existen dos soluciones generales para cuando un producto se convierte en residuo:

- Tirarlo a la basura
- Recuperarlo

Ya que los plásticos no se degradan en el medio ambiente como la basura orgánica, y la primera opción no parece ecológicamente muy aceptable, la recuperación parece una opción más factible para intentar evitar la contaminación.

Uno de los grandes contaminantes es el plástico y una de las mejores soluciones a este problema de contaminación es el reciclaje del mismo. Es necesario crear una conciencia dentro de la sociedad para un equilibrio entre las prácticas cotidianas y la protección de la naturaleza.

Cada año, los plásticos alcanzan aplicaciones más útiles, tanto en los sectores industriales como en los de consumo. Se reduce significativamente el uso de materia prima derivada del petróleo.

La fabricación masiva de plásticos (PET) y la dificultad para eliminarlos totalmente una vez que cumplen con su función, constituyen uno de los grandes problemas medioambientales de los últimos años, no solo en El Salvador, sino en todo el mundo.

El PET para poder procesarse y reciclarse, necesita de la adición de nanoarcillas (PET virgen) para que este pueda ser manejable en las extrusoras e inyectoras; es decir, no se puede solamente tomar una botella, hacer gránulos y después fabricar otro material reciclado; aunque esta opción es el sueño de cualquier industria manufacturera de plásticos, aún no ha surgido maquinaria de extrusión e inyección capaz de tratar solamente el PET reciclado. Por ello nace la idea de fabricar láminas y paneles para la construcción que sustituyan a las de madera, cemento, aluminio entre otros en un porcentaje significativo y evitar la adición de componentes químicos, con un proceso alternativo al de la extrusión y la inyección, como es el horneado.

El uso de este material transformado en placas y láminas de plástico puede llegar a sustituir gradualmente el uso de maderas en la construcción de techos y muros. La facilidad de fabricación y versatilidad de los plásticos, combinada con su durabilidad, fuerza, relación de coste-eficacia, bajo mantenimiento y resistencia a la corrosión, hace de este material una elección acertada.

Desde los años 50, los edificios están utilizando en forma creciente plásticos en aplicaciones tales como tuberías, ventanas, techos, pisos, conducción y aislamiento de cables. Y desde fechas más recientes también se los incluyen en el mobiliario para baños y montajes de cocina. Las diversas propiedades de las diferentes resinas plásticas las hacen ventajosas para una gran gama de aplicaciones en la construcción.

6.2 BACKGROUND

The various types of plastics commonly used in industry and even in daily life are products with a very limited capacity for self-destruction, and therefore remain for many years as waste causing pollution. Therefore it is clear the necessity to recover the plastic waste for two main reasons: The pollution they cause and the economic value they represent.

There are two general solutions when a product becomes waste:

- Throw it away
- Recover it

Since plastics do not degrade in the environment as organic waste, and the first option seems ecologically unacceptable, the recovery seems a more feasible option to try to prevent contamination.

One of the major pollutants is plastic and one of the best solutions to this problem is recycling it. Create awareness in society for a balance between everyday practices and nature's protection is needed. Each year, plastics reach more useful applications both for industry and for the consumer. Significantly reduces the use of raw materials derived from petroleum.

The mass manufacture of plastic (PET) and the difficulty to remove them once fully perform their function, are one of the biggest environmental problems in recent years, not only in El Salvador but throughout the world.

To be processed and recycled PET needs the addition of nanoclays (PET virgin) so that it can be manageable in the extruders and injection machines; it's not possible to only take a bottle, make pellets and then make another recycled material; although this option is the dream of any plastic manufacturing industry, has not yet emerged extrusion and injection molding machinery able to treat only the recycled PET. Thus was born the idea of making sheets and panels for construction, replacing wood, cement, aluminum among others in a significant percentage and also avoid adding chemical components with an alternative process to extrusion and injection, as is baking.

The use of this material transformed into plastic plates and sheets can gradually replace the use of wood in the building of roofing and walls. The ease of construction and versatility of plastics, combined with its durability, strength, cost-effectiveness ratio, low maintenance and corrosion resistance makes this material a good choice.

Since the 50's, the buildings are increasingly using plastics in applications such as pipes, windows, roofing, floors, drive and cable insulation. And more recently also include them in the furniture for bathrooms and kitchen assemblies. The various properties of different plastic resins make them advantageous for a wide range of building applications.

6.3 PRODUCT DEFINITION

The products to work are: Sheets and Panels from plastic packaging recycled PET. This product is classified as:

- Long-lasting product is not damaged quickly in storage and has duration of 25 years.
- Product by comparison homogeneous, where interests more some product features such as durability, quality, colors, resistance and its price among others.

6.3 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Los productos con los cuales se trabajará son: Láminas y Paneles a partir del reciclado de envases plásticos de PET. Este producto se clasifica como:

- Producto duradero ya que no se daña rápidamente en una bodega y tiene una duración de 25 años.
- Producto por comparación homogéneo, donde interesa más las características del producto como duración, calidad, colores, resistencia y su precio entre otros.
- La clasificación CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) del producto según la ONU (2009) es la siguiente: C 2220 Fabricación de productos de plástico, incluye la fabricación de plástico para obras de construcción, como: cubrimientos de plástico para pisos, paredes y techos, en rollos y en forma de losetas.

Láminas LR

"Láminas LR" son láminas para techado de viviendas hechas a base de plástico reciclado del sistema de botellas PET (Polietileno Tereftalato), el cuál es utilizado generalmente en botellas de agua y bebidas. Idealmente debe poseer una conductividad térmica de 0.1 (W/m.k) y una resistencia mecánica de 100 (kg/cm²). Sus dimensiones útiles son de 1.0 m de ancho por hasta 6.0m de largo y un espesor (calibre) de 5mm, con un peso aproximadamente de 10kg. Las láminas poseen una geometría acanalada ondulada. Se estima que tienen una durabilidad en ambiente mínima de 25 años. Materia prima: Plástico reciclado (Botellas PET).

Plastipanel LR

"Plastipanel LR" son paneles para colocar como paredes en viviendas, estas hechas en base a plástico reciclado del sistema de botellas PET (Polietileno Tereftalato), el cuál es utilizado generalmente en botellas de agua y bebidas. Idealmente debe poseer una conductividad térmica de 0.1 (W/m.k) y una resistencia mecánica de 100 (kg/cm²). Las dimensiones útiles de la Lámina lisa es de 1.00 m de ancho por 2.00 m de largo y un espesor (calibre) de 10.0 mm, con un peso aproximadamente de 7 kg. Se estima que tienen una durabilidad en ambiente mínima de 25 años.

6.4 CICLO DE VIDA DE LOS ENVASES DE PET

La Primera Fase

Da inicio cuando el proveedor lleva el PET en forma de pellet a su cliente industrial, en la fábrica se realiza todo el proceso de producción del envase, primero como preforma, luego es soplado para ser llenado y empacado para distribuirlo a la población. La población consume el producto y el envase de PET es colocado en un recipiente de reciclaje o en bolsas de basura, el cual es recolectado por los pepenadores para venderlos a una industria del sector plástico o por los camiones municipales para llevarlos al relleno sanitario. A esta fase se le conoce como la vida útil del envase PET.

La Segunda Fase

Se refiere al proceso de reciclaje del PET para fabricar nuevamente la materia prima para realizar envases PET para productos no alimenticios y otra gama de productos como: Láminas para termoformado, paneles, tela para ropa sintética, fibra para relleno térmico, alfombras, entre otros.

- The ISIC classification (International Standard Industrial Classification of All Economic Activities) for the product according to the UN (2009) is as follows: C 2220. Manufacture of plastic products, including plastic manufacturing for construction, such as plastic coatings for floors, walls and roof, in rolls and in tile-like shapes.

LR Sheets

The "LR Sheets" are sheets for house roofing made based on the recycled PET plastic bottles system (polyethylene terephthalate), which is generally used in water bottles and beverages. Must have a thermal conductivity of 0.1 (W/mk) and a mechanical strength of 100 (kg/cm²). Its useful dimensions are 1.0 m wide, up to 6.0m in length and a thickness (caliper) of 5mm, weighing approximately 10kg. The sheets have a wavy corrugated geometry. It is estimated to have minimum temperature durability of 25 years. Material: Recycled Plastic (PET bottles)

LR Plastipanel

The "Plastipanel LR" are panels to install as walls in houses, based on the recycled PET plastic bottles system (polyethylene terephthalate), which is generally used in water bottles and beverages. Must have a thermal conductivity of 0.1 (W / mk) and a mechanical strength of 100 (kg/cm²). The useful dimensions for the flat sheets are 1.00 m wide, 2.00 m long and a thickness (caliper) of 10.0 mm with a weight of 7 kg. It is estimated to have minimum temperature durability of 25 years.

6.4 LIFE CYCLE OF CONTAINERS PET. THE LIFE CYCLE OF PET BOTTLE

The first phase

Begins when the provider takes pellet shaped PET to its industrial customer in the factory who performs all production process, first as a preform container, and then blown to be filled and packaged for distribution to the population. People use the product and the PET container is placed in a recycling bin or trash bags, which later is collected by the pickers to be sold to plastic industry sector or municipal trucks take them to the landfill. This phase is known as the life of the PET.

The second phase

Is referred to the PET recycling process to produce feedstock again for PET packaging for non-food and other range of products like: Films for thermoformed panels, synthetic fabric clothing, thermal fiberfill, carpets, among others.

The word recycling means "submit one material repeatedly to the same cycle, to extend or increase the effects of this". This means that recycling means that the material is circulating in a closed loop to avoid wasting as much of the original raw material.

The recycling is the material process, in this case PET, to condition them for the purpose of integrating a productive cycle again as raw material.

It is performed through three methods as follows:

- Mechanical
- Chemical
- Energy

Mechanical recycling: The selection is done manually or by density difference separation (flotation). This method is most often used and involves several stages of separation, cleaning, and grinding.

La palabra reciclar significa: "someter repetidamente una material a un mismo ciclo, para ampliar o incrementar los efectos de este". Es decir que reciclar no es más que hacer circular el material en un circuito cerrado para evitar desperdiciar la mayor cantidad de la materia prima original. El reciclaje es el proceso de los materiales, en este caso del PET, para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima.

Se realiza a través de tres métodos:

- Mecánicos
- Químicos
- Energético

Reciclaje Mecánico: La selección se la realiza por separación manual o por diferencia de densidades (flotación). Este método es el más utilizado y consiste en varias etapas de separación, limpieza y molido.

Los plásticos escogidos y gruesamente limpiados (etiquetas, papeles, residuos de material biodegradable) pasan por un molino o una trituradora. Este proceso se puede realizar en diferentes órdenes de sucesión, dependiendo del grado de contaminación de los plásticos y de la calidad del producto reciclado. La preparación final del producto empieza con el lavado y la separación de sustancias contaminantes, proceso que se puede repetir si es necesario. Después el material pasa por una centrifuga y secadora y se almacena en un silo intermedio. En el caso ideal, este ciclo sirve también para homogeneizar más el material, al fin de obtener una calidad constante.

El producto triturado, limpio, seco y homogéneo se alimenta a una extrusora, inyectora, un horno u otro tipo de procedimiento con el que se obtiene la granza lista para ser procesada por diferentes técnicas. La granza de plásticos reciclados se puede utilizar de diferentes maneras, según los requerimientos para el producto final: En este caso, las piezas obtenidas tienen en general propiedades menores a las fabricadas con polímero virgen, que puede ser suficiente para la utilidad deseada. La mezcla de granza reciclada con polímero virgen puede alcanzar las prestaciones requeridas.

El ejemplo típico es la adición de polímero virgen a la mezcla de termoplásticos. Puede utilizarse coextrusión para producto reciclado, ejemplo de esta técnica es la fabricación de recipientes para detergentes, en la que la capa intermedia puede ser granza de polímero reciclado en el exterior y la interior (contacto con el producto) y la exterior son de polímero virgen.

Propiedades del PET reciclado mecánicamente: Las diferencias en las propiedades del PET reciclado mecánicamente comparadas con las del PET virgen pueden ser atribuidas principalmente a la historia térmica adicional experimentada por el material reciclado, la cual da como resultado un decremento en el peso molecular, junto con un incremento en el ácido carboxílico, color y nivel de acetaldehído.

Estudios han demostrado que el RPET (PET reciclado) posee un módulo de elasticidad menor, mayor elongación a la rotura y mayor resistencia al impacto que el PET virgen. Así, el RPET es más dúctil mientras el PET virgen es más frágil; este es un resultado de las diferencias en la cristalinidad entre los materiales.

The Plastics chosen and coarsely cleaned (labels, paper, biodegradable waste material) pass through a mill or a shredder. This process can be performed in different orders of succession, depending on the degree of contamination of the plastics and the quality of the recycled product. The final preparation of the product starts with the washing and separation of contaminants, this process can be repeated if necessary. After the material passes through a centrifugal dryer and is stored in a buffer silo. In the ideal case, this also serves to homogenize the cycle over the material to obtain a constant quality.

The ground, clean, dry and homogeneous product is fed to an extruder, injection machine, an oven or other type of procedure with which the pellet is obtained ready to be processed by various techniques. The pellets of recycled plastic can be used in different ways, depending on the requirements for the final product:

In this case, the parts obtained have properties generally lower than those made from virgin polymer, which is sufficient for the desired utility. Mixed recycled pellets with virgin polymer to achieve the required performance. The typical example is the addition of polymer to a mixture of virgin thermoplastics.

Could use co-extrusion by recycled products, an example of this technique is the manufacture of containers for detergents, in which the intermediate layer can be recycled polymer and the inside (product contact) and exteriors of virgin polymer.

Mechanically recycled PET Properties: Differences in mechanical properties of the recycled PET compared to virgin PET can be attributed primarily to additional thermal history experienced by the recycled material, which results in a decrease in molecular weight, along with an increase in carboxylic acid, color and acetaldehyde level.

Studies have shown that the RPET (recycled PET) has a lower Young's modulus, higher elongation at break and higher impact strength than virgin PET. Thus, RPET is more ductile as virgin PET is more fragile, this is a result of differences in crystalline between the materials.

In Fig. 2 you can see the full life cycle of PET packaging. Although it should be noted that in El Salvador only mechanical recycling is used.

Chemical recycling: For chemical recycling, various processes have been developed. Two of them, glycolysis and methanolysis are carried out on an industrial scale. PET melts or depolymerizes: separate their component molecules and these are used to make PET again. Depending on its purity, this material can be used even for food packaging.

Within the chemical recycling major processes are:

- Pyrolysis: Is the molecules cracking by heating in a vacuum. This process generates solid or liquid hydrocarbons, which can then be processed in refineries. In the case of PET, the pyrolysis generates activated carbon.
- Hydrogenation: In this case the plastic is treated with hydrogen and heat. The polymer chains are broken and converted into a synthetic oil that can be used in refineries and chemical plants.
- Gasification: Plastics are heated with air or oxygen. So the following synthesis gas can be obtained: carbon monoxide and hydrogen, which can be used for the production of methanol, ammonia or as agents for the production of steel in venting furnaces.

En la Fig. 2 se puede observar el ciclo de vida completo de envases de PET. Aunque hay que hacer notar que en El Salvador solamente se utiliza el reciclado mecánico.

Reciclado químico: Para el reciclado químico, se han desarrollado distintos procesos. Dos de ellos, la metanólisis y la glicólisis, se llevan a cabo a escala industrial. El PET se deshace o despolimeriza: se separan las moléculas que lo componen y estas se emplean para fabricar otra vez PET. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse, incluso, para el envasado de alimentos.

Dentro del reciclado químico los principales procesos son:

- **Pirólisis:** Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías. En el caso del PET, su pirólisis genera carbón activado.
- **Hidrogenación:** En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
- **Gasificación:** Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.
- **Chemolysis:** Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Requiere altas cantidades de resinas separadas por tipo. Consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholólisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.
- **Metanólisis:** Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. Varios productores de polietileno tereftalato están intentando de desarrollar este proceso para utilizarlo en las botellas de bebidas carbonatadas. Las experiencias llevadas a cabo por empresas como Hoechst-Celanese, DuPont e Eastman han demostrado que los monómeros resultantes del reciclado químico son lo suficientemente puros para ser reutilizados en la fabricación de nuevas botellas de PET.

Reciclado energético: En cuanto al uso del PET como combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un poder calorífico estimado de 6.3 Kcal/Kg, y puede realizar una combustión eficiente. Esto es posible ya que durante su fabricación no se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, obteniéndose de forma estimada tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua.

- **Chemolysis:** This process is applied to polyesters, polyurethanes, polyacetals and polyamides. Requires high amounts of separated by type resins. Involve applying solvolytic processes as: hydrolysis, or alcoholysis glycolysis for being recycled and then transformed back into their basic monomers for repolymerization in new plastics.
- **methanolysis:** An advanced recycling process that involves the application of methanol in the PET. This polyester (PET) is broken down into its basic molecules, including dimethyl terephthalate and ethylene glycol, which can be then re-polymerized for producing virgin resin. Several producers of polyethylene terephthalate are trying to develop this process for use in carbonated beverage bottles. The experiments carried out by companies such as Hoechst-Celanese, DuPont and Eastman have shown that chemical recycling of the resulting monomers are pure enough to be reused in the manufacture of new PET bottles.

Recycled Energy: Regarding the use of PET as an alternative fuel, containers can be used to generate power because this material has a calorific value of 6.3 Kcal / Kg, and can perform efficient combustion. This is possible because during its manufacture process additives or modifiers are not used, which allows non-toxic combustion emissions, yielding only carbon dioxide and water vapor.

6.5 RECYCLED PET ROOFING AND PANELS MARKET STUDY.

When incorporating any company dedicated to the production and / or services is always necessary to speak of a specific plant size according to the capacity required along with the product expectations and demand. Therefore it is necessary to analyze each of the factors that determine or influence the size of a new project, in the case of manufacturing sheets and panels from recycled PET project the following factors were analyzed: Demand, hand Work, Raw Material, Capital

For the analysis and study of the market's demand, preference and taste of the potential customer is known regarding the product (sheets and panels) and its characteristics. In this case potential consumers were determined into two groups: The final consumer and the builders who will use the product. The Fig. 3 shows the procedure that took place in the market study.

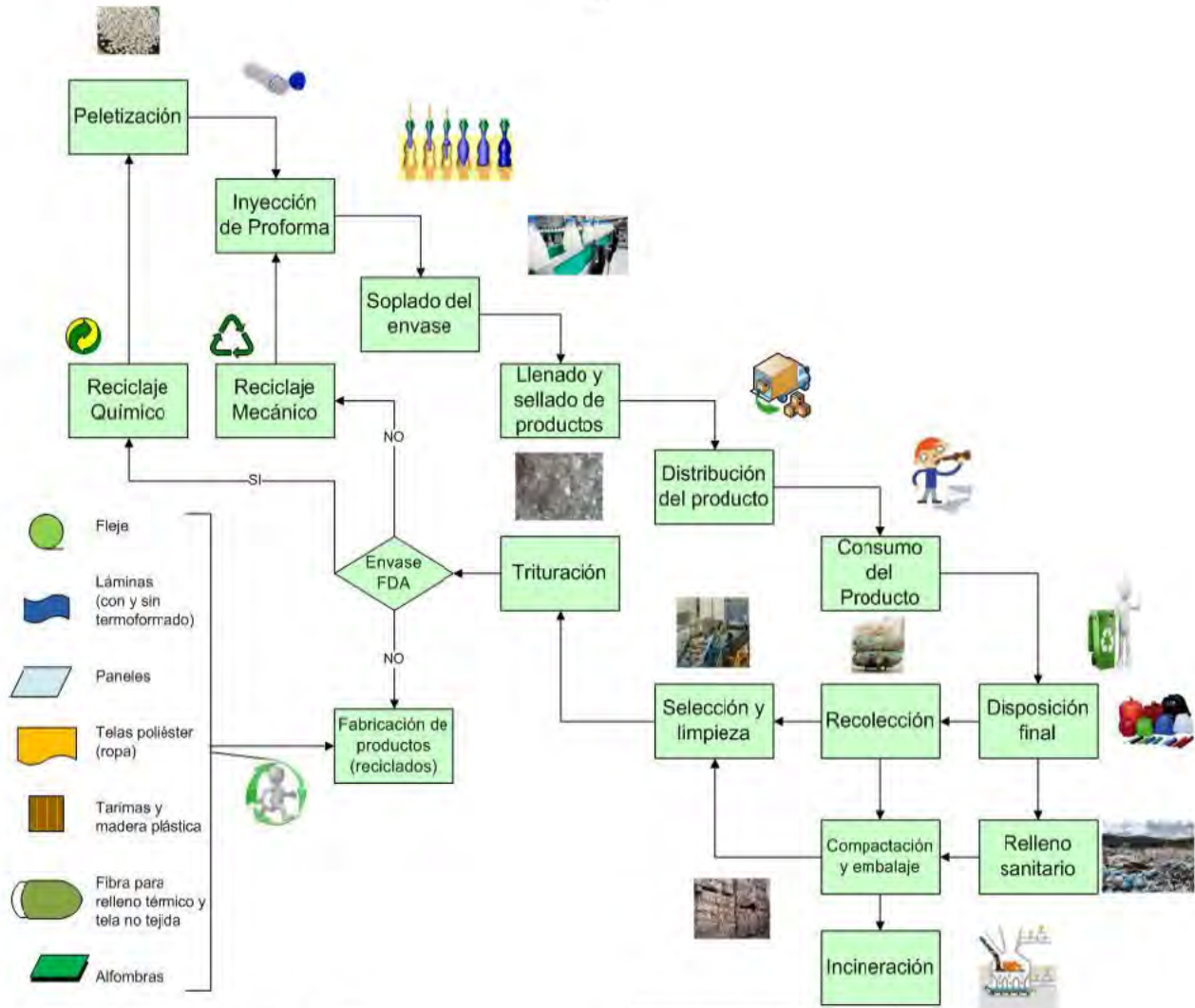


Fig. 2 Ciclo de Vida de envases de PET.
Fuente: Elaboración propia adaptada.

6.5 ESTUDIO DE MERCADO DE CUBIERTAS Y PANELES A PARTIR DE PET RECICLADO

Al momento de constituir una empresa dedicada a la producción y/o servicios siempre es necesario hablar de un tamaño de planta específico de acuerdo a la capacidad que se requiere conforme a las expectativas y demanda del producto. Por lo tanto es necesario analizar cada uno de los factores, que determinan o influyen en el tamaño de un nuevo proyecto, para el caso del proyecto de fabricación de láminas y paneles a partir de PET reciclado se analizaran los factores de: Demanda, Mano de Obra, Materia Prima, Capital

Para el análisis y estudio de la demanda del mercado se conoce la preferencia y gusto del potencial cliente en cuanto al producto (láminas y paneles) y las características del mismo. En este caso se determinaron los consumidores potenciales en dos grupos: El consumidor final y los constructores que utilizarán el producto. En la Fig.3 se muestra el procedimiento que se llevo a cabo en el estudio de mercado.



Fig. 3 Diagrama de flujo del procedimiento del Estudio de Mercado
Fuente: Elaboración propia.

6.6 ESTUDIO DE MERCADO ENFOCADO AL CONSUMIDOR FINAL

En el estudio de mercado para el consumidor final se realizaron 204 encuestas en el área Metropolitana de San Salvador, el 57% se pasaron a mujeres y el 43% a hombres.

Lámina:

- Aceptación: De acá se concluye que las láminas a base de material reciclado poseen una buena aceptación dado que el 90% de las personas encuestadas confían y están dispuestas a comprar este tipo de producto.
- Demanda: Solo el 18% utilizaría techo de lámina plástica en su vivienda.
- Características del producto: Requieren un producto que sea resistentes y durable (43%), en cuanto a su diseño el 33% define que debe ser atractivo y el 50% son indiferentes, en cuanto a su geometría hay una preferencia del 35% que sea ondulada y el 46% que sea de fácil instalación. El 73% prefiere que la longitud de la lámina sea de más de 2.0 m, El color de la lámina que les gusta es rojo, gris y azul, en un 39%, 36% y 36%, respectivamente.
- Precio: El 40% de los consumidores estarían dispuestos a pagar entre \$7.00-\$8.00 (USD) por metro cuadrado y el 39% pagaría menos de \$7.00 (USD)
- Se concluye para diseño de láminas las siguientes características:

Láminas de forma acanaladas onduladas
Longitud 2 y 3 metros de largo
Colores Rojo, Azul y Gris

Mes	No días trabajados	Producción	Demanda pronosticada
Enero	24	2396	2338
Febrero	22	2196	2338
Marzo	25	2496	2338
Abril	21	2096	2338
Mayo	24	2396	2338
Junio	24	2396	2338
Julio	25	2496	2338
Agosto	22	2196	2338
Septiembre	23	2296	2338
Octubre	25	2496	2338
Noviembre	23	2296	2338
Diciembre	23	2296	2338
Total	281		28051
Laminas/día: 99.8 = 100			

Fig. 4 Demanda de láminas consumidor final
Fuente: Elaboración propia

6.6 FINAL CONSUMER FOCUSED MARKET STUDY

In the consumer's market study, 204 surveys were conducted in the metropolitan area of San Salvador, 57% were passed to women and 43% to men.

Sheet:

- Acceptance: It concludes that the recycled material based sheets have good acceptance since 90% of the surveyed people trust and are willing to purchase such product.
- Demand: But only 18% would use plastic sheet roof in their house.
- Product Features: Requires a product that is strong and durable (43%), in terms of design, 33% define that the product needs to be attractive and 50% are indifferent; regarding their geometry there is a 35% preference for the sheet to be wavy and 46% that is easy to install. The 73% preferred that the sheet length will be more than 2.0 m, the most liked sheet color is red, gray and blue, by 39%, 36% and 36%, respectively.
- Price: 40% of consumers would be willing to pay \$7.00 to \$8.00 (USD) per square meter and 39% would pay less than \$7.00 (USD)
- Design is concluded sheets for the following characteristics: Corrugated sheets corrugated form, length 2 and 3 meters long, red, blue and grey.

Según Diseño	Porcentaje	Demanda Pronost
Acanalado Ondulado	38%	888
Acanalado Trapezoidal	27%	631
Teja pequeña	22%	514
Acanalado Sinusoidal	13%	304
Total		2338

Longitudes	Porcentaje	Demanda Pronost
2 mts	32.30%	755
3 mts	37.60%	879
4 mts	20.00%	468
5 mts	9.30%	217
6 mts	1.00%	19
Total		2338

Color	Porcentaje	Demanda Pronost
Verde	14%	327
Azul	18%	421
Rojo	23%	538
Gris	21%	491
Traslucida	12%	281
Blanca	12%	281
Total		2338

Fig. 5 Características del producto
Fuente: Elaboración propia

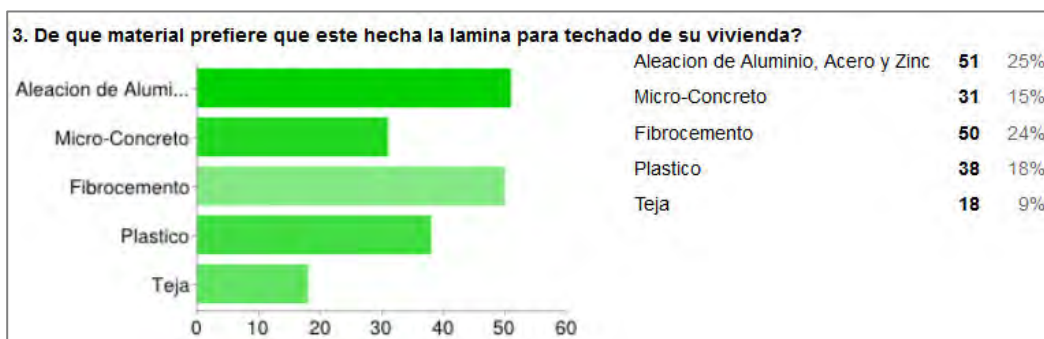


Fig. 6 Aceptación: Material de preferencia de la lámina consumidor final.
Fuente: Elaboración propia

Plastipanel:

- Aceptación: El Plastipanel a base de material reciclado posee una buena aceptación y confianza en el producto siendo de un 96% y los encuestados están dispuestos a comprar dicho producto en un 81%.
- Demanda: Solo el 20% utilizaría paredes de plástico en su vivienda.
- Característica del producto: Requieren de un producto con resistencia y duración (31 y 28%, respectivamente), el 31% de los consumidores prefiere que el diseño del panel sea con textura y el 26% que sea lisa, el 29% solicita que sea atractivo y el 25% que tenga mayor resistencia. En cuanto a la longitud, el 52% le interesa que tenga 2 mt., el color del panel más demandado es azul y blanco (43 y 48%, respectivamente).
- Precio: El 27% de las personas están dispuestas a pagar entre \$40.00 - \$50.00 (USD) por metro cuadrados y el 48% menos de \$40.00 (USD).
- Se concluye para diseño de paneles las siguientes características:

Paneles completamente lisos
Colores Azul y Blanco
Área de 2.5 m2 y de 2.25 m2

Plastipanel:

- Acceptance: The recycled material based Plastipanel has a good acceptance and trust among the surveyed by 96% and 81% is willing to buy the product.
- Demand: But only 20% would use plastic walls in their house.
- Product feature: The surveyed require a strong and durable producto (31 and 28%, respectively), 31% of consumers prefer a textured panel design and 26% a smooth one; 29% requests that needed to be attractive and 25% to have more resistance. As for the length, 52% are interested in a 2 mt. length, The most requested panel color is blue and white (43 and 48%, respectively).
- Price: The 27% of people are willing to pay \$ 40.00 to \$ 50.00 (USD) per square meter and 48% less than \$40.00 (USD).
- Design is concluded to panel the following features: Panels completely smooth, colors Blue and white, area of 2.5 m2 and 2.25 m2

Mes	No días trabajados	Producción	Demanda pronosticado
Enero	24	2351	2293
Febrero	22	2155	2293
Marzo	25	2448	2293
Abril	21	2057	2293
Mayo	24	2351	2293
Junio	24	2351	2293
Julio	25	2448	2293
Agosto	22	2155	2293
Septiembre	23	2253	2293
Octubre	25	2448	2293
Noviembre	23	2253	2293
Diciembre	23	2253	2293
Total	281		27520

Paneles/día: 98

Fig. 7 Demanda de panel consumidor final
Fuente: Elaboración propia

Según Forma	Porcentaje	Demanda Pronost
Con textura	38%	871
Con forma de Ladrillo	30%	688
Completamente Lisa	32%	734
Total		2293

Según Área	Porcentaje	Demanda Pronosticada
1 m2	8%	183
2.25 m2	38%	871
2.5 m2	39%	894
3 m2	15%	344
Total		2293

Colores	Demanda	Demanda Pronost
Café	17%	390
Azul	25%	573
Rojo	19%	436
Traslucida	11%	252
Blanca	28%	642
Total		2293

Fig. 8 Características del producto
Fuente: Elaboración propia

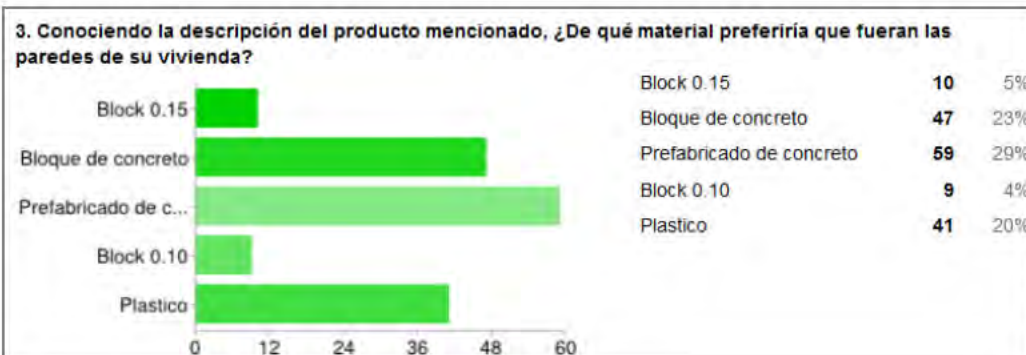


Fig. 9 Aceptación: Material de preferencia de panel consumidor final.
Fuente: Elaboración propia

6.7 ESTUDIO DE MERCADO ENFOCADO EN CONSTRUCTORES DE VIVIENDAS

En el estudio de mercado para constructores de viviendas se pasaron 69 encuestas a constructores de viviendas y edificios ubicados en área Metropolitana de San Salvador, el 45% fueron a empresas de proyectos residenciales, 28% otros proyectos constructivos, el 16% empresa privada y el 12% proyectos industriales.

Láminas:

- Aceptación: Se determinó que el 83% de las empresas constructoras confían y están dispuestos a comprar láminas a partir de plástico reciclado.
- Demanda: Pero solo el 10% utilizaría material plástico para viviendas.
- Características del producto: Los constructores requieren unas láminas durables y resistentes (49 y 39%, respectivamente), en cuanto al diseño en un 52% las prefieren acanaladas, que se puedan instalar fácilmente y que sean resistentes (43 y 32%, respectivamente). Su longitud debe de tener más de 4.0m los colores, rojo, gris y blanco son preferibles en un 54, 79 y 44%, respectivamente.
- Precio: El 58% de los constructores estarían dispuestos a pagar \$7.00-\$8.00 (USD) por metro cuadrado.
- Se concluye para diseño de láminas las siguientes características:

Láminas de forma Acanaladas Onduladas
Longitud máxima de 6 metros de largo
Color Gris

Mes	No días trabajados	Producción	Demanda pronosticado
Enero	24	30.74733	30
Febrero	22	28.18505	30
Marzo	25	32.02847	30
Abril	21	26.90391	30
Mayo	24	30.74733	30
Junio	24	30.74733	30
Julio	25	32.02847	30
Agosto	22	28.18505	30
Septiembre	23	29.46619	30
Octubre	25	32.02847	30
Noviembre	23	29.46619	30
Diciembre	23	29.46619	30
Total	281		360

Producción/día: 1.28 equivalente a 2 por día

Fig. 10 Demanda de láminas para constructores
Fuente: Elaboración propia

6.7 HOUSING BUILDERS FOCUSED MARKET STUDY.

69 surveys were passed to housing and buildings builders in San Salvador metropolitan area, 45% went to housing projects firms, 28% to other building projects, 16% to the private sector and 12% to the industrial projects area.

Sheets:

- Acceptance: Was determined that 83% of construction companies trust and are willing to buy sheets from recycled plastic.
- Demand: But only 10% will use them for housing.
- Product features: The builders require durable and resistant sheets (49 and 39%, respectively), regarding its design 52% prefer grooved sheets, which can be installed easily and are resistant (43 and 32%, respectively). Its length should be more than 4.0m; red, gray and white colors are preferred by 54, 79 and 44%, respectively.
- Price: The 58% of builders would be willing to pay \$ 7.00 to \$ 8.00 (USD) per square meter.
- Design is concluded sheets for the following characteristics: Corrugated, sheets, corrugated, form, and maximum length of 6 meters long.

Diseño	Porcentaje	Demanda Pronost
Acanalado Ondulado	58%	17
Acanalado Trapezoidal	32%	10
Teja pequeña	0%	0
Acanalado Sinusoidal	10%	3

Longitudes	Porcentaje	Demanda Pronost
2 mts	0	0
3 mts	1%	0
4 mts	30%	9
5 mts	27%	8
6 mts	42%	13

Color	Porcentaje	Demanda Pronost
Verde	1%	0
Azul	5%	2
Rojo	28%	8
Gris	41%	12
Traslucida	2%	1
Blanca	23%	7

Fig. 11 Características del producto
Fuente: Elaboración propia

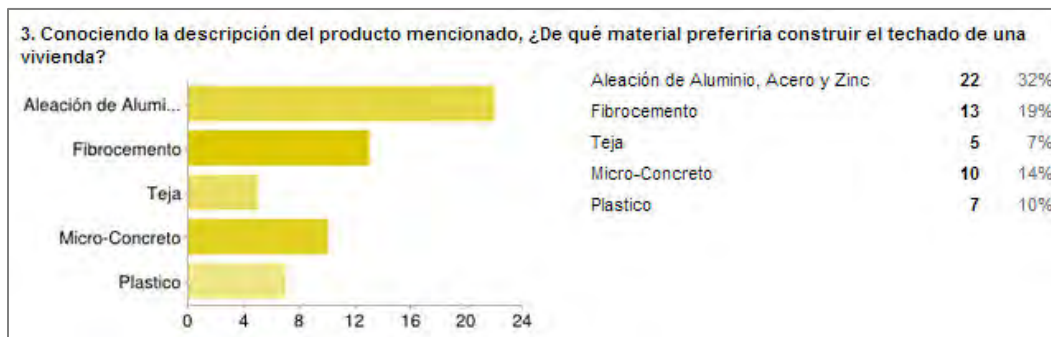


Fig. 12 Aceptación: Material de preferencia de lámina para constructores.
Fuente: Elaboración propia

Plastipanel:

- Aceptación: Se determinó que el 81% de las empresas constructoras confían y están dispuestos a comprar paneles a partir de plástico reciclado.
- Demanda: Pero solo el 14% utilizaría material plástico para viviendas.
- Características del producto: Los constructores buscan en los paneles que sean durables y resistentes (45% y 52%, respectivamente), el 35% prefieren el material liso y el 25% con textura; sin embargo, al momento de su instalación las requiere que sean resistentes (28%) y de fácil manejo en el área de construcción (39%). Su longitud las solicitan de más de 3.0 m (69%) y de 2.0m (33%). Los colores requeridos son el blanco (95%) y azul (61%).
- Precio: El 62% de los constructores estarían dispuestos a pagar entre \$40.00 -\$50.00 (USD) por metro cuadrado.
- Se concluye para diseño de paneles las siguientes características:

Paneles completamente lisos y con textura
Colores Blanco y Azul
Área de 3 m2

Mes	No días trabajados	Producción	Demanda pronosticado
Enero	24	30.74733	30
Febrero	22	28.18505	30
Marzo	25	32.02847	30
Abril	21	26.90391	30
Mayo	24	30.74733	30
Junio	24	30.74733	30
Julio	25	32.02847	30
Agosto	22	28.18505	30
Septiembre	23	29.46619	30
Octubre	25	32.02847	30
Noviembre	23	29.46619	30
Diciembre	23	29.46619	30
Total	281		360

Producción/día: 1.28 equivalente a 2 por día

Fig. 13 Demanda de panel para constructores
Fuente: Elaboración propia

Plastipanel:

- Acceptance: It was determined that 81% of construction companies trust and are willing to buy panels from recycled plastic.
- Demand: But only 14% will use plastic material for housing.
- Product features: The builders prefer durable and resistant panels (45% and 52%, respectively), 35% prefer the material to be smooth and 25% preferred it textured; however, at the time of installation 28% required them to be resistant and easy to use in the construction area (39%). It has a requested length of more than 3.0 m (69%) and 2.0m (33%). The required colors are white (95%) and blue (61%).
- Price: The 62% of the builders would be willing to pay \$ 40.00 to \$ 50.00 (USD) per square meter.
- Design is concluded to panel the following features: Panels completely smooth and textured, area 3 m2.

Forma	Porcentaje	Demanda Pronost
Con textura	31%	9
Con forma de Ladrillo	25%	8
Completamente Lisa	44%	13

Áreas	Porcentaje	Producción
1 m2	8%	2
2.25 m2	2%	1
2.5 m2	28%	8
3 m2	62%	19

Colores	Porcentaje	Demanda Pronost
Azul	33%	10
Rojo	15%	5
Traslucida	3%	1
Blanca	49%	15
Café	0%	0

Fig. 14 Características del producto
Fuente: Elaboración propia

3. Conociendo la descripción del producto mencionado, ¿De qué material preferiría realizar las construcciones de sus respectivos proyectos?

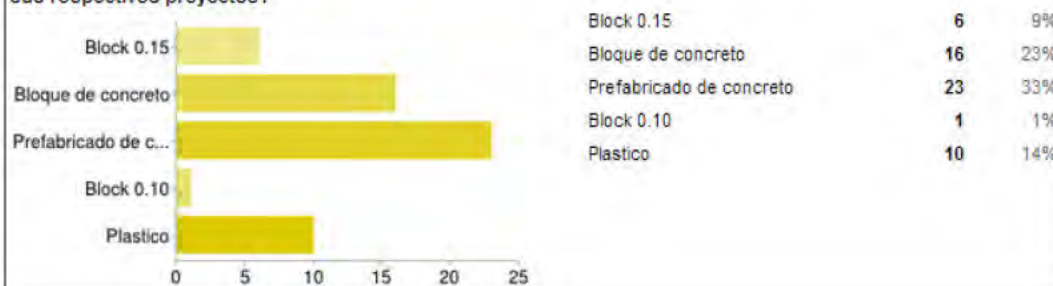


Fig. 15 Aceptación: Material de preferencia de panel para constructores.
Fuente: Elaboración propia

6.8 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE EMPRESAS QUE REALIZAN PRODUCTOS A PARTIR DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Hoy en día las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material ha alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y de una gran diversidad de envases para bebidas y otros productos como: Zapatos, artículos de limpieza, rotulación, todo tipo de embalaje de líquidos, entre otros. Los envases debían proteger el producto y facilitar su transporte, ésta protección ya no es aplicable sin reservas. Ahora los envases deben reunir nuevos requisitos que exigen los consumidores, el comercio y la protección del medio ambiente. Además de ser aptos para su función elemental, los envases han de ofrecer la posibilidad de ser fabricados económicamente, de reutilizarse razonablemente y de eliminarse con seguridad al final de su ciclo de vida. El tereftalato de polietileno (PET), reúne un alto porcentaje de dichos requisitos. El PET está reemplazando al vidrio y en medida creciente al PVC y otros plásticos con los que todavía se fabrican botellas y envases similares de consistencia sintética.

Para constatar y documentar procesos industriales se realizaron visitas de campo a cuatro industrias que abrieron sus puertas al proyecto de Investigación, habiendo tenido negativa de otras seis industrias que consideran como secreto industrial su proceso de fabricación. El objetivo de documentar los procesos es conocer directamente, la maquinaria, el espacio, la cantidad de personal, la jerarquía y automatización de procesos y procedimientos, las condiciones, la transformación de materias primas en nuevos productos, para establecer un antecedente del estado actual de la industria, así mismo comprender el ciclo de transformación del PET capitulando la experiencia que la industria tiene en el país en procesos de laminado, extrusión y moldeo. Para efecto de la presente investigación se denominará a la Fabricas Industria A, B, C, D de las cuales dos empresas trabajan con PET tanto virgen como reciclado, así mismo se estudian procesos de extruido-moldeo y extruido-laminado con otros polímeros como el PVC y el PP.

6.9 INDUSTRIA A: FABRICACIÓN DE PREFORMAS DE PET (polietileno tereftalato)

Es una industria de fabricación de envases plásticos, focalizada en la provisión de soluciones de empaque a base de PET que se utilizan en todo tipo de bebidas. Esta empresa cuenta con dos fabricas en el país una que se encarga de inyección de las preformas y otra que es del moldeo y soplado caliente para convertir las preformas en botellas, las cuales son distribuidas a diversas empresas asociadas a ésta. El polímero de PET puede ser transformado en preformas para botellas mediante un proceso llamado biorientación, mediante el cual las preformas son moldeadas en equipos de inyección. El moldeo de las preformas, consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde hasta llenarlo. Una vez lleno, la resina del polímero fundido es enfriada rápidamente con agua, para obtener así una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y con precisión dimensional, lo cual es esencial para obtener botellas de excelente calidad.

6.8 COMPANIES WHO MADE PRODUCTS FROM PLASTIC RECYCLING PRODUCTION PROCESS

Nowadays PET physical properties and its capability to meet various technical specifications have been the reasons why the material has reached a significant development in the production of textile fibers and a wide variety of containers for beverages and other products as shoes, cleaning supplies, signage, and different kinds of liquid packaging, among others. Containers should protect the product for easy transportation; this protection is no longer applicable unreservedly. Now the packaging must meet new requirements demanded by the consumers, the commerce and environmental protection. Besides being suitable for its main function, the containers have to offer the possibility of being economically manufactured, reasonably reuse and safely disposed at the end of its life cycle. Polyethylene terephthalate (PET) meets a high percentage of those requirements. The PET is replacing glass and increasingly PVC and other plastics which are still being used to manufacture bottles and similar synthetic consistency containers. To verify and document industrial processes field visits to four industries that opened its doors to the research project were conducted, after having negative answers of six other industries who considered their manufacturing process an industrial secret. The objective of documenting the processes is to know directly the machinery, space, number of staff members, hierarchy and automation of processes and procedures, the environment conditions, the transformation of raw materials into new products, to establish a state history of industry, furthermore to understand the PET processing cycle, capitulating the national industry experience in the rolling, extrusion and molding processes. For this research the surveyed industries will be referred as A, B, C, D, two of which work with both virgin and recycled PET, likewise extruded-molding and extrusion-laminated processes are studied to other polymers such as PVC and PP.

6.9 INDUSTRY A: PET MANUFACTURED PREFORMS (polyethylene terephthalate)

It is a plastic container manufacturing industry that focus on providing PET based solutions for packaging used in all kinds of drinks. This company has two factories in the country, one that is responsible for injecting the preforms and the other where the hot blow molding to make the preforms into bottles is carried away, which are distributed to various affiliated companies.

The PET polymer can be converted into preforms for bottles by a process called biaxial orientation, through which the preforms are molded by injection equipments. The molding of performs consists in the injection of the molten polymer in the mold cavity until is filled. Once filled, the molten polymer resin is rapidly cooled with water, to thereby obtain a piece with excellent transparency, free from deformation and with dimensional accuracy, which is essential for high quality bottles.

Fig. 17 shows the diagram of the manufacturing process of PET preforms likewise presents a detailed description of each of the steps in this procedure.

En la Fig. 17 se muestra el diagrama del proceso de fabricación de preformas de PET así mismo se presenta una descripción detallada de cada uno de los pasos de este procedimiento.



Fig. 16 Preforma de PET.



Fig. 17 Diagrama del proceso de fabricación de preformas de PET. Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
 RECEPCION DE MATERIA PRIMA E INSUMOS	1. Recepción de Materia prima: Se recibe tanto la materia prima como el PET virgen de los proveedores establecidos generalmente es importado.	1. Raw material reception: Both the raw material and the virgin PET is received from established providers, usually is imported.
	2. Almacenamiento de PET virgen y reciclado: El PET virgen se almacena en sacos diferentes. Para su posterior uso. Los sacos pesan alrededor de 1.1 toneladas.	2. Storing of virgin and recycled PET: The virgin PET Its stored in different bags for later use. The bags weigh about 1.1 tons
	3. Mezcla de pellet virgen y reciclado: Se cargan el PET pelletizado en la tolva, para pasar al secador.	3. Virgin pellet and Recycled PET Mix: The pellet PET is loaded into the hopper and then to the dryer.
	4. Secado de resinas de PET: Luego se da el secado del granulado correspondiente hasta lograr que el contenido de humedad sea menor a 40 ppm. Fluye aire caliente secando la humedad, este aire alcanza temperaturas de hasta 180° C y tarda alrededor de 6 horas como máximo.	4. PET resins drying: then drying is given to the corresponding granulate until moisture content less than 40 ppm is achieved. Hot air flows to dry the moisture, this air reaches temperatures up to 180 ° C and takes about 6 hours maximum.
	5. Inyectora de PET: El PET cae del secador a una máquina de inyección de plástico que lo calienta hasta unos abrasadores 315oC.	5. PET Injection: PET falls from the dryer to a plastic injection machine which heats it up to a scorching 315°C.
	6. Fundición: La materia prima seca se funde hasta lograr una sustancia espesa y pegajosa, la máquina lo inyecta a presión en un molde. Este proceso de moldeado del plástico por inyección produce piezas de plásticos denominados PREFORMAS que las siguientes máquinas transformarán en botellas.	6. Melting: The dried raw material is melted until thick and sticky substance is obtained, then the machine is injected into a mold. This process of plastic injection molding produces plastic pieces called PREFORMS the following machines transformed it into bottles.
	7. Moldes de Preforma PET: El inyector introduce el PET a los moldes de preforma. Este molde cuenta con 96 cavidades y el tiempo de llenado de cada cavidad es de alrededor de 4 segundos.	7. PET Preform Molds: The injector introduces the PET to the preform molds. This mold has 96 cavities and the filling time of each cavity is about 4 sec.
	8. Enfriamiento de preformas: Las preformas moldeadas se endurecen casi al instante gracias a un sistema de refrigeración integrado. Este Sistema Chiller, está integrado a la máquina de inyección.	8. Preform Cooling: The molded preforms are hardened almost instantly through an integrated cooling system. This Chiller system is integrated into the injection molding machine.
	9. Expulsión de preformas en cajas: Apertura del molde y expulsión de las Preformas.	9. Expulsion of preforms in boxes: Mold opening and ejecting of the preforms.
	10. Almacenamiento de producto terminado: Almacenamiento de las Preformas en bodega de producto terminado. Estas preformas están camino a transformarse en botellas para diferentes tipos de bebidas.	10. Finished product storage: Storage of Preforms in finished product warehouses. These preforms are on its way to become bottles for different types of beverages.

Tab. 1 Descripción detallada del proceso de fabricación de preformas de PET. Fuente: Elaboración propia

Un requisito esencial para el proceso de la resina de polietilentereftalato (PET), es el control cuidadoso del secado del material. El PET, en forma sólida, absorbe humedad del medio ambiente (semejante a un desecante). Así, durante el almacenaje, la resina absorberá humedad hasta alcanzar el equilibrio. Este valor puede ser tan alto como 0.6% en peso, dependiendo de las condiciones del lugar donde sea almacenado. En la práctica, la resina no absorbe niveles de humedad mayores a 0.2% en peso si se mantiene en un lugar cubierto y durante periodos cortos de tiempo. Sin embargo, para fabricar un buen producto de PET, se requiere reducir la humedad a menos de 0.004% (40 partes por millón) antes de inyectar el material. La razón para esto, es que a temperaturas superiores al punto de fusión, el agua presente hidroliza rápidamente al polímero, reduciendo su peso molecular así como sus propiedades características.

Pruebas para el Control de Calidad de los productos (botellas) a partir de PET fabricados

- **Micro-analizador de humedad (Hidrómetro)** Este instrumento sirve para analizar el nivel de humedad de la materia prima para la fabricación de las preformas de PET. El Hidrómetro de Humedad mide la humedad muy baja y la humedad en los productos con compuestos volátiles por una única tecnología de "ganancia por desecación". Un microbalance integrado pesa la muestra a 0.00001 gr
- **Espectrofotómetro** Este instrumento sirve para analizar el patrón de color de la preforma de botella PET y saber las respectivas variaciones cuando se ponen colorantes aditivos. El CM-3700A mide con facilidad colores reflectantes, con la capacidad de elegir entre los modos SCI y SCE. También pueden determinarse fácilmente colores fluorescentes con los filtros de corte de UV del instrumento, que permiten un ajuste de 1000 pasos de la luz UV, con lo que proporcionan una medición ideal de papel, pulpa y otros materiales que contienen componentes fluorescentes.
- **Cromatógrafo:** Las botellas PET suelen contener trazas de acetaldehído debido a la resina utilizada o bien a un exceso de temperatura en el secado e inyección de la preforma. Las bebidas carbonatadas y las aguas minerales sufren con esto una indeseada saboración que disminuye su elegibilidad por el consumidor. A fin de evitar el agregado de sabores indeseados al producto final, las empresas embotelladoras fijan límites a los niveles de acetaldehído en las botellas. Es un sistema que realiza el análisis automatizado de acetaldehído en botellas PET utilizando cualquier marca de cromatógrafo de gases que tenga instalado una válvula de muestreo de gases termostatizada.
- **SmartScope MVP:** Es para medir las dimensiones de profundidad de las roscas de las preformas y que cumpla con las especificaciones técnicas en cuanto a dimensión.
- **Medidor de espesor de Paredes de las Preformas de PET:** Mide los espesores de las paredes de las preformas a través de un medidor de espesores portátil que emplea el magnetismo para realizar mediciones fiables y reproducibles de materiales no ferrosos.

An essential requirement for the process of the polyethylene terephthalate resin (PET) is the careful control of the material drying. The PET, in solid form, absorbs moisture from the environment (like a desiccant). Thus, during storage, the resin will absorb moisture to equilibrium. This value can be as high as 0.6% by weight, depending on the conditions of the place where is stored. In practice, the resin absorbs moisture levels no greater than 0.2% by weight if held in a covered place and for short periods of time. However, to produce a good product of PET, is required to reduce humidity to below 0.004% (40 parts per million) before injecting the material. The reason for this is that at temperatures above the melting point, the water present rapidly hydrolyzed the polymer, reducing its molecular weight as well as its characteristic properties.

Testing for Quality Control of products (bottles) from PET

- **Micro-moisture analyzer (Hydrometer):** This instrument is used to analyze the level of humidity of the raw material for the manufacture of PET preforms. The humidity Hydrometer measures very low humidity and moisture in the products with a single volatiles technology "gain on drying". An integrated microbalance weighing the sample to 0.00001 gr
- **Spectrophotometer:** This instrument is used to analyze the color pattern of the PET bottle preform and know the respective variations when adding coloring additives. The CM-3700A easily measure reflective colors, with the feature to choose between SCI and SCE modes. It also can easily determine fluorescent colors with its UV cut filters instrument allowing adjustment of 1000 UV light passes, thereby providing an ideal measurement of paper, pulp and other materials containing fluorescent components.
- **Chromatograph:** PET bottles often contain traces of acetaldehyde due to the resin used or to excessive temperature during the drying and injection of the preform. Soft drinks and mineral waters suffer undesired taste that decreases their eligibility for the consumer. To avoid the undesirable flavors added to the final product, bottling companies set limits on the levels of acetaldehyde in bottles. It is a system that performs automated analysis of acetaldehyde in PET bottles using any brand of gas chromatograph that has installed a thermostated gas sampling valve.
- **SmartScope MVP:** It measures the dimensions of depth of the preforms threads in order to meet with the technical specifications in terms of size
- **PET preforms walls Thickness Gauge:** Measure the wall thickness of the preforms through a portable thickness gauge which employs magnetism to perform reliable and reproducible measurements of non-ferrous materials.

6.10 INDUSTRIA B: FABRICACIÓN DE ESCOBAS A PARTIR DE PET RECICLADO

La empresa se dedica a la fabricación de escobas y cepillos a base de plásticos reciclados de botellas PET y PP. En este caso el PET y el PP llevan un proceso de secado y deshumidificación para poder iniciar el proceso de extrusión para hacer las fibras de las escobas por medio de un proceso de inyección. Posteriormente ambas piezas son ensambladas para formar la escoba.

En la Fig. 18 se muestra el diagrama del proceso de fabricación de escobas de plástico, así mismo se presenta una descripción detallada de cada uno de los pasos de este procedimiento.

6.10 INDUSTRY B: BROOM MANUFACTURING FROM RECYCLED PET

The company is engaged in the manufacture of PET plastic bottles and recycled PP based brooms and brushes. In this case, PET and PP lead a process of drying and dehumidifying to start the extrusion process in order to make the brooms fibers through an injection process. Then the two parts are assembled to form the broom.

Fig. 18 shows the diagram of the process of plastic brooms likewise presents a detailed description of each of the steps in this procedure.

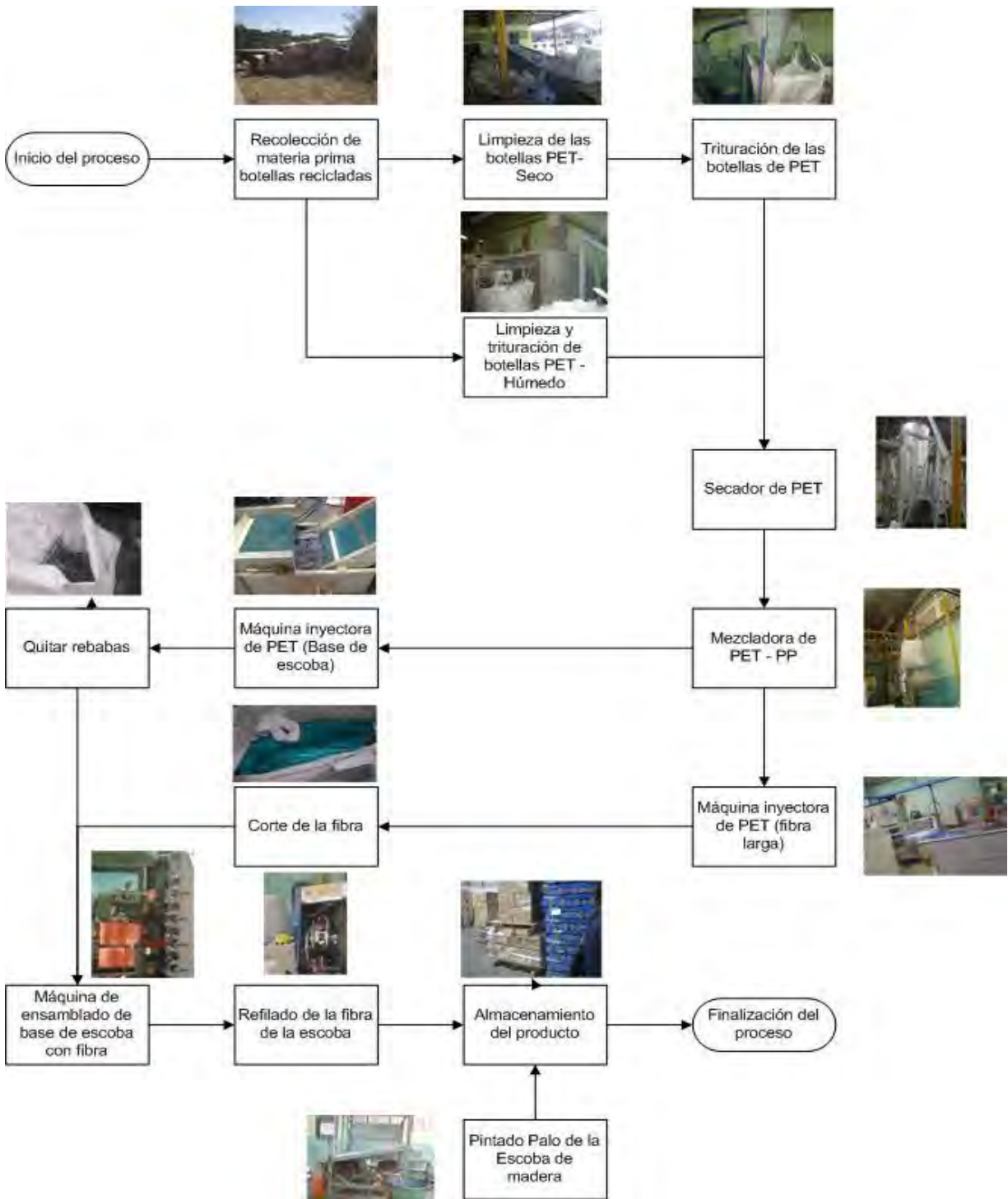




Fig. 18 Diagrama del proceso de fabricación de de escobas a partir de PET y PP reciclado. Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	1. Recolección de material: Los proveedores o pepenadores de PET reciclado son quienes recolectan el material. Este procedimiento garantiza su calidad. Generalmente el material proviene de botellas de PET, de bebidas gaseosas, de limpieza, entre otros.	1. Collecting Material: Recycled PET Suppliers or scavengers are those collecting the material. This procedure ensures its quality. Generally the material comes from carbonated beverages or cleaning products PET bottles among others.
	2. Separación de materiales: Se deben separar bien los materiales de PET reciclado para evitar que posteriormente se pierda la materia prima. Este proceso se realiza por medio de imanes que recolectan materiales metálicos que vienen dentro de los sacos de botellas, antes de pasar a la banda transportadora que lo dirige al siguiente proceso.	2. Material Separation: The recycled PET materials must be separated either to avoid later raw material lost. This process is made by magnets that collect metallic materials that come within the bottles bags before moving on to the conveyor belt that leads to the next process.
	3. Limpieza de materiales: Este proceso puede ser en seco o húmedo. Esto significa que en uno de los casos el material es pasado por agua antes de continuar al proceso de trituración.	3. Material Cleaning: This process can be dry or wet. This means that in one case the material is washed before continuing the grinding process.
	4. Trituración de materiales y almacenamiento: Por medio de un molino se realiza la trituración del material, puede ser en seco o húmedo. Luego el material se va acumulando en sacos y es almacenado en la bodega de materia prima.	4. Material Crushing and storage: The material crushing is made through a mill; the material can be dry or wet. Then it accumulates in bags and stored in the raw materials warehouse.
	5. Secador de materiales para ambas piezas; base de la escoba y fibra de la escoba: El PET lleva un proceso de secado para quitarle la humedad y este a la vez se cristaliza. Esto ayuda a que en el proceso de inyección las piezas salgan de mejor calidad. Cabe mencionar que el material al precalentarse se descontamina y se le quita el polvo, partes de viñetas y algunas piezas metálicas. La cristalización se hace a 130 grados centígrados y el material se vuelve de color lechoso. La deshumificación se realiza a 145 grados centígrados para quitarle la humedad y tiene una duración de 4 horas. La humedad debe quitarse sino la producción no se puede estabilizar. Otro aspecto que hay que considerar es que después de 24 horas que el material este a medioambiente vuelve a humedecerse.	5. Material Drying for both: broom's base and fibers: PET drying process takes away the moisture so it can be crystallized. This helps to obtain a better quality product in the injection process. It is noteworthy that the preheated material is decontaminated and dust, labels and metal parts are removed. The crystallization is done at 130°C so the material acquires a milky color. The dehumidification is done at 145°C to remove moisture. This process lasts for four hours. Moisture must be removed or the production can't stabilize. Another aspect to consider is that after leaving the material 24 hours in the outside it becomes moist again.
	6. Mezcla de materiales de PET y PP para la fibra de la escoba: Para la elaboración de fibra de las escobas se hace una mezcla de PET y PP, esto se realiza en las tolvas. En la mezcladora hay 3 compartimientos, cada uno es una tolva, para PET, PP y colorante para plástico. La proporción que se pone de cada material es 82%, 14% y 1%, respectivamente. Considerando que el PET y el PP con el tiempo se separan	6. PET and PP materials Mixture for the broom's fiber: To prepare the broom's fiber a PET and PP mixture is done by the hoppers. In the mixer there are three compartments, each is a hopper for PET, PP and plastic dye. The proportion set of each material is 82%, 14% and 1%, respectively. Considering that the PET and PP are separated in time.

Tab. 2 Descripción detallada del proceso de fabricación de escobas a partir de PET reciclado y PP.
Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>7. Máquina inyectora PET para base escoba: Se inyecta PP 100% reciclado a los moldes de la base de la escoba. El procedimiento a seguir es:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cierre del molde 2. Inyección de material al molde. La temperatura de inyección oscila entre los 180 – 350 grados centígrados. 3. Refrigeración y solidificación del objeto (termina la inyección hasta la apertura del molde) 4. Apertura del molde y expansión de la pieza. 5. Las piezas al salir del molde pasan por un proceso de enfriamiento y van a una pila de agua, las cuales posteriormente son recolectadas por los operarios. 	<p>7. PET injection machine for broom base: 100% recycled PP is injected to the broom's base molds. The procedure is:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Close the mold 2. Material injection into the mold. The injection temperature is between 180-350°C. 3. Cooling and object solidification (injection ends until the opening of the mold) 4. Mold opening and piece expansion. 5. The parts out of the mold pass through a cooling process and go to a water basin, which then are collected by the operators.
	<p>8. Quitar rebabas de la base de la escoba: Los operarios hacen la separación de las rebabas de la base de la escoba y las colocan en bolsas después son reutilizadas para hacer más producto.</p>	<p>8. Burring base broom: Operators separate the burrs from the broom's base and bagged it to be reused to make more product.</p>
	<p>9. Máquina inyectora PET – PP para fibra de la escoba: Se inyecta la mezcla de PET y PP con colorante para la producción de las fibras, las cuales tienen una longitud continua. Estas fibras al salir del extrusor tienen una temperatura que oscila entre los 225 – 300 grados centígrados, luego es pasado a una bañera de agua para enfriarla, para continuar con el proceso de memoria. Este consiste en aplicar presiones a las fibras para estirarlas y luego de hacer este proceso 4 veces se les aplica calor para que se encojan y lleguen a su estado original. Esto se hace con objeto que el producto tenga ciertas propiedades adecuadas para que sean flexibles al momento de barrer.</p>	<p>9. Broom's fiber PET- PP injection machine: the PET and PP mixture is injected for the production of fibers, which have a continuous length. Leaving the extruder these fibers have a temperature between 225-300°C, and then they are passed to a water bath to cool them down to continue with the process of memory. This involves applying pressure to the fibers to stretch and after this process heat is applied 4 times to shrink and reach their original state. This is done so that the product has certain properties suitable to be flexible at the time of sweeping.</p>
	<p>10. Corte de las fibras: Se hace un corte de la fibra que se utilizará en la máquina de ensamble.</p>	<p>10. Fibers Cut: A cut is made to the fiber that will be used in the assembly machine.</p>
	<p>11. Ensamblado de la base y las fibras de la escoba: Se ingresan las bases y las fibras de la escoba ya cortadas a la máquina de ensamble. Las bases de la escoba tienen varios orificios en las cuales se van engrapando un grupo de fibras.</p>	<p>11. Broom's fibers and base assembly: The broom's bases and cut fibers are introduced to the assembly machine. Broom bases have several holes into which a group of fibers are stapled.</p>
	<p>12. Refilado de las fibras de la escoba: La base de la escoba ya ensamblada se coloca en la máquina de refilado para darle el acabado final a la fibra. El PET y PP que no es compatible es el que ayuda a darle en el volumen a la fibra de la escoba al refilarla.</p>	<p>12. Broom's fibers trim: The already assembled broom's base is placed in the fiber trimming machine to give the fibers the final finish. The PET and PP that are not compatible helps to give volume to the trimmed fibers.</p>

Tab. 2 Descripción detallada del proceso de fabricación de escobas a partir de PET reciclado y PP.
Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	13. Pintado de palos: Los palos de las escobas son a base de madera y estos son pintados o se dejan de color natural, dependiendo del pedido realizado por el cliente.	13. Broomsticks painting: Broomsticks are wood based and these are painted or left them in natural color, depending on the order placed by the customer.
	14. Almacenamiento del producto: Tanto las bases de escoba y los palos ya pintados son almacenados en la bodega de producto terminado, en espera de ser despachados a los clientes.	14. Product Storage: Both the painted broomsticks and bases are stored in the finished product warehouse, waiting to be shipped to customers.

Tab. 2 Descripción detallada del proceso de fabricación de escobas a partir de PET reciclado y PP.
Fuente: Elaboración propia

6.11 INDUSTRIA C: FABRICACIÓN DE ZAPATOS A PARTIR DE MATERIAL PVC RECICLADO Y VIRGEN

El PVC reciclado y mezclado con material virgen es utilizado para elaborar una diversidad de tipos de zapatos plásticos: sandalias, zapatillas y botas, entre otros. Estos productos se realizan con maquinas inyectoras de plástico. Las formas de los zapatos se consiguen por medio de moldes con diferentes estilos y tamaños. En la Fig. 20 se muestra el diagrama del proceso de fabricación de zapatos de PVC así mismo se presenta una descripción detallada de cada uno de los pasos de este procedimiento.

6.11 INDUSTRY C: RECYCLED AND VIRGIN PVC BASED SHOES MANUFACTURE

The Recycled PVC mixed with virgin material is used to make a variety of plastic shoe types: sandals, slippers and boots, among others. These products are made with plastic injection machines. Shoe shapes are achieved by molds with different styles and sizes. Fig. 20 shows the diagram of the manufacturing process for PVC shoes likewise presents a detailed description of each of the steps in this procedure.

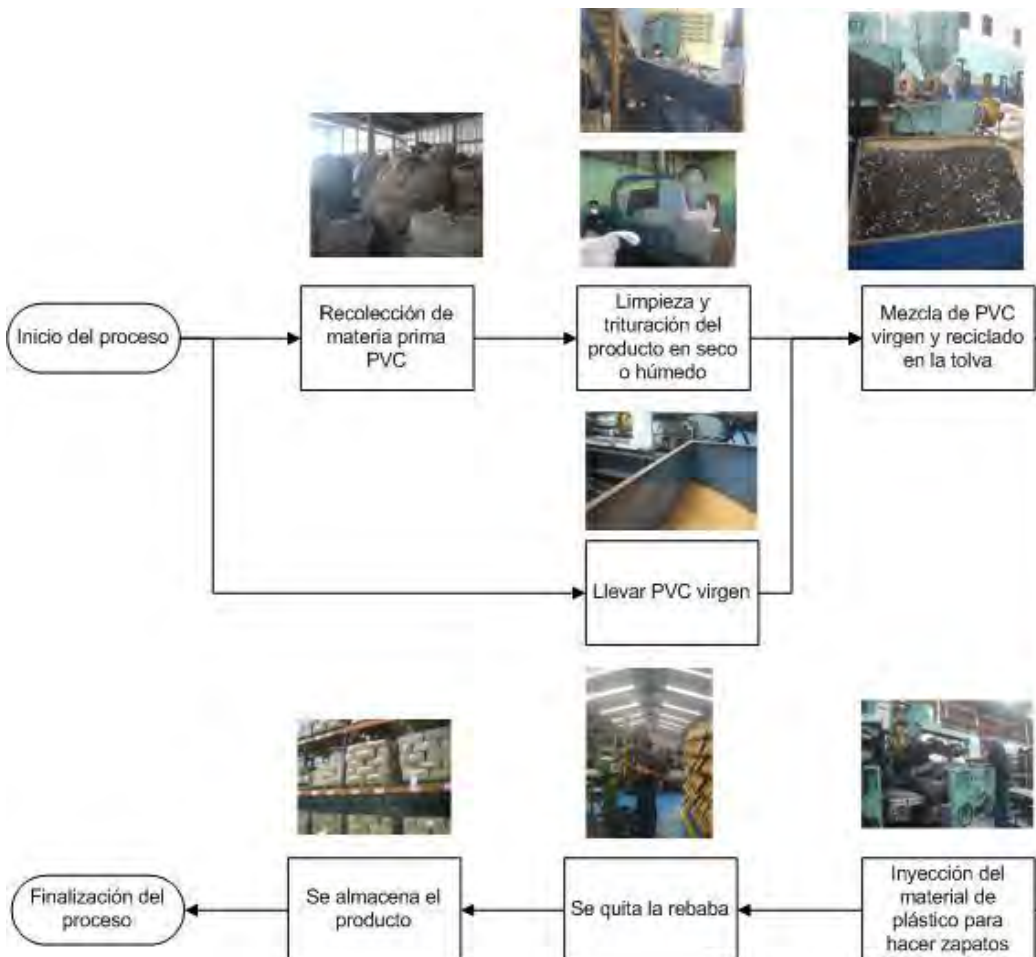




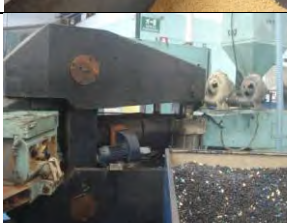





Fig.21 Procedimiento del proceso de fabricación de Zapatos de PVC reciclado y virgen. Fuente: Elaboración propia.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	1. Recolección de materiales: Los proveedores o pepenadores de PVC reciclado son quienes recolectan el material. Este procedimiento garantiza su calidad. Generalmente el material proviene de productos, como: flotadores, piscinas, medicinas y mangueras de sondas.	1. Material Recollection: Suppliers or scavengers are those collecting the recycled PVC. This procedure ensures its quality. Generally the material comes from products, such as floats, swimming pools, medicine and hoses probes.
	2. Limpieza de materiales: Se debe separar bien los materiales de PVC reciclado para evitar que posteriormente se pierda la materia prima. Este proceso puede ser en seco o húmedo.	2. Material Cleaning: Recycled PVC materials must be well separated either to avoid later lost of raw material. This process can be dry or wet.
	3. Trituración de materia prima: Con el molino se tritura el material, puede ser en seco o húmedo.	3. Raw material Shredding: A mill grinds the material; this process can be dry or wet.
	4. Mezcla de PVC virgen y reciclado: Para la elaboración de zapatos se utiliza material virgen y reciclado para el cuerpo del zapato, la mezcla de los materiales se realizan con una tolva.	4. Virgin and recycled PVC mix: For shoe-making virgin and recycled materials are used for the shoe body, the mixture of materials is performed with a hopper.
 	5. Inyección del material: Consiste en inyectar el material a los moldes de zapatos. La temperatura de fundición oscila entre los 180 y 350 grados centígrados. Para ello se hace el siguiente procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Cierre del molde 2. Avance del grupo de inyección 3. Inyección de material al molde (cerrado y frío) 4. Mantenimiento de presión 5. Refrigeración y solidificación del objeto (termina la inyección hasta la apertura del molde) 6. Retroceso del grupo de inyección 7. Plastificación del material hasta el ciclo siguiente. 8. Apertura del molde y expansión de la pieza. 	5. Material injection: Consists in injecting the material into the mold shoe. The melting temperature is between 180 and 350°C. The procedure is: <ol style="list-style-type: none"> 1. Close the mold 2. Advancing the injection group 3. Injection of material into the mold (closed and cold) 4. Pressure maintenance 5. Cooling and object solidification (the injection ends until the opening of the mold) 6. Injection group receding 7. Laminate material until the next cycle. 8. Mold opening and piece expansion.
	6. Quitar la rebaba: Deben quitarse del producto algunas piezas o rebabas que han quedado al expulsar la pieza. Por otro lado, se observa que el operario quita las rebabas del zapato con una máquina especial que garantiza la calidad de su acabado.	6. Remove the burr: Some parts or burrs left on the product when ejecting from the mold must be removed. Moreover, it is observed that the operator removes the burrs using special equipment that ensures the finishing quality.
	7. Almacenamiento del producto: Se procede a empaquetar el producto y se lleva a la bodega para enviarlo en un momento dado a los clientes respectivos.	7. Product Storage: Then it proceeds to package the product and brought it to the warehouse to send it in a given time to the respective customers.

Tab. 3 Descripción detallada del procedimiento para la elaboración de zapatos a partir de PVC Fuente: Elaboración propia

6.12 INDUSTRIA D: FABRICACIÓN DE LÁMINAS A PARTIR DE PP RECICLADO Y VIRGEN

Es una empresa que fabrica láminas de Poliestireno de alto Impacto, como materia prima principal esta empresa utiliza el poliestireno que es un material termoplástico incoloro y transparente producido de brea de carbón y gas petróleo. Tiene una elevada fuerza de tensión, pero su resistencia al impacto es baja por lo tanto para la creación de laminas de alto impacto se mezcla con polibutadieno, para mejorar su resistencia al impacto. El poliestireno es un polímero muy resistente a químicos inorgánicos, incluso a la acción de ácidos fuertes, pero no lo es para muchos solventes orgánicos. Actualmente es soluble en hidrocarburos aromáticos y purificados. Este es muy resistente al agua, tiene una excelente estabilidad dimensional y propiedades eléctricas sobresalientes. También puede ser teñido para darle un mejor atractivo fuera de afectar su transparencia. En la Fig. 20 se muestra el proceso de fabricación de las láminas, así mismo se presenta una descripción detallada de cada uno de los pasos de este procedimiento.

6.12 INDUSTRY D: MAKING SHEETS FROM RECYCLED AND VIRGIN PP

It is a company that manufactures polystyrene high impact sheets, as main raw material the polystyrene is used; a colorless, transparent thermoplastic material produced from coal tar and petroleum gas. Has a high tensile strength, but its impact resistance is low hence for creating high impact sheets the polystyrene is blended with polybutadiene, to improve impact resistance. Polystyrene is a highly resistant to inorganic chemicals polymer, including the action of strong acids, but not for many organic solvents. Currently it is soluble in purified aromatic hydrocarbons. Its highly resistant to water, has excellent dimensional stability and outstanding electrical properties. It can also be dyed to give a better appeal but affecting its transparency. Fig. 20 shows the manufacturing process of the sheets, also presents a detailed description of each of the steps in this procedure.

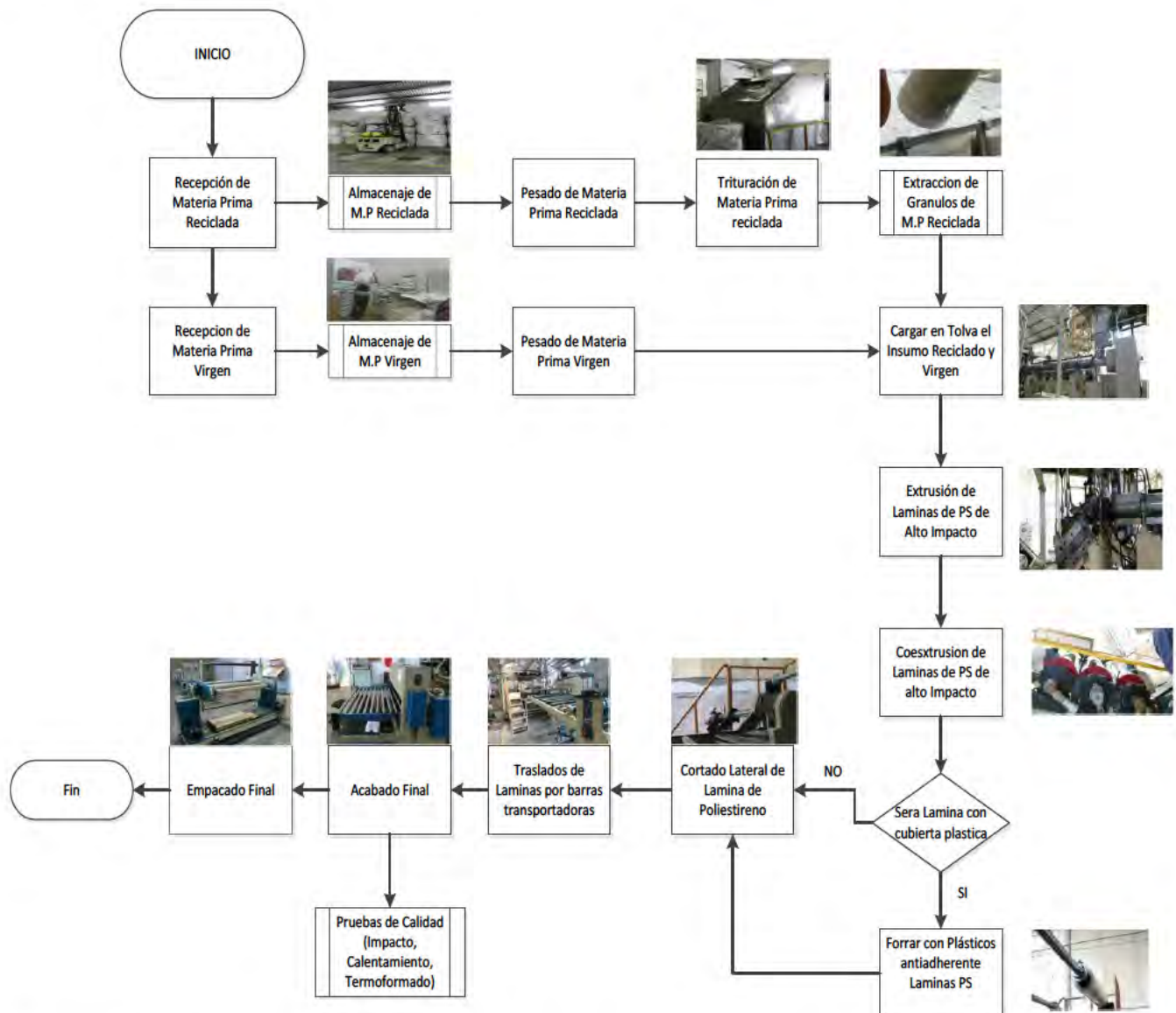


Fig.20 Proceso de fabricación de láminas a partir de PP reciclado
Fuente: Elaboración propia.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>1. Almacenamiento de Materia Prima Reciclada: Se recibe y almacena la materia prima de productos reciclados (anuncios publicitarios) de los proveedores establecidos; en sacos de hasta 3 toneladas de capacidad.</p>	<p>1. Recycled Raw Material Storage: The raw material for recycled products (advertisements) from established providers is received and storage in bags of up to 3 tons capacity.</p>
	<p>2. Almacenamiento de Materia Prima Virgen: Se almacenan los sacos de materia prima virgen (polibutadieno virgen) en la respectiva bodega. Estos sacos tienen hasta 100 kg de capacidad</p>	<p>2. Virgin Raw Material Storage: Raw material bags are stored (polybutadiene virgin) at the respective warehouse. These bags have up to 100 kg capacity.</p>
	<p>3. Trituración de Materia Prima Reciclada: En el molino se tritura el material reciclado, a fin de obtener materia prima en forma de gránulos. Molino de trituración: Obtención de materia prima reciclada en forma de Gránulos.</p>	<p>3. Recycled raw material crushing: The mill crushes the material recycling, in order to obtain raw material pellets. Grinding mill: obtaining recycled raw materials in the form of granules.</p>
	<p>4. Extracción de gránulos de Materia Prima reciclada: Extracción de gránulos de Materia prima reciclada de contenedores. La respectiva medida de porcentaje utilizada para la fabricación de las piezas, depende del pedido del cliente. Varía en utilización de materia prima reciclada desde un porcentaje de 20 – 40%, según la cartera establecida.</p>	<p>4. Retrieving recycled granules from raw material: Extraction of recycled raw material granules from containers. The respective percentage measure used for the manufacture of parts, depending on the request, varies using recycled raw material from a proportion of 20-40%, according to what is established.</p>
 	<p>5. Proceso de extrusión de láminas de Polietileno: Previamente se da la mezcla de gránulos de Etileno y polibutadieno virgen para que posteriormente los insumos sean pesados y descargados y mezclados en la proporción adecuada según la fórmula seleccionada en la tolva. Se inicia la fusión como consecuencia del calor conducido desde la superficie del cilindro y del generado por fricción a lo largo de las superficies del cilindro y del tornillo. Los insumos se calientan desde una temperatura de 190° hasta una de 226° C y se transportan en conductos de acero. La zona de dosificado actúa como una simple bomba en la que el movimiento del material fundido hacia la salida de la extrusora se produce como resultado del giro del tornillo. El material llega a la boquilla y conforme sale toma la forma de esta conforme 3 procedimientos: Tensionado, relajación y enfriamiento.</p>	<p>5. Polystyrene sheets extrusion process: Previously the mixture of ethylene granules and virgin polybutadiene is given, so the materials can be weighed, discharged and mixed in the proper ratio according to the formula selected in the hopper. Fusion begins due to heat conducted from the cylinder surface and the friction generated along the surfaces of the cylinder and the screw. Materials are heated from a temperature of 190 ° up to 226 ° C and transported in steel pipes. The dosage zone acts as a simple metering pump in which movement of molten material to the extruder exit occurs as a result of rotation of the screw. The material reaches the exit nozzle and takes the form of this nozzle through three procedures: stress, relaxation and cooling.</p>
	<p>6. Proceso de co-extrusión de láminas de plástico: El proceso de coextrusion produce películas plásticas compuestas de dos o más capas. En este proceso, dos o más corrientes de plástico fundido convergen y se unen a la entrada del dado, se desplazan luego como flujos adyacentes por el interior del dado emergiendo finalmente para enfriarse y solidificar, conformando así el producto coextruido de dos o más capas.</p>	<p>6. Plastic sheets Co- extrusion process: The co-extrusion process produces plastic films composed of two or more layers. In this process, two or more molten plastic flows converge and are joined to the given input, then move as adjacent flows and finally emerging to cool down and solidify, thereby forming the co-extruded product of two or more layers.</p>

Tab. 4 Descripción de los procesos de fabricación de Láminas de Polietileno de alto Impacto. Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	7. Colocación de cubierta plástica de las láminas para lograr mayor duración de éstas: Las láminas que sean requeridas por los clientes, son forradas por plásticos antiadherentes, que las protege y permite mayor duración de estas.	7. Plastic cover installation to sheets for their longevity: The sheets that are required by customers are lined with nonstick plastic, which protects and allows greater duration of these.
	8. Proceso de cortado lateral para dar la forma y tamaño correspondiente a la lámina: Las láminas son cortadas tanto lateralmente como transversalmente para darles las formas y medidas correspondientes o aquellas solicitadas por los clientes.	8. Lateral cutting process to give the corresponding size and shape to the sheet: The sheets are cut both laterally and transversely to give them the forms and corresponding measures, or those requested by customers.
	9. Traslado de Láminas por barras transportadoras: Las láminas ya cortadas a la medida establecida, se trasladan por barras transportadoras para su respectiva compactación.	9. Sheets moving by conveyor belts: The cut and painted sheets are moved by conveyor belts to their respective compaction.
	10. Traslado de láminas terminadas: Recibido de láminas terminadas para su inspección final y compactación.	10. Finished sheets moving: The finished sheets are received for its final inspection and compaction.
	11. Proceso de empacar laminas terminadas: Se trasladan las laminas a las maquinas empacadoras, en donde éstas son empacadas ya sea en cajas, plásticos ó compactadas en forma de rollos.	11. Finished sheets packing process: The sheets are moved to the packing machines where they are packaged either in boxes, plastics or compacted in rolls.
	12. Almacenamiento de producto terminado: Las láminas se almacenan en la bodega de producto terminado, para su posterior traslado a los clientes.	12. Finished product storage: Sheets are stored in the warehouse of finished goods for subsequent transfer to the customers.

Tab. 4 Descripción de los procesos de fabricación de Láminas de Polietileno de alto Impacto. Fuente: Elaboración propia

Pruebas de calidad de los productos terminados (Laminas de Polietileno) realizados por la empresa.

Prueba de calentamiento: Esta prueba consiste en calentar mediante un horno microondas, partes de láminas de polietileno recién fabricadas y verificar hasta cual temperatura, éstas empiezan a sufrir deformaciones o a cambiar su forma normal.

Prueba de Impacto: Este ensayo se realiza en las láminas para determinar la resistencia de éstas frente a impactos ocasionales a los que previsiblemente pueden estar sometidos durante su vida útil.

Quality testing of finished products (Polyethylene Sheets) made by the company.

Heating Test: This test consists in heating with a microwave oven, parts of newly manufactured polystyrene sheets and verify to which temperature they begin to be deformed or change their normal shape.

Impact Test: This test is performed on the sheets to determine their resistance against occasional impacts that may foreseeably be subjected during its lifetime. In addition to this impact machine can determine how much energy a sheet can dispels when struck by a free falling weight with different measures. The test gives values in joules units, and these can differ greatly at different temperatures.

Además con esta máquina de impacto se puede determinar cuanta energía logra disipar una lámina al ser golpeada por un peso en caída libre de diferentes medidas. El ensayo entrega valores en Joule, y estos pueden diferir fuertemente a diferentes temperaturas.

Prueba de longitud, linealidad y medidas exactas: Esta prueba se realiza mediante reglas de 1 metro y en una tabla totalmente plana con el fin de poder verificar que las laminas una vez terminadas, tengan las medidas requeridas y las establecidas previamente, esto en cuanto a ancho y largo. También se busca que las láminas tengan una perfecta linealidad para lograr así la calidad requerida.

Prueba de Deformación: La maquina termoformadora se utiliza para darle formas de bandeja a las laminas recién creadas y verificar la capacidad de deformación que tienen estas por el calentamiento, esta máquina además le ayuda a la empresa a contar con una gran variedad de productos para ofrecer a los clientes.

Pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio de los productos de las empresas que se visitaron y de las láminas recicladas se muestran en la Tab. 5

Botellas de PET	Láminas de PVC	Láminas PP	Zapatos y Escobas
Microanálisis de humedad	Pruebas de calentamiento	Propiedades físicas	Ninguna
Análisis de color	Pruebas de impacto	Resistencia al fuego	
Niveles de acetaldehído en botellas (sabor)	Pruebas de longitud, linealidad y medidas exactas	Resistencia al desgaste	
Espesor de la proforma	Prueba de deformación	Resistencia al aire	
Profundidad de las roscas		Resistencia a la lluvia	
Revisión del fondo de la botella		Resistencia al sistema de techo discontinuo	

Tab. 5 Pruebas de laboratorio de diferentes productos..
Fuente: Elaboración propia



Length linearity and accurate measurements test: This test is performed by 1 meter length rulers on a totally flat table in order to verify that the sheets once completed have the previously established and required measures, regarding width and long. It also seeks that the sheets have a perfect linearity thus achieving the required quality.

Deformation Test: The thermoforming machine is used to give tray form to the sheets and verify the strain capacity due to heating; this machine also helps the company to offer a variety of products to the customers.

Laboratory tests

The products lab tests of the visited companies and the ones conducted on the recycled sheets are shown in Tab. 5



Fig.21 Imágenes de distintos ensayos para el control de calidad.
Fuente: Elaboración propia.

6.13 PATENTES RELACIONADAS CON PET

Se realizó una búsqueda de patentes relacionadas con la transformación de PET reciclado, de las cuales, se encontraron dos patentes de paneles modulares para hacer techos y paredes. También hay dos patentes adicionales relacionadas con los procesos y máquinas para elaboración de láminas y paneles de PET.

Patente	Descripción
W02010150086 (A2)	Panel modular para hacer techo y paredes y su método
EP0025420 A1	Paneles modulares para construcción de paredes
JP6179239	Elaboración de láminas a partir de PET
MX 2007014482A	Proceso y maquinaria para hacer tablas de plástico por medio de fundición y compresión

Tab. 6 Patentes que aportan a la propuesta
Fuente: Elaboración propia con datos de patentes

6.14 SELECCIÓN Y PROPUESTA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS Y PANELES

Selección de proceso

En la selección del proceso de producción, primero se investigó sobre los diversos procesos de transformación del PET reciclado, como se muestra en la Tab. 7

En función de los diferentes procesos vistos en la industria durante las visitas técnicas se constató que los volúmenes de producción eran grandes, rondan por los millones de productos y su consumo es de 50 toneladas al día de materias primas procesadas con tecnología automatizada, con maquinaria robusta, y eso significa que la inversión, dependiendo del tipo de maquinaria en el proceso de producción, ronda por un millón de dólares y la inversión en moldes es de medio millón de dólares. La cantidad de personal con el que se trabaja en estas fábricas es poco alrededor de 100 empleados. Por esta razón, en función de las cantidades de demanda en el estudio de mercado de paneles y láminas ronda por las 100 unidades al día. Se ha tenido que buscar otro tipo de tecnología adecuada a este volumen de producción, que sea más económica. Cabe mencionar que la tecnología que se seleccionó en la elaboración de láminas es muy distinta a la maquinaria que venden en el mercado para la transformación de plásticos. En este caso se sugiere fabricar láminas o paneles de PET reciclado por fundición con horno eléctrico. Este proceso de fundición es garantizado, dadas las pruebas de laboratorio realizadas en la elaboración de probetas en el transcurso de esta investigación considerando las siguientes características:

- Es necesario que el Horno, tenga la capacidad y las medidas correspondientes, para poder producir las láminas y paneles que se han propuesto en el estudio correspondiente.
- Para poder producir varias láminas por el proceso de fundición por horneado, es necesario que el horno tenga varios niveles y poder así colocar en diferentes alturas hasta cinco láminas simultáneamente.
- Se debe tener siempre en cuenta que según los datos experimentales realizados en las pruebas, las láminas tendrán siempre un peso menor de 1.3 a 2.4 veces el de la materia prima que se coloca para fundir.

6.13 PET RELATED PATENTS

A search for patents related to the transformation of recycled PET was conducted, from which two patents of modular panels for ceilings and walls were found. There are also two additional patents related to the processes and machinery for production of PET sheets and panels.

6.14 PRODUCTION PROCESS FOR SHEETS AND PANELS PROPOSAL AND SELECTION

Process selection

To the selection of the production process, the various processes of transformation of recycled PET were first investigated as shown in Tab. 7

In function of the different processes seen in the industry during the technical visits. It was verified that the production volumes were large, around the millions of products, and the consumption of 50 tons per day of raw materials processed with automated technology and robust machinery meaning that the investment, depending on the type of machinery in the process production, round for a million dollars and investment in molds is half a million dollars. The amount of staff that will work in these factories is around 100 employees.

For this reason, depending on the amount of demand in the panel and sheets market research, that rounds the 100 units a day. It has had to find other appropriate technology that adequate to this volume of production, which will be cheaper.

It is worth mentioning that the technology that was selected in the sheet manufacturing is very different from the machinery sold in the market for plastics processing. In this case, making sheets or panels of recycled PET with electric furnace smelting is advised. This melting process is guaranteed by the laboratory tests conducted in the preparation of specimens in the course of this research considering the following characteristics:

- It is necessary for the Oven, to have the capacity and the appropriate measures in order to produce the sheets and panels that have been proposed in the corresponding study.
- In order to produce various sheets by the melting process by baking, it is necessary that the furnace has multiple power levels and thus different heights to place up to five sheets simultaneously.
- It has always to keep in mind that according to the experimental data performed in testing; the sheets will always have a weight less than 1.3 to 2.4 times that of the raw material is placed to melt.

6.15 PRODUCTION PROCESS, ROADMAP: QUANTITY OF LABOR AND EQUIPMENT REQUIRED, CRAFTING PROCESS (SHEETS AND PANELS)

Tab. 10 shows in detail the process of production for sheets and panels. The only thing that differs between the two processes for producing molds are that they are the ones that give shape to the product, and the second point is the amount of material required, as shown in Tab. 8 It should be noted that the times of the processes that have been proposed are data taken from tests that have been conducted in the experimental process.

6.15 PROCESO DE PRODUCCIÓN, HOJA DE RUTA: CANTIDAD DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA REQUERIDA, PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL (LÁMINAS Y PANELES)

En la Tab. 10 se muestra de forma detallada el proceso de producción de láminas y paneles. Lo único que varía entre ambos procesos, son los moldes para producirlos que son los que le dan la forma al producto, y el segundo punto, es la cantidad de material requerido, tal como se presenta en la Tab. 8 Es de hacer notar, que los tiempos de los procesos que se han propuesto son datos tomados de pruebas que se han llevado a cabo en el proceso experimental.

Hoja de Ruta Paneles para láminas y paneles fabricados con proceso artesanal

La Jornada laboral será de 8 horas diarias, sin trabajar Fines de Semana. Se enuncia cada uno de los equipos que son necesarios para llevar a cabo cada uno de los procesos que intervienen en la fabricación de las láminas y paneles. Se puede observar la cantidad de producción, que indica el número de Láminas necesarias a producir para satisfacer la demanda por día, el porcentaje de rechazo nos indica la cantidad del producto que pudiera llegar a rechazarse en cada uno de los procesos, esto debido a la maquinaria o equipo utilizado. La eficiencia de trabajo, se asume de acuerdo a la capacidad de la máquina, mano de obra y el factor real de trabajo que se quiere lograr. En este caso la eficiencia es asumida del 90% Los valores de la Hoja de Ruta reflejan que, se necesita de 99 trabajadores y 82 máquinas sugeridos para cada uno de los procesos de la fabricación de Láminas para la construcción y un requerimiento de 287 trabajadores y 261 máquinas sugeridas para cada uno de los procesos para la fabricación de Láminas y Paneles para la construcción.

Craft manufactured sheets and panels roadmap.

The workday is 8 hours per day without working on weekends. Each of the equipment necessary to carry out each of the processes involved in the manufacture of sheets and panels is enunciated. The amount of production can be seen, which indicates the necessary number of produced sheets to meet the demand per day, the rejection rate indicates the amount of product that could get rejected in each of the processes, this due to the machinery or equipment used.

The working efficiency is assumed according to the capacity of the machine, labor and real working factor to be achieved. In this case the efficiency assumed value is 90%. The values in the roadmap reflect that 99 workers and 82 machines are required for each of manufacturing sheets for building processes and a requirement of 287 workers and 261 machines suggested for each of the processes for the manufacture of sheets and panels for construction.

Detailed description of the crafting production process of sheets or panels.

MATERIAL	PROCESOS				
	Extrusión	Inyección	Laminado	Soplado	Termoformado
PET	X	X	X	X	X

Tab. 7 Pruebas de laboratorio de diferentes productos. Fuente: Elaboración propia

Producto	Lámina de 2.0 m ² , 2 mm de espesor	Panel de 2 m ² , 4 mm de espesor
Número de botellas de PET reciclado	228	450






Tab. 8 Pruebas de laboratorio de diferentes productos. Fuente: Elaboración propia

# Operaciones	Descripción	Equipo y Maquinaria	Materia Prima	Unidad/hora	Cantidad (unidad/hora)	Cant. producción Requerida/día	% Rechazo	Cantidad a Producir/día	Estándar Producción/día	ε	Estándar Real/día	N° Maquinaria	N° Maquinas Aprox	MO
1	Clasificar Botellas de Pet	Mesa de trabajo	Botellas PET	botela/hora	6205	124	0	124	49640	0.9	44676	0.316411496	1	1
2	Remover el Arilo y Rosca	Desarmador	Botellas PET	botela/hora	238	123	1.00%	124	1904	0.9	1713.6	8.26460084	8	8
3	Remover el Viñeta	Tijeras	Botellas PET	botela/hora	80	123	0	123	640	0.9	576	24.34375	24	24
4	Lavado de Botellas	Lavado manual	Botellas PET	botela/hora	106	123	0	123	848	0.9	763.2	18.37264151	18	18
5	Secado de Botellas	Secado	Botellas PET	botela/hora	1858	123	0	123	14864	0.9	13377.6	1.048170075	1	1
6	Inspeccion de Secado	Mesa de trabajo	Botellas PET			123	0	123	0	0.9			0	0
7	Almacenar Botellas en Sacos	Sacos	Botellas PET	botela/hora	2477	123	0	123	19816	0.9	17834.4	0.786233347	1	1
8	Pesado de Botellas	Balanza Electronica	Botellas PET	botela/hora	1765	123	0	123	14120	0.9	12708	1.103399433	1	1
9	Trituración de Botellas	Molino Triturador	Botellas PET	botela/hora	929	112	10.00%	123	7432	0.9	6688.8	2.099748834	2	2
10	Almacenar PET Triturado	Sacos	PET Triturado	kg/hora	291	112	0	112	2328	0.9	2095.2	0.158442153	1	1
11	Pesado de PET Triturado	Balanza Electronica	PET Triturado	kg/hora	364	112	0	112	2912	0.9	2620.8	0.126666667	1	1
12	Vaciar Muestra en Molde	Molde aluminio	PET Triturado	kg/hora	30	112	0	112	240	0.9	216	1.536888889	2	4
13	Pre calentamiento de Muestra	Muffa	PET Triturado			112	0	112	0	0.9			0	0
14	Fundición de PET triturado	Muffa	Pieza de PET	lámina/hora	3	106	6.00%	112	24	0.9	21.6	5.201851852	6	6
15	Enfriamiento de Pieza	Deposito de Agua	Pieza de PET	lámina/hora	5	106	0	106	40	0.9	36	2.944444444	3	12
16	Desmoldamiento de Pieza	Tijeras y Desarmador	Pieza de PET	lámina/hora	8	106	0	106	64	0.9	57.6	1.840277778	2	8
17	Medicion de Pieza	Mesa de trabajo Cinta Metr	Pieza de PET	lámina/hora	20	106	0	106	160	0.9	144	0.736111111	1	1
18	Corte de Pieza a Medida	Sietta	Pieza de PET	lámina/hora	12	101	5.00%	106	96	0.9	86.4	1.227430556	2	4
19	Acabado de Pieza Final	Pulidora y Lija	Pieza de PET	lámina/hora	4	100	1.00%	101	32	0.9	28.8	3.506944444	4	4
23	Empaque Pieza Final	Mesa de trabajo	Panel o Lámina de P	Tarima/hora		100	0	100	0	0.9			1	
													79	97

Tab.9 Hojas de ruta para lámina y panel, respectivamente método artesanal. Fuente: Elaboración propia.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>1. Clasificación de botellas PET: Se recolectan y almacenan botellas de bebidas de plástico, de diversos lugares previamente usadas. Tiempo total: 18 minutos</p>	<p>1. Classification of PET bottles: Previously used in different places plastic beverage bottles are collected and stored. Total time: 18 minutes.</p>
	<p>2. Remoción de Viñetas: Se remoja cada una de las botellas y se procede a quitar las viñetas. Tiempo total: 0.75 minutos por botella</p>	<p>2. Labels removal: Soak each of the bottles and proceeds to remove the labels. Total time: 0.75 minutes per bottle.</p>
	<p>3. Remoción de Aro y Rosca de Botellas Con herramienta sencilla, se procede a quitar el aro y la tapa rosca de cada una de las botellas. Tiempo total: 0.25 minutos por botella</p>	<p>3. Ring and cap removal: With simple tools proceed to remove the bottles ring and cap. Total time: 0.25 minutes per bottle.</p>
	<p>Lavado de botellas: Se procede a lavar todas las botellas para ello se agregan químicos, para lavar y esterilizar. Se lava y se deja reposar para que actúen estos químicos. Tiempo total: 17 minutos por cada 30 botellas</p>	<p>4. Bottle washing: First all the bottles are washed using washing and sterilizing chemical. Wash and set aside to let these chemicals act. Total time: 17 minutes per 30 bottles.</p>
	<p>5. Secado de Botellas: Se procede a secar las botellas, mediante la luz del sol, para ello se ponen todas las botellas con la boquilla al aire libre y se deja por un tiempo específico. Tiempo total: 360 minutos</p>	<p>5. Bottles drying: It proceeds to dry the bottles by sunlight; to make this all the bottles are put nozzle-free outdoors and left there for a specific time. Total time: 360 minutes.</p>
	<p>6. Almacenamiento de Botellas en bolsas Plásticas Una vez que las botellas están secas se procede a almacenarlas en bolsas plásticas para su consiguiente pesado. Tiempo total: 5 minutos</p>	<p>6. Bottles storage in plastic bags: Once the bottles are dry it proceeds to store them in plastic bags for its weighing. Total time: 5 minutes.</p>

Tab. 10 Descripción detallada del proceso de producción de láminas o paneles de forma artesanal.
Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>7. Pesado de Botellas: Se procede a pesar las bolsas de botellas en balanzas electrónicas. El peso es tomado en kg Tiempo total: 7 minutos</p>	<p>7. Bottles weighing: The bags are weighted using electronic scales. The weight is taken into kg. Total time: 7 minutes.</p>
	<p>8. Trituración de Botellas: El PET se tritura por medio de un molino. Requiere de los siguientes pasos a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se deposita en la boca de alimentación del molino el PET. • Se coloca un contenedor, en la boca de salida del molino. • Se acciona el molino. • El molino tritura el PET y lo triturado cae de la boca de salida del molino al contenedor. <p>Cantidad triturada es de 48.35 kg de 1858 botellas Tiempo total: 120 minutos por cada 48.35 kg</p>	<p>8. Crushing bottles: The PET is crushed by a mill. It requires the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The PET is deposited in the mill feed mouth. • A container is placed at the outlet of the mill. The mill activates. • The mill grinds the PET and deposits it from the mill outlet to the container. <p>Quantity crushed: 48.35 kg of 1858 bottles. Total time: 120 minutes per each 48.35 kg</p>
	<p>9. Almacenamiento en Sacos del PET Triturado: El PET triturado se almacena en sacos. Tiempo total: 5 minutos</p>	<p>9. Sack storage of crushed PET: Crushed PET is stored in sacks. Total time: 5 minutes.</p>
	<p>10. Pesado de PET triturado: Cada uno de los sacos que contienen el PET triturado se pesa en las balanzas electrónicas, dando el peso en Kg. El peso total de todos los sacos fue de 48.35 kg Tiempo total: 4 minutos</p>	<p>10. Crushed PET weighting: Each sack containing the crushed PET is weighed into electronic scales; taking the weight in kg. The total weight of all bags was 48.35 kg. Total time: 4 minutes.</p>
	<p>11. Vaciar cantidad establecida de PET Triturado en Molde: El molde que se utiliza es de aluminio pulido, esto permite que la muestra se funda en menos tiempo y a su vez sirve de antiadherente, para facilitar la extracción de la muestra. Para la creación de paneles. Tiempo total: 2 minutos</p>	<p>11. Pour set amount of crushed PET in a mold: The mold used is made of polished aluminum; this allows the sample to melt in less time and in turn serves as a nonstick surface, to facilitate the removal of the sample in order to create the panels. Total time: 2 minutes.</p>

Tab. 10 Descripción detallada del proceso de producción de láminas o paneles de forma artesanal.
Fuente: Elaboración propia

PROCESO	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>12. Pre calentamiento y Fundición de PET en Horno: Previamente antes de colocar el molde con la cantidad requerida de PET, se precalienta el horno, puesto que la fuente de calor garantiza la distribución uniforme de calor en el material. Tiempo total (por panel o lámina) 2m2: 45 minutos</p>	<p>12. PET Furnace Preheating and Melting: The oven is preheated prior to place the mold with the required amount of PET, as the heat source ensures even heat distribution in the material. Total time per panel or sheet (2m2): 45 minutes.</p>
	<p>13. Enfriamiento de Pieza Se enfría toda la pieza con agua fría a 24°C en forma homogénea. Tiempo total: 10 - 15 minutos</p>	<p>13. Piece Cooling: The whole piece is cooled with cold water at 24 °C homogeneously. Total time: 10 - 15 minutes.</p>
	<p>14. Desmoldado de Pieza Utilizando guantes especiales, además de tijeras y desarmador, se procede a quitarle el molde de aluminio a la pieza. Tiempo total: 6 – 8 minutos por lamina</p>	<p>14. Piece Unmolding: Using special gloves, scissors and screwdrivers, it proceeds to remove the aluminum mold. Total time: 6-8 minutes per sheet.</p>
	<p>15. Medición y corte de Pieza: Las piezas son medidas y cortadas con sierra Tiempo total: 5 minutos por lamina</p>	<p>15. Piece Measurement and Cut: Pieces are measured and cut with a saw. Total time: 5 minutes per sheet.</p>
	<p>16. Acabado final de Panel Se procede a esmerilar y pulir los bordes para eliminar el filo. Tiempo total: 15 minutos entre pulido y Lijado</p>	<p>16. Panel Finishing: It proceeds to grind and polish the edges of the sheet to remove their sharpness. Total time: 15 minutes between polishing and sanding.</p>

Tab. 10 Descripción detallada del proceso de producción de láminas o paneles de forma artesanal.
Fuente: Elaboración propia

6.16 PROCESO DE PRODUCCIÓN SEMIAUTOMATIZADO (LÁMINAS Y PANELES)

En el proceso semiautomatizado la diferencia con el artesanal, es que en el proceso de selección, remoción de viñetas, de tapas y aros, lavado y secado de botellas se hace con maquinaria lo cual facilita el trabajo.

Hoja de Ruta: para láminas y paneles de forma semiautomatizada.

Los valores de la Hoja de Ruta reflejan que, se requieren 53 trabajadores y 44 máquinas sugeridos para cada uno de los procesos en la fabricación de Láminas y Paneles para la construcción. Por lo que representa una disminución de un 53% en maquinas y en personal, así como una disminución en tiempos de fabricación y 153 trabajadores y 131 máquinas sugeridos para cada uno de los procesos para la fabricación de Láminas y Paneles para la construcción. Con respecto al proceso anterior se puede ver que hay una disminución de un 53% en máquinas y en personal, así como una disminución en tiempos de fabricación. Por esta razón, se considera que el proceso semiautomatizado como una mejor opción.

6.16 SEMI-AUTOMATED PRODUCTION PROCESS (SHEETS AND PANELS)

The difference between the semi-automated and crafting processes is that in the selection, label removal, caps and rings removal, bottle washing and drying processes machinery is making it easier to work.

Semi-automated sheets and panels Roadmap.

The roadmap values reflect that 53 workers and 44 machines are suggested for each of the manufacturing processes for sheets and building panels. This represents a 53% decrease in machinery and personnel, as well as a decrease in manufacturing time. 153 workers and 131 machines suggested for each of the manufacturing processes for sheets and panels for construction. Compared to the above process there is a 53% decrease in machinery and personnel, as well as a decrease in manufacturing time. For this reason, the semi-automated process is considered as a better choice.

Detailed description of the more automated manufacturing process for sheets or panels.

# Operaciones	Descripción	Equipo y Maquinaria	Materia Prima	Unidad/hora	Cantidad (unidad/hora)	Camt. producción Requerida/día	% Rechazo	Cantidad a Productir/día	Estándar Producción/día	£	Estándar Real/día	N° Maquinaria	N° Maquinas Aprox	MO
1	Clasificar Botellas de Pet	Mesa de trabajo	Botellas PET	botella/hora	6205	124	0	124	49640	0.9	44676	0.316411496	1	1
2	Remover Arillo y Rosca	Desarmador	Botellas PET	botella/hora	238	123	1.00%	124	1904	0.9	1713.6	8.26460084	8	8
3	Remover Viñeta	Cutter	Botellas PET	botella/hora	238	123	0	123	1904	0.9	1713.6	8.182773109	8	8
4	Lavado de Botellas	Lavado automatizado	Botellas PET	botella/hora	720	123	0	123	5760	0.9	5184	2.704861111	3	3
5	Secado de Botellas	Secado natural	Botellas PET	botella/hora	1858	123	0	123	14864	0.9	13377.6	1.048170075	1	1
6	Inspeccion de Secado	Mesa de trabajo	Botellas PET			123	0	123	0	0.9			0	0
7	Almacenar Botellas en Sacos	Sacos	Botellas PET	botella/hora	2477	123	0	123	19816	0.9	17834.4	0.786233347	1	1
8	Pesado de Botellas	Balanza Electronica	Botellas PET	botella/hora	1765	123	0	123	14120	0.9	12708	1.103399433	1	1
9	Trituración de Botellas	Molino Triturador	Botellas PET	botella/hora	929	112	10.00%	123	7432	0.9	6688.8	2.099748834	2	2
10	Almacenar PET Triturado	Sacos	PET Triturado	kg/hora	291	112	0	112	2328	0.9	2095.2	0.158442153	1	1
11	Pesado de PET Triturado	Balanza Electronica	PET Triturado	kg/hora	364	112	0	112	2912	0.9	2620.8	0.126666667	1	1
12	Vaciar Muestra en Molde	Molde acero	PET Triturado	kg/hora	60	112	0	112	480	0.9	432	0.768444444	1	2
13	Pre calentamiento de Muffa	Muffa	PET Triturado			112	0	112	0	0.9			0	0
14	Fundicion de PET Triturado	Muffa	Pieza de PET	lámina/hora	9	106	6.00%	112	72	0.9	64.8	1.733950617	2	2
15	Enfriamiento de Pieza	Deposito de Agua	Pieza de PET	lámina/hora	12	106	0	106	96	0.9	86.4	1.226851852	2	8
16	Desmoldamiento de Pieza	Mesa de trabajo Martillo	Pieza de PET	lámina/hora	60	106	0	106	480	0.9	432	0.24537037	1	4
17	Medicion de Pieza	Mesa de trabajo Cinta Me	Pieza de PET	lámina/hora	20	106	0	106	160	0.9	144	0.736111111	1	1
18	Corte de Pieza a Medidas	Sielta	Pieza de PET	lámina/hora	12	101	5.00%	106	96	0.9	86.4	1.227430556	2	3
19	Acabado de Pieza Final	Pulidora y Lija	Pieza de PET	lámina/hora	4	100	1.00%	101	32	0.9	28.8	3.506944444	4	4
23	Empaque Pieza Final	Tarima	Panel o Lamina de	Tarima/hora		100	0	100	0	0.9			1	
													41	51

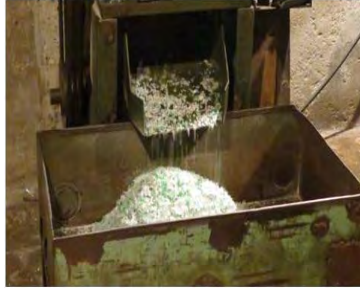





# Operaciones	Descripción	Equipo y Maquinaria	Materia Prima	Unidad/hora	Cantidad (unidad/hora)	Camt. producción Requerida/día	% Rechazo	Cantidad a Productir/día	Estándar Producción/día	£	Estándar Real/día	N° Maquinaria	N° Maquinas Aprox	MO
1	Clasificar Botellas de Pet	Mesa de trabajo	Botellas PET	botella/hora	6205	125	0	125	49640	0.9	44676	1.25906527	2	2
2	Remover Arillo y Rosca	Desarmador	Botellas PET	botella/hora	238	124	1.00%	125	1904	0.9	1713.6	32.88865546	33	33
3	Remover Viñeta	Cutter	Botellas PET	botella/hora	238	124	0	124	1904	0.9	1713.6	32.56302521	33	33
4	Lavado de Botellas	Lavado automatizado	Botellas PET	botella/hora	720	124	0	124	5760	0.9	5184	10.76388889	11	11
5	Secado de Botellas	Espacio Secadora natu	Botellas PET	botella/hora	1858	124	0	124	14864	0.9	13377.6	4.171151776	4	4
6	Inspeccion de Secado	Mesa de trabajo	Botellas PET			124	0	124		0.9				
7	Almacenar Botellas en Sacos	Espacio de trabajo Sac	Botellas PET	botella/hora	2477	124	0	124	19816	0.9	17834.4	3.12878482	0	3
8	Pesado de Botellas	Balanza Electronica	Botellas PET	botella/hora	1765	124	0	124	14120	0.9	12708	4.390934844	5	5
9	Trituración de Botelas	Molino Triturador	Botellas PET	botella/hora	929	113	10.00%	124	7432	0.9	6688.8	8.362486545	9	9
10	Almacenar PET Triturado	Sacos	PET Triturado	kg/hora	291	113	0	113	2328	0.9	2095.2	0.631013746	1	1
11	Pesado de PET Triturado	Balanza Electronica	PET Triturado	kg/hora	364	113	0	113	2912	0.9	2620.8	0.504464286	1	1
12	Vaciar Muestra en Molde	Molde aluminio	PET Triturado	kg/hora	30	113	0	113	240	0.9	216	6.120833333	6	12
13	Pre calentamiento de Muffa	Muffa	PET Triturado			113	0	113	0	0.9	0			
14	Fundicion de PET Triturado	Muffa	Pieza de PET	panel/hora	9	107	6.00%	113	72	0.9	64.8	1.750308642	2	2
15	Enfriamiento de Pieza	Deposito de Agua	Pieza de PET	panel/hora	12	107	0	107	96	0.9	86.4	1.238425926	2	8
16	Desmoldamiento de Pieza	Martillo	Pieza de PET	panel/hora	60	107	0	107	480	0.9	432	0.247685185	1	4
17	Medicion de Pieza	Cinta Metrica	Pieza de PET	panel/hora	20	107	0	107	160	0.9	144	0.743055556	1	2
18	Corte de Pieza a Medidas	Sierra	Pieza de PET	panel/hora	12	102	5.00%	107	96	0.9	86.4	1.239583333	2	4
19	Acabado de Pieza Final	Pulidora y Lija	Pieza de PET	panel/hora	4	101	1.00%	102	32	0.9	28.8	3.542013889	4	8
23	Colocar y Cortar Empaque	Mesa de trabajo Corta	Plastico para emp	panel/hora	4	98	3.00%	101	32	0.9	28.8	3.504861111	4	8
24	Empaque Pieza Final	Tarima	Panel o Lamina de	Tarima/hora		98	0	98	0	0.9			1	1
													122	151

Tab.11 Hojas de ruta para lámina y panel, respectivamente método semi-automatizado

Fuente: Elaboración propia.



Proceso	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>1. Clasificación de botellas PET: Se recolectan y almacenan botellas de bebidas de plástico, de diversos lugares previamente usadas. Tiempo total: 18 minutos por 1858 botellas</p>	<p>1. PET bottles Classification: plastic beverage bottles previously used in different places are collected and stored. Total time: 18 minutes per 1858 bottles.</p>
	<p>2. Remoción de Viñetas: Se remoja cada una de las botellas y se procede a quitar las viñetas. Tiempo total: 4 botellas por minuto</p>	<p>2. Label removal: Soak each of the bottles and proceeds to remove the bullets. Total time: 4 bottles per minute.</p>
	<p>3. Remoción de Aro y Rosca de Botellas: Con herramienta sencilla, se procede a quitar el aro y la tapa rosca de cada una de las botellas. Tiempo total: 4 botellas por minutos</p>	<p>3. Ring and cap removal: With simple tools proceed to remove the bottles ring and cap. Total time: 4 bottles per minute.</p>
	<p>4. Lavado de botellas: Se procede a lavar todas las botellas en una máquina de lavado automático, para ello se agregan químicos, para lavar y esterilizar. Se lava y se deja reposar para que actúen estos químicos. Tiempo total: 1400 – 1800 botellas por hora</p>	<p>4. Bottle washing: After washing all the bottles in an automatic washing machine, this will add chemicals to wash and sterilize. Wash and set aside to let these chemicals act. Total Time: 1400 - 1800 bottles per hour.</p>
	<p>5. Secado de Botellas: Se procede a secar las botellas, a presión, una maquina funciona como secadora. Para ello se coloca la boquilla de la botella en el tubo principal de secado Tiempo total: 1858 botellas por hora</p>	<p>5. Bottles drying: The procedure is to dry the bottles by pressure, with a machine that works as a dryer. For this the bottle mouthpiece is placed in the main drying snooze. Total time: 1858 bottles per hour.</p>
	<p>6. Almacenamiento de Botellas en bolsas Plásticas Una vez que las botellas están secas se procede a almacenarlas en bolsas plásticas para su pesado. Tiempo total: 5 minutos</p>	<p>6. Bottles storage in plastic bags: Once the bottles are dry it proceeds to store them in plastic bags for its weighing. Total time: 5 minutes.</p>
	<p>7. Pesado de Botellas: Se procede a pesar las bolsas de botellas en balanzas electrónicas. El peso es tomado en kg Tiempo total: 7 minutos</p>	<p>7. Bottles weighing: The bags are weighted using electronic scales. The weight is taken into kg. Total time: 7 minutes.</p>

Tab. 11 Descripción detallada del proceso de producción de láminas o paneles de forma semi-automatizada.
Fuente: Elaboración propia

Proceso	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	<p>8. Trituración de Botellas: El PET se tritura por medio de un molino. Requiere de los siguientes pasos a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se deposita en la boca de alimentación del molino el PET. • Se coloca un contenedor, en la boca de salida del molino. • Se acciona el molino. • El molino tritura el PET y lo triturado cae de la boca de salida del molino al contenedor. <p>Cantidad triturada es de 48.35 kg de 1858 botellas Tiempo total: 120 minutos por cada 48.35 kg</p>	<p>8. Crushing bottles: The PET is crushed by a mill. It requires the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The PET is deposited in the mill feed mouth. • A container is placed at the outlet of the mill. • The mill activates. • The mill grinds the PET and deposits it from the mill outlet to the container. <p>Quantity crushed: 48.35 kg of 1858 bottles. Total time: 120 minutes per each 48.35 kg</p>
	<p>9. Almacenamiento en Sacos del PET Triturado: El PET triturado se almacena en sacos específicos. Tiempo total: 5 minutos</p>	<p>9. Sack storage of crushed PET: Crushed PET is stored in sacks. Total time: 5 minutes.</p>
	<p>10. Pesado de PET triturado: Cada uno de los sacos que contienen el PET triturado se pesa en las balanzas electrónicas, dando el peso en Kg. El peso total de todos los sacos fue de 48.35 kg Tiempo total: 4 minutos</p>	<p>10. Crushed PET weighting: Each sack containing the crushed PET is weighed into electronic scales; taking the weight in kg. The total weight of all bags was 48.35 kg. Total time: 4 minutes.</p>
	<p>11. Vaciar cantidad establecida de PET Triturado en Molde para Paneles y láminas: El molde que se utiliza es de aluminio pulido, esto permite que la muestra se funda en menos tiempo y a su vez sirve de antiadherente, para facilitar la extracción de la muestra. Estos moldes se crearon especialmente para estas piezas con las medidas a utilizar. Se facilita la extracción de la pieza por el tipo de material del molde para generar la forma ondulada de las láminas de techo deberá termoformarse. Tiempo total: 1 min</p>	<p>11. Pour set amount of crushed PET in a mold: The mold used is made of polished aluminum; this allows the sample to melt in less time and in turn serves as a nonstick surface, to facilitate the removal of the sample in order to create the panels. These molds were created especially with measures needed for these pieces. It facilitates the removal of the piece by the type of mold material. For generate the wavy form of the roof sheets they must be thermoformed. Total time: 1 minute.</p>
	<p>12. Pre calentamiento y Fundición de PET en Horno: Previamente antes de colocar el molde con la cantidad requerida de PET, se precalienta el horno, puesto que la fuente de calor garantiza la distribución uniforme de calor en el material. Tiempo total (por panel o lámina) 2m2: 45 minutos</p>	<p>12. PET Furnace Preheating and Melting: The oven is preheated prior to place the mold with the required amount of PET, as the heat source ensures even heat distribution in the material. Total time per panel or sheet (2m2): 45 minutes.</p>
	<p>13. Desmoldado y Enfriamiento de Pieza: La pieza una vez fundida y que ha salido del horno, pasa a una bañera a reposar en agua fría a 24°C inundada completamente para que esta pueda enfriarse y endurecer. Posteriormente las láminas son desmoldadas. Tiempo Desmoldado: 10 segundos Tiempo Enfriamiento: 5 minutos</p>	<p>13. Piece Unmolding and Cooling: Once the molten piece has left the furnace passes into a tub to rest in cold water at 24 ° C completely flooded so that it can cool down and harden. Then the sheets are unmolded. Unmolding Time: 10 seconds Cooling time: 5 minutes.</p>

Tab. 11 Descripción detallada del proceso de producción de láminas o paneles de forma semi-automatizada.

Fuente: Elaboración propia

Proceso	DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION
	14. Medición y corte de Pieza: Las piezas son medidas y cortadas con sierra. Tiempo total: 5 minutos por lámina	14. Piece Measurement and Cut: Pieces are measured and cut with a saw. Total time: 5 minutes per sheet.
	15. Acabado final de Panel: Se procede a esmerilar y pulir los bordes para eliminar el filo. Tiempo total: 15 minutos entre pulido y Lijado	15. Panel Finishing: It proceeds to grind and polish the edges of the sheet to remove their sharpness. Total time: 15 minutes between polishing and sanding.
	16. Embalaje de Piezas o Paneles: Se corta la cantidad requerida de Plástico para embalaje para los paneles, estos se embalan y se procede a almacenarlos. Tiempo total: 16 minutos	16. Pieces/Panels Packing: Cut the required amount of plastic for packaging the panels, these are packed and proceeds to store them. Total time: 16 minutes.

Tab. 11 Descripción detallada del proceso de producción de láminas o paneles de forma semi-automatizada.

Fuente: Elaboración propia

6.17 PROPUESTA DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN Y ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

En la Fig. 22 Se muestra el diagrama de flujo de fabricación de productos plásticos a partir de botellas PET recicladas. Esta fabricación consiste básicamente en dos fases:

- Fase 1: Esta referida al proceso de selección y elaboración de escamas de PET reciclado, que se utiliza no solo para el producto de láminas y paneles, sino para cualquier tipo de producto de plástico reciclado que se reutilice.
- Fase 2: Es el proceso de transformación de PET reciclado para la producción de láminas.

Posteriormente, en la Fig. 25, se propone un esquema de distribución en planta y su flujo de todo el proceso de fabricación de láminas.

Como puede observarse el proceso de distribución se divide en 4 grandes áreas:

1. Área Recibo: Selección y Limpieza.
2. Área de elaboración de escamas de PET reciclado: En esta zona se realizará el lavado y secado de botellas para luego ser trituradas y almacenadas temporalmente.
3. Área de fabricación de láminas: Para ello deben prepararse los moldes con las escamas de PET, dadas las dimensiones del molde, para introducir las en el horno.
4. Área de acabado: Al terminar el desmoldado el producto sería cortado y puesto en tarimas, al acumular 50 láminas se le almacenará en su embalaje en la bodega de producto terminado.

Es conveniente que cada una de estas áreas esté segregada, dado que en el área de recibo, selección y limpieza de botellas, se produce polvo, el cual debe ser evitado en la segunda área de fabricación de escamas para evitar contaminación del producto. La segunda área, debido al triturador hay mucha generación de ruido por lo tanto las personas deben protegerse.

6.17 PRODUCTION FLOW AND PLAN LAYOUT

The recycled PET plastic product manufacture flow chart is shown in Fig. 22 This process has basically two phases:

- Phase 1: This refers to the selection and development of recycled PET flakes, which is used not only for the product sheets and panels, but for any type of reuse recycled plastic product.
- Phase 2: Refers to the recycled PET transformation process for sheet production.

Subsequently, in Fig. 25 a plan layout scheme and its sheet manufacture process flow is presented. As can be seen the distribution process is divided into 4 main areas:

1. Reception Area: Selection and Cleaning.
2. Recycled PET flakes elaboration area: This area will be washing and drying the bottles before being crushed and being temporarily stored.
3. Sheet manufacturing area: The molds with PET flakes must be prepared according to the given mold dimensions in order to feed them to the furnace.
4. Finishing Area: At the end of the unmold process the released product would be cut and placed on pallets, when 50 sheets are reached they will be packed and stored in the finished product warehouse.

It is desirable that each of these areas is secreted, since dust is produced in the reception, sorting and cleaning area, which should be avoided in the flakes manufacturing area to avoid contamination. Due to the grinder there is much noise generation therefore people must protect themselves within the second area.

6.18 SEMI AUTOMATED PROCESS FINANCIAL ANALYSIS

To know whether installing or starting a new project will be feasible in certain period of time is necessary to conduct financial, machinery, labor and equipment study as well as other fixed costs that are implicit in any project.

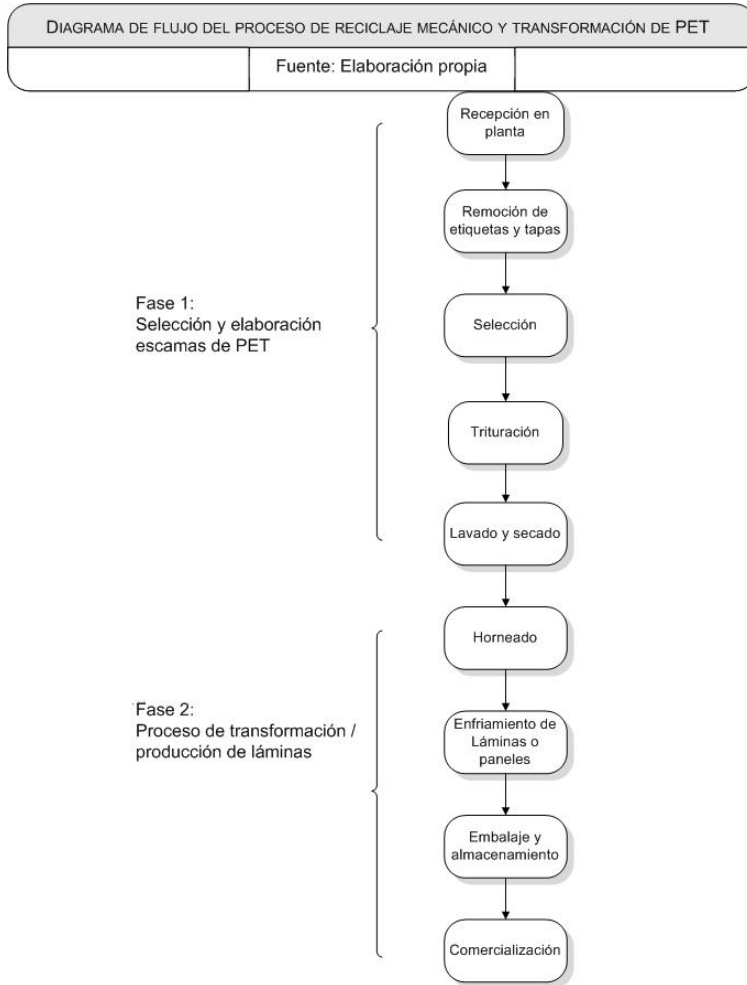


Fig. 22 Diagrama de flujo de proceso de reciclaje. Fuente: Elaboración propia.

6.18 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROCESO SEMI AUTOMATIZADO

Para conocer si el montaje o inicio de un nuevo proyecto será factible en cierto período de tiempo es necesario realizar un estudio económico, de maquinaria, mano de obra, equipos y otros costos fijos que están implícitos en todo proyecto. Debe detallarse el análisis económico que consta de la determinación de ingresos, así como de la determinación de costos, dentro de los cuales se encontrarán los costos fijos y los costos variables.

Así mismo debe determinarse la inversión proyectada para el inicio de una empresa de procesamiento de plásticos reciclados en este caso. Donde se diferencian los activos tangibles de los activos intangibles y su cronograma de inversiones.

En este caso se realizó un análisis financiero y se determinaron los ingresos del proyecto calculados a partir del volumen de Láminas y Paneles que se venderán al año, por medio de un pronóstico de ventas y se ha estimado que la cantidad vendida para el año 1 es de 28,000 unidades para las Láminas, y para los siguientes 4 años se han estimado que las ventas crecerán en 1.17% cada año logrando una mayor participación del mercado meta.

En este caso se realizó un análisis financiero y se determinaron los ingresos del proyecto calculados a partir del volumen de Láminas y Paneles que se venderán al año, por medio de un pronóstico de ventas y se ha estimado que la cantidad vendida para el año 1 es de

The economic analysis should be detailed which consists in the income as well as the costs determination, within which is found the fixed costs and variable costs. Also the projected investment must be determined for the start of a recycled plastics processing company in this case, where the tangible assets and intangible assets differentiate as well as its investment schedule.

For this case a financial analysis was performed and project revenues were identified, calculated from the volume of sheets and panels that will be sold per year, through a sales forecast and it is estimated that the quantity sold for year 1 is 28,000 units for sheets, and for the next four years has been estimated that sales will grow by 1.17% annually, achieving a greater market goal. The sale price of the sheets will be \$12.18 USD and the price for 2m² panels will be of \$29.00 USD each, which means 7 times its manufacturing cost, with a 4% variation due to annual inflation over the 5 years in which the analysis has been made. This is due to competitive market, stressed that it has also a lower price than other similar products in its class has been obtained.

The following costs have been considered in the study:

- **Fixed costs:** Local rental, depreciation, supplies, transportation, wages, cost of sales, administrative costs, costs for advertising.
- **Electricity Costs:** Monthly expenditure for energy consumption in the company; is necessary to consider the machinery, their monthly usage, in addition to the power generated by each one of them. To make the project profitable, there must be a program of continued energy saving.
- **Water Cost:** As water is a very important resource for the manufacture of sheets and Panels Company, having sustainable water saving strategies as well as a wastewater treatment is necessary and important for the project to be profitable.
- **Phone Costs:** Cost assumed for business telephone plant.
- **Transportation:** To deliver orders and correspondence as well as collecting material.
- **Variables Cost:** Considers all components that form part of the products particularly from raw material. These components vary according to demand.

The investment determination has been considered in the study.

- **Tangible Assets:** Considers machinery and installation tools to start production investment. These assets are depreciated by a 20% each year.
- **Intangible assets:** Are considered investment in staff training, teaching techniques for the use of machinery. As well as calibration, packaging, mixing and other production processes training.

6.19 GOOD PRACTICES IN THE RECYCLED PET PLASTIC MANUFACTURE

Among the good manufacturing practices brought by the European Union it emphasizes that the process of collecting and separating plastic is very important in the process of improving the quality of recycled products. This consideration should be taken into account in each process.

Collecting bottles: It is recommended either through a recycling system.

Cleaning Process: When the bottles come from household waste sometimes they are slightly contaminated with food waste.

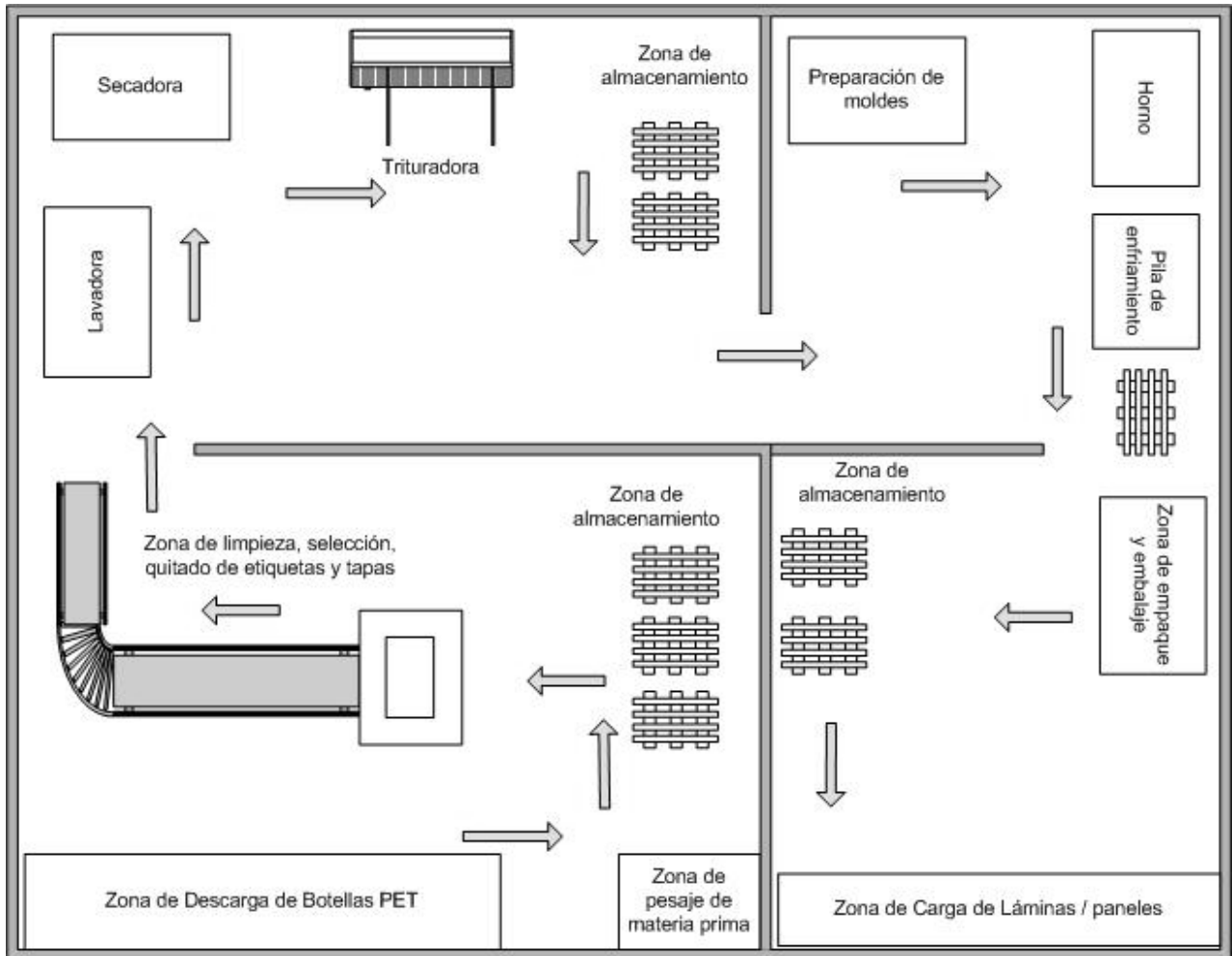


Fig. 23 Esquema propuesto de flujo y distribución en planta para una fábrica de láminas a partir de PET reciclado.
Fuente: Elaboración propia.

28,000 unidades para las Láminas, y para los siguientes 4 años se han estimado que las ventas crecerán en 1.17% cada año logrando una mayor participación del mercado meta.

El precio de venta de las láminas será de \$12.18 (USD) y el de paneles será de \$29.00 (USD) de dos metros cuadrados cada uno, es decir 7 veces su costo de fabricación, con variación de 4% anual por la inflación, a lo largo de los 5 años en los que se ha hecho el análisis. Esto debido al mercado competidor, destacado que se ha obtenido también un precio más económico que el de otros productos de su clase.

Se han considerado en el estudio los siguientes costos:

- **Costos fijos:** Alquiler de local, depreciación, suministros, transporte, salarios, costo de venta, costos administrativos, costo de publicidad.
- **Costos por electricidad:** Para el gasto mensual por consumo de energía en la empresa; es necesario tener en cuenta la maquinaria, sus días de uso al mes, además de la potencia que genera cada una. Para que el proyecto sea rentable, debe haber un programa de ahorro constante de energía.
- **Costos por agua:** Como el agua es un recurso de mucha importancia para la empresa en la fabricación de las láminas y paneles, contar con una estrategia sostenible de ahorro y tratamientos de agua residual es necesario y de gran importancia para que el proyecto sea rentable.

In the material cleaning, rings and caps removal is recommended as they are made of a different material than PET.

Separation Process: In the separation of PET bottles, workers must have adequate working conditions as: A suitable working cloth, use of hearing protectors, installation of exhaust fans for air renewal, conveyor height suitable and adequate for provision of reception. The amount of material to be processed by operator in classification is 80 kg per employee per hour. Automated plants have a production material capacity of 1 to 2 tons per hour. It is considered that there is a high flow of separated product, which may be contaminated by 5-10%, so that it requires a visual inspection system. The types of plastics separation technologies are:

- Binary feeding system.
- The hidro-trituration
- Centrifugal separation
- Separation methods using flotation techniques.

The disadvantage with wet separation methods is that generate wastewater, therefore to be sustainable for the environment and health, industrial treatment for rusty waters should be considered.

- **Costos de teléfono:** Costo asumido para planta telefónica de empresa.
- **Transporte:** Para repartir pedidos y correspondencia así como recoger materia prima.
- **Costos variables:** se consideran a todos aquellos componentes que forman parte de los productos en especial la materia prima. Estos componentes variaran según la demanda.

Se ha considerado en el estudio la determinación de la Inversión.

- **Activos tangibles:** Se considera a la inversión realizada en maquinaria y herramientas para instalar la empresa e iniciar la producción. Estos activos se deprecian por el uso y por el paso del tiempo en un 20% cada año.
- **Activos intangibles:** Se considera la inversión en capacitación del personal, enseñándoles técnicas para el uso de la maquinaria. Así como también enseñándoles la calibración, empaque, mezclado y el resto de procesos de producción.

6.19 BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA DE PLASTICO RECICLADO PET

Dentro de las buenas prácticas de manufactura presentadas por la Unión Europea se enfatiza que el proceso de recolección y separación de plástico es muy importante en el proceso de mejora de la calidad de los productos reciclados. Para ello se deben tomar en cuenta las recomendaciones en cada proceso.

Recolección de botellas: Se recomienda sea a través de un sistema de reciclaje.

Proceso de Limpieza de botellas: Cuando las botellas provienen de residuos domésticos a veces están un poco contaminadas con restos de alimentos. En la limpieza del material se recomienda quitar las viñetas de las botellas y las tapaderas dado que son de distinto material al PET.

Proceso de separación: En la separación de botellas PET, los trabajadores deben tener las condiciones adecuadas de trabajo como: Una indumentaria de trabajo adecuada, utilización de protectores acústicos, instalación de extractores o ventiladores para renovación de aire, altura del transportador adecuada y una disposición idónea de recepción. La cantidad de material a ser procesado por operario en clasificación es de 80 kg por empleado y por hora. Las plantas automatizadas tienen una capacidad de producción de material de 1 a 2 toneladas por hora.

- Sistema de alimentación binaria.
- La hidrotrituración
- Separación centrifuga
- Métodos de separación utilizando técnicas de flotación.

La desventaja que tienen los métodos de separación húmedos es que generan aguas residuales, por lo tanto para que sea sostenible con el medio ambiente y la salud, debe considerarse el tratamiento industrial para aguas oxidadas.

Almacenamiento de PET reciclado: Para la reducción del volumen y almacenamiento de los residuos plásticos separados (botellas) deben considerarse los siguientes aspectos:

- El exceso de compactación puede soldar los residuos de tal manera que se hace difícil la separación posterior de los mismos.

Recycled PET Storage: For the volume reduction and storage of separated plastic waste (bottles) the following aspects should be considered:

- Excessive compaction can weld the wastes making them difficult to its subsequent separation.
- The bales strap material is important and should be strong enough.
- The PET waste storage must be considered so that the rain, sunlight and dust.

If plastics are stored indoors fire extinguishers should be considered, as the plastic is flammable. Although it is difficult to produce ignition of plastics in bales but if it is easy for the shredded product.

6.20 OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH STANDARDS (OSHA)

Considering the production process of these types of companies, it is estimated that the security risk of fire and / or explosion is the main risk to which appropriate attention must be given. Since all widely diffusion plastic materials are combustible, these depend on the amount of the heat source and the rate of flame propagation.

In general thermoplastic tend to melt when heated, can be that the fuel moves away from the source of ignition or to the fire spreads by flame drip.

Enterprise's **Dangerous points** and **causes of fire** are:

- The overall storage.
- Plastics manufacturing processes, specifically oven section because of the risk of explosion.

Protection measures are intended to detect and extinguish the fire in its early stages, if this is not possible, then it must be removed in a limited area and this requires plant sectorization. Within the protective measures should be taken into account:

- Sectorize so that there will be separate fires. The order of priority and independence sectors, the degree of danger, concentration values and order of importance of the production process for reducing damage and enterprise disability time goes as follows: Molds storage. Finished products warehouse. Raw materials and semi-finished plastic products warehouse. Packing Warehouse Remaining zones.
- Have an adequate fire, smoke and evacuation system control given the high toxicity and high smoke generation of the materials involved.
- Sprinklers in warehouse areas, given the high levels of risk and existing thermal loads. Also by the high value of the molds is advisable to protect them with this type of equipment.

There are other risks in the plastics industry, as:

- Noise, this requires devices such as earplugs or earmuffs to prevent the employee to lose hearing.
- Falls caused by virgin plastic pellet.
- Burns caused by manual plastics feed.
- Risk of bacteria in the molding of the plastics industry.

- El material de las cinchas de los fardos es importante y debe ser bastante fuerte.
- Para el almacenamiento de residuos de PET debe considerarse que la lluvia, la radiación y el polvo.

Si los plásticos son almacenados en interiores debe considerarse colocarse extintores para prevenir incendios, dado que el plástico es inflamable. Aunque es difícil que se produzca ignición de los plásticos en fardos, pero si es fácil para el producto triturado.

6.20 HIGIENE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL (HSO)

Considerando el proceso de producción de estos tipos de empresas, se estima que la seguridad que el riesgo de incendio y/o explosión es el riesgo principal al cual se le debe de dar la atención pertinente.

Dado que todos los materiales plásticos de mayor difusión son combustibles, éstos dependen de la cantidad de la fuente calor y la velocidad de propagación de la llama. En general los termoplásticos tienden a fundir cuando se calientan, pueda ser que el combustible se aleje de la fuente de ignición o que el fuego se propague en medio de la llama por goteo.

Los **puntos peligrosos de la empresa** en general y sus **causas de incendio**, son:

- Los almacenamientos en general.
- Procesos de transformación del plástico, específicamente la sección de hornos, por el riesgo de explosión.

Las medidas de protección van dirigidas a detectar y extinguir el incendio en su fase inicial, si esto no fuera posible, entonces se tiene que eliminar en un área limitada y para ello se requiere sectorizar la planta. Dentro de las medidas de protección, se deben tomar en cuenta:

- Sectorizar de forma que hayan fuegos independientes. El orden de prioridad e independencia de los sectores, el grado de peligrosidad, concentración de valores y orden de importancia de los procesos de producción para la disminución de daños ocasionados y reducir el tiempo de posible inactividad de la empresa es el siguiente: Almacén de moldes. Almacén de productos terminados. Almacén de materias primas y productos semielaborados de plástico. Almacén de embalajes. Zonas restantes.
- Tener un sistema adecuado de control y evacuación de fuego, humos dada la toxicidad y elevada generación de humos de los materiales implicados.
- Rociadores automáticos en zonas de almacenes, dados los niveles de riesgo y elevadas cargas térmicas existentes. También por el alto valor de los moldes se aconseja protegerlos con este tipo de equipo.

Hay otros riesgos en la industria de plásticos, es:

- El ruido, para ello se requieren dispositivos como tapones u orejeras para evitar que el empleado pierda audición.
- Caídas causadas por el pellet de plástico virgen.
- Quemaduras por alimentación manual de materiales plásticos.
- Riesgo de bacterias en el moldeado de la industria de plásticos.

6.21 CONCLUSIONS

1. In this study a **market research** was conducted to the final consumers and builders who defined aspects of acceptance of the sheets and panels, product demand and final product characteristics. According to market studies, it can be concluded that the products have greater market acceptance by the consumer, than the construction market. This is because many of them are open to new products for housing because the construction market has its housing building material portfolio well defined. The product demand was estimated in 100 sheets and 98 panels per day, making a total of 27,520 sheets 28,051 panels per year. Product characteristics changed from the initial product dimension wise.

2. In the product **manufacture area**, the most suitable manufacturing process to meet the many consumer market demand, and as discussed, is the extrusion method, since it allows manufacturing a larger quantity of products in relatively short periods of time, achieving the demand. Always considering the costs that will be involved in: raw material, energy among others, regarding to the production method. Although it is noteworthy that in an extrusion test in one of the visited industries that recycled PET overheats, minimizing the stress capacity by making it brittle and weak for making roofing sheets was found, however, when combined with another plastic material such as PP it improved its properties. For the number of sheets to be manufactured daily, using the melting process with an electric furnace for production is recommended, as with the other processes purchasing more robust machinery that works fairly larger material volumes is recommended, although it has very high costs.

3. The production process for sheets or panel is defined in detail, making it clear that this is defined in two phases. Phase 1 consists of the selection and cleaning of recycled PET bottles and the manufacture of scales or flakes and Phase 2, the transformation of recycled PET in new products for this case, sheets or panels. Within these two phases are defined all operations engaged in manufacturing the product.

4. The roadmap is defined from the operations process diagram, which is calculated on the amount of machinery and operating personnel required to produce sheets and panels for crafting and semi-automated manner. There was a 53% reduction of operators regarding the traditional crafting production process.

5. Note that in the handling of molds prepared for melting, cooling and unmolding 4 people are required for each unit due to the panels and sheets measures. Therefore a change in the product design should be reconsidered as well as reduce their size and raw material consumption per unit, taking into account the semi-automated production process, however the market research should be repeated for this design change .

6. According to the recycling company organization proposal, it is recommended that all operators must be well trained in the use of machinery and equipment prior to start with its operations.

6.21 CONCLUSIONES

1. En este estudio se ha realizado una **investigación de mercado** para consumidor final y constructores en la cual se han definido aspectos de aceptación de las láminas y paneles, demanda del producto y características del producto final. Según los estudios de mercados realizados, los productos tienen mayor aceptación por parte del mercado consumidor final, que del mercado constructor. Esto porque muchos de ellos están abiertos a nuevos productos para construcción de viviendas, en cambio el mercado constructor ya tiene bastante definida su cartera de materiales de construcción establecidos para la fabricación de las viviendas. Se calculo la demanda del producto quedando de 100 láminas y 98 paneles por día, haciendo un total de 27,520 paneles anuales y 28,051 láminas por año. Las características del producto variaron con respecto al producto inicial en cuando a las dimensiones.

2. En el **área de fabricación del producto**, se puede observar que el proceso de fabricación más adecuado para suplir la gran cantidad de demanda del mercado consumidor, y según lo analizado, es el método de extrusión, ya que este permite fabricar una gran cantidad de productos en periodos de tiempos relativamente cortos, logrando suplir la demanda exigente. Siempre teniendo en cuenta los gastos que pudiera implicar en materia prima, consumo de energía y otros gastos implícitos en ese método. Aunque cabe mencionar que en una prueba de extrusión en una de las industrias visitadas se observó que el PET reciclado se sobrecalienta, minimizando la capacidad de resistencia haciéndolo quebradizo y débil para fabricar láminas para cubiertas, no obstante así, al combinarlo con otro material plástico como el PP las propiedades mejoran. Para la cantidad de láminas que se realizarían diariamente, se recomienda utilizar el proceso de fundición con un horno eléctrico para su producción, dado que con los otros procesos se requiere comprar maquinaria robusta que trabajan volúmenes bastante grandes y que tienen costos muy elevados.

3. Se define de forma detallada todo el **proceso de producción** de la lámina o panel dejando claro que este está definido en dos fases. La Fase 1, consta de la selección y limpieza de botellas de PET reciclado y la elaboración de escamas u hojuelas y la Fase 2, la transformación de PET reciclado en nuevos productos que para este caso; láminas o paneles. En estas dos fases se definen todas las operaciones que están inmersas en la fabricación del producto.

4. A partir del diagrama de **proceso de operaciones se define** la Hoja de Ruta, en las cuales se calcula la cantidad de maquinaria y la cantidad de personal operativo que se requiere para poder producir láminas y paneles de forma artesanal y semiautomatizada. Hubo una reducción del 53% de operarios con respecto a la proceso de producción artesanal.

5. Cabe mencionar que en la manipulación de los moldes preparados para fundición y para el enfriamiento y desmoldado se requieren 4 personas para cada unidad por las medidas de los paneles y láminas.

7. It also defined annual production plan and an Material Requirements Planning (MRP) for sheets and panels, in order to make clear the annual and daily manufacture in macro and micro levels as well as planning the required raw material for considering the "Just in Time" (JIT). Regarding the production design of a 2 m² and 2 mm thick sheet, 228 recycled pet bottles are required, while for a 2.0 m² and 4 mm thick panel 450 recycled PET bottles are required. The daily amount of recycled PET bottles required to produce 100 sheets is 11,400, and 45,000 to produce 100 panels. This means 296.40 kg and 1,170 kg respectively per day to produce such products.

8. The cost of manufacturing a sheet and a panel is \$ 1.74 USD and \$ 8.29 USD respectively, taking into account that its considered that 50% of the bottles are obtained from the collection and recycling. These costs can be reduced if the PET bottles instead of been bought, are collected in a recycling program.

9. Finally, a manufacturing plant flow diagram of production and distribution is presented, where, areas that should be segregated according to the particular characteristics of each are clearly defined: reception area, selection and label removal, rings and caps, washing area, bottle drying, crushing and storage of recycled PET flakes; melting area, cooling and unmolding of the sheets, the finishing area and storage of the finished product.

10. For the manufacture of products in the field of recycling, should be considered as priority the **Good Manufacture Practices** (GMP) in recycling PET bottles, especially in the matter of collecting bottles, cleaning process, separation, storage and processing of plastics. Also subjects to consider on the **Occupational Health and Safety** issue, which highlights the importance of fire insurance as the plastic is flammable and take into account other dangerous elements seen in the production process such as noise, heat stress, lack of ergonomics, electrical hazards, among others.

FUENTES CONSULTADAS

- [1] Visita de campo a empresas en El Salvador y entrevista con la gerencia.
- [2] ONU. Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIUU). Revisión 4. Nueva York. 2009.
- [3] "Diseño de una Planta, bajo el enfoque de la norma ISO 14000 para el reciclaje del desperdicio plástico generado en El Salvador; Flores Cortes, Navas Cáceres; Tesis Universidad Francisco Gavidia; Año 2006.
- [4] "Aplicación para Polietileno Terftalato reciclado"; Tesis Escuela Superior Politécnica del Litoral (Guayaquil-Ecuador); Toro Sanchez; Año 2004.
- [5] Fabricación de Láminas a base de PET para la Construcción; Tesis Universidad Autónoma de México; Año 2006.
- [6] "Recolección y Reciclaje PET en El Salvador y Costa Rica Antecedentes"; Swiss Contact; Año 2003; Fuente: <http://swisscontact.org.sv/?cat=1028>

Por lo tanto debe reconsiderarse un cambio en el diseño del producto y una reducción de su tamaño y consumo de materia prima por unidad, tomando en cuenta el proceso de producción semi-automatizado, no obstante el estudio de mercado deberá repetirse para el cambio de diseño.

6. Según la propuesta de organización de la empresa de reciclaje y fabricación de nuevos productos de PET reciclado, se recomienda que para iniciar con las operaciones de ésta, todos los operarios deberán estar bien capacitados en cuanto al uso de maquinaria y equipo.

7. Se definió también un plan de producción anual y una Planificación de los requerimientos del material (MRP) para láminas y paneles, esto con objeto de tener claro a nivel macro y micro la fabricación anual y diaria requerida y la planificación de materia prima para producir tomando en cuenta el Justo a Tiempo (JAT o JIT con sus siglas en inglés). En función del diseño de la producción, una lámina de 2 m² y 2 mm de espesor, se requiere utilizar 228 botellas de PET reciclado, mientras que para un panel de 2.0 m² y 4 mm de espesor se requieren 450 botellas de PET reciclado. La cantidad diaria de botellas de PET reciclado que se requiere para producir 100 láminas es de 11,400, y para producir 100 paneles es de 45,000. Esto significa que se requieren 296.40 kg y 1,170 kg por día para producir dichos productos.

8. El costo de fabricación de una lámina y un panel es de \$1.74 USD y \$8.29 USD respectivamente, esto tomando en cuenta que se consideró que el 50% de las botellas se obtienen de la recolección y reciclaje. Estos costos se pueden disminuir si las botellas de PET en vez de comprarse, se recolectan dentro de un programa de reciclaje.

9. Finalmente se presenta un esquema del flujo de producción y una distribución de planta de fabricación, en donde, se definen claramente las áreas que deben estar segregadas en función de las características particulares de cada una de ellas: área de recibo, selección y quitado de viñetas, aros y tapones; área de lavado, secado de botellas, triturado y almacenamiento de escamas de PET reciclado; área de fundición, enfriamiento y desmoldado de las láminas; y el área de acabado y almacenamiento del producto terminado.

10. Para la fabricación de productos en el tema de reciclaje, deben considerarse como prioritarias las **Buenas Prácticas de Manufactura** en el reciclado de botellas de PET sobre todo en el tema de recolección de botellas, proceso de limpieza, separación, almacenamiento y procesado de plásticos. También los aspectos a considerar en el tema de **Higiene y Seguridad Ocupacional**, en donde se destaca la importancia de los seguros por incendios dado que el plástico es inflamable y se toman en cuenta otros elementos peligrosos que se observan en el proceso de producción como ruidos, estrés térmico, falta de ergonomía, peligros eléctricos, entre otros.

- [7] "Procesos de Reciclaje de PET"; Tecnología de los plásticos; Año 2012; Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>
- [8] "Lo Básico del PET"; Empresa NAPCOR; Año 2011; Fuente: http://www.napcor.com/pdf/NAPCOR_PETBasics_spanish.pdf
- [9] "EL RECICLADO DEL PET"; Puerto Rico (Yo limpio); Año 2010; Fuente: http://www.yolimpio.com/recicla/pdf/3_EL_RECICLADO_DEL_PET.pdf
- [10] "Reciclado de PET: Alternativas de comercialización"; Mariana García, Felicitas Salgado; Tesis Universidad de Buenos Aires Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; Fuente: <http://www.arpet.org/docs/Reciclado-de-PET-Alternativas-de-comercializacion-UBA.pdf>
- [11] Los Plásticos; Facundo Peláez; Año 2004; Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti2.shtml>
- [12] Artículo: El Reciclado de Plásticos; Cristian Fers; Año 2005; Fuente: http://www.ecoportel.net/Temas_Especiales/Basura_-_Residuos/El_Reciclado_de_Plasticos
- [13] Hornos Industriales; Rincón del Vago; Año 2008; Fuente: <http://html.rincondelvago.com/hornos-industriales.html>
- [14] Reciclaje de PET; new-matters-chemical; Año 2009; Fuente: <http://plasticizers.com.co/biblioteca/new-matters-chemical-y-sus-investigaciones/reciclaje-de-pet/>
- [15] Moldeo Por Colada-Polímeros; Buenas tareas; Año 2010; Fuente: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Moldeo-Por-Colada-Polimeros/1276207.html>
- [16] Técnica de Moldeo de Plásticos; Año 2006; Fuente: <http://aliso.pntic.mec.es/cm10029/PLASTICOS/fabricacion.html>
- [17] Procesos de Fundición de Plásticos; Slideshare; Año 2010; Fuente: <http://www.slideshare.net/vanesa201007/procesos-de-fundicin>
- [18] El Plástico en la Construcción; Buenas Tareas; Año 2011; Fuente: <http://www.buenastareas.com/ensayos/El-Plastico-En-La-Construccion/1412649.html>
- [19] Moldes Inoxidables para tejas; Dimoba Suministros; Año 2010; Fuente: <http://www.dimobasuministros.com/bandeja-inox-40-x-21-x-2-5-cm-para-hacer-tejas.html>
- [20] Flujo de Caja; Monografías; Año 2001; Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos66/flujo-caja/flujo-caja.shtml>



CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Las conclusiones varían según la temática abordada durante el proceso de Investigación.

1. Según el Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones RESESCO en el Título II criterios de diseño estructural Cap.1, Art. 9, establece que "todo sistema constructivo debe proveer de seguridad adecuada contra la ocurrencia de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de las acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida útil esperada". Esto implica que todo sistema constructivo nuevo, debe garantizar la seguridad de las edificaciones, por lo tanto de los usuarios, ante solicitaciones por sismo, viento, etc. Para ello el Cap.4 y Art. 34 establece que las cargas deben ser de 20Kg/m² para elementos cuya pendiente sea de $S > 5\%$. Así mismo los elementos de las cubiertas deberán revisarse con una carga concentrada de 100Kg en la posición más crítica. En contraste a estos datos, los ensayos de PET reciclado han presentado una resistencia a la tensión en promedio de 11.7 Mpa equivalentes a 119.34 Kg/cm² que excede los valores de carga de 20Kg/m² del reglamento.

Por otra parte los especímenes de tejas probados con carga concentrada arrojaron resistencia de 120Kg el lote café, fabricadas con plástico purificado de forma industrial, 160Kg el lote verde, fabricadas con plástico purificado de forma artesanal previo a la trituración y de 200Kg la teja fabricada combinando PET con PP (de tapas y roscas) Lo que refleja una pérdida de resistencia por el grado de contaminación que el plástico pueda tener. Sin embargo, aún así, la carga que soportan las tejas es mayor a la carga admisible por el reglamento.

La carga soportada de 200Kg marca la pauta para continuar experimentando la combinación entre materiales, a pesar que los polímeros no se fusionan y eso ha quedado en evidencia en el ensayo de absorción, el cual otorga el mayor valor de porcentaje de absorción al espécimen de combinación de polímeros, ya que el agua se almacena en las micro-fisuras entre ambos polímeros. Dado que el PET se vuelve frágil a altas temperaturas si no es procesado con presión y direccionamiento de las fibras, (tal es el caso del laminado), al combinarse con PP ha dado indicios de minimizar la fragilidad y aumentar la ductilidad. Otra evidencia que demuestra la mejora que el PET adquirió combinado con PP, es la resistencia al impacto, ya que el espécimen no colapsó en ninguno de los ensayos a los que fue sometido.

Por otra parte, a pesar que el PET sobrepasa las cargas admisibles del reglamento, no puede asegurarse que su integridad estructural se mantenga en el tiempo con la exposición a radiación, ya que en el ensayo a tensión del segundo grupo de probetas después de haber sido expuestas a radiación simulada de UV por 30 días, la resistencia disminuyó en un 18% y aumentó su rigidez en un 15.9%. No obstante, ésta diferencia no se percibió en el grupo de especímenes de probetas térmicas ensayadas a la ruptura. Es posible que el espesor de las probetas térmicas, no reflejara la objetividad de los resultados. Por otra parte se constató que al duplicar el espesor de los especímenes hay mayor oposición a la deformación por radiación y por carga en igual proporción.

CONCLUSIONS

The findings vary according to the topics addressed during the research process.

1. According to the Regulation for the Building Structural Safety RESESCO in Title II structural design criteria Ch.1, Act. 9, states that "any building system must provide adequate security against the occurrence of any possible limit failure state before the combinations of the most unfavorable actions that may arise during its expected useful life. " This means that all new construction system must ensure the safety of buildings, for users before earthquakes, wind blows, etc. This is stipulated in Chapter 4, Act. 34, which states that loads must be 20K/m² for items with a slope of $S > 5\%$. Also roofing elements should be reviewed with a concentrated load of 100 kg in the most critical position. In contrast to these data, recycled PET tests have shown an average tensile strength of 11.7 Mpa equivalents to 119.34 Kg/cm² exceeding 20Kg/m² load values of the regulation.

Moreover tile specimens tested for concentrated load showed 120Kg for brown batch, fabricated with industrially purified plastic, green batch showed 160Kg which were fabricated using traditional plastic purified prior crushing and 200Kg for the tile manufactured combining PET PP (from bottle caps). This reflects a loss of strength by the degree of pollution than plastic may have. However, still, the load for tiles is greater than the allowable load by the standards.

The load of 200Kg pacesetter to continue experiencing the combination of materials, although the polymers do not fuse which has been evident in the absorption test, which gives the highest value of the specimen absorption rate of combination polymers, since the water is stored in the micro- fissures between both polymers . Since the PET becomes brittle at high temperatures if not processed under pressure and directing the fibers (as in the case of the laminate) , when combined with PP has shown signs of minimizing brittleness and increasing ductility. Other evidence shows for PET combined with PP is its improvement acquired to impact resistance, and that the specimen did not collapse in any of the tests conducted on it.

Moreover, although the PET surpasses the loads shown in the standards, there is no assurance that structural integrity is maintained over time with exposure to radiation as a stress test in the second group of specimens after being exposed to simulated UV radiation for 30 days, the resistance decreased by 18% and increased its stiffness by 15.9%. However, this difference was not seen in the group of specimens tested for thermal-break. It is possible that the thickness did not reflect the objectivity of the results. Moreover it was found that doubling the thickness of the specimens express greater opposition to deformation and radiation load in the same proportion.

2- Además de garantizar la seguridad e integridad de las edificaciones por medio de sus materiales y sistemas constructivos, debe garantizarse el bienestar de las personas que habitan en esas edificaciones. Por lo tanto se ha buscado conocer datos de variables térmicas de transferencia de calor y así verificar si el material tiene potencial térmico, habiéndose encontrado que el material es medianamente conductivo, comparado con los materiales para cubiertas que existen en el mercado. No obstante es 1.5 veces más conductivo que la arcilla, 2 veces menos conductivo que las fibras aglutinadas con cemento y 50 veces menos conductivo que el acero, esto genera una perspectiva de uso que garantiza que la transferencia de calor se realiza de forma lenta a razón de 0.12W/mK considerando que el PET es utilizado en algunas de sus aplicaciones como aislante térmico para equipos mecánicos en formato de película.

No obstante es medianamente traslucido, lo que implica el paso de la luz, propiedad que está directamente relacionada con el proceso de enfriamiento, es decir a mayor choque térmico en el enfriamiento, más traslucido es el material y de cierta forma más resistente. Evidencia de este fenómeno se refleja en la diferencia de datos entre un espécimen enfriado a temperatura ambiente desde su fundición a 280°C hasta que alcanza 30°C en 15 minutos el cual es opaco y ligeramente frágil y un espécimen enfriado al instante de salir de su fuente de calor desde 280° y en segundos pasa a 24°C temperatura del agua, el cual es traslucido pero con capacidad para absorber energía y calor. A pesar de ser sometido a un segundo proceso de fundición, el material no pierde sus características de aislamiento térmico y presenta bajo coeficiente de dilatación, lo cual es positivo para materiales que están expuestos al sol. Aunque no puede garantizarse que sea estable en el tiempo de exposición ya que pudo encontrarse variación en los resultados de conductividad térmica y reflectancia en el período de exposición a radiación UV.

3. Los procesos de ensayo han dejado en evidencia que el plástico PET reciclado al ser expuesto a temperatura mayor a su punto de fusión y a radiación UV prolongada sufre un proceso de degradación en el corto plazo, el cual no garantiza la durabilidad mínima de 5 años, comparada con las garantías que brindan otros productos en el mercado para cubiertas. Puesto que la disminución de sus propiedades se le atribuye a la degradación que el material sufre en presencia de calor ó exposición constante de radiación. A pesar que los aditivos que son aplicados al material para protegerlos de daños por intemperie para su destino de embalaje le confieren propiedades de resistencia. Con el calor aplicado en su segundo proceso de fundición, sus enlaces internos se rompen y lo hacen amorfo debilitándolo ante sollicitaciones mecánicas. Sin embargo la densidad aumenta hasta 3 veces más, al ser fundido, implica que su peso aumenta a pesar de la existencia de burbujas de aire que quedan atrapadas en el proceso de fundición, lo que contribuye a disminuir la transferencia de calor a costa de minimizar la capacidad de resistencia.

2 - In addition to ensuring the safety and integrity of buildings through their materials and construction systems, the welfare of the people living in these buildings should be guaranteed. Is therefore seek known thermal heat transfer data variables and thus verify whether the material has thermal potential, having found that the material is moderately conductive compared to roofing materials that exist on the market. However it is about 1.5 times more conductive than the clay, 2 times less conductive than cement-bonded fibers and 50 times less conductive than steel, this generates a usage perspective that ensures slow heat transfer of 0.12W/mK; considering that PET is used in some applications as thermal insulation for mechanical equipment in film format. Nevertheless is fairly translucent, which implies the passage of light , a property which is directly related to the cooling process , the greater the thermal shock during cooling, the greater the material translucent characteristic and is somewhat more resilient. Evidence of this phenomenon is reflected in the difference data between a specimen cooling to room temperature from its melting point at 280°C until it reaches 30°C in 15 minutes which is opaque and slightly brittle and an instantly cooled specimen leaving its heat source from 280°C and within seconds passes at 24°C water temperature, which is translucent but with ability to absorb energy and heat. While being subjected to a second melting process, the material loses its thermal insulation characteristics and presents a low expansion coefficient, which is positive for materials that are exposed to sunlight. Although it cannot be guaranteed stability over time of exposure because of variation in the results of reflectance and thermal conductivity in the period of exposition to UV radiation can be found.

3. Test processes have highlighted that the recycled PET plastic when exposed to temperatures higher than its melting point and prolonged UV radiation undergoes degradation in the short term, which does not guarantee its 5 years minimum life span, compared with the guarantees provided by other products on the roofing market. Since the decline of its properties is attributed to the degradation that the material suffers in presence of constant heat or radiation exposure. Although additives which are applied to the material to protect them from damage due to weathering packing destination confer resistance properties, with the heat applied in the second melting process, internal links are broken and amorphous and make it weaker against mechanical sollicitations. However, the density increases at being melted up to 3 times, which implies that its weight increases despite the presence of air bubbles that are trapped in the casting process, which helps to reduce heat transfer to minimize the cost of resilience.

4. La factibilidad técnica desde el punto de vista mecánico y térmico queda comprobada, considerando que los valores encontrados cumplen los requisitos de seguridad y bienestar, pero no puede garantizarse la sostenibilidad en el tiempo, por lo tanto se estima que continuar un proceso experimental de forma controlada, considerando que se ha establecido un protocolo de fabricación de probetas, para la obtención de datos mediante ensayos, permitiría definir una combinación de materiales y procesos para un producto cuya garantía sea mayor.

5. El desempeño final de los materiales obtenidos a partir del reciclaje depende del grado de purificación de los mismos, de la temperatura controlada y del enfriamiento, los cuales consumen recursos energéticos y agua, así mismo genera aguas residuales muy contaminadas. Esto exige un control de la producción para que el desarrollo de nuevas tecnologías alternativas no sea un mayor problema que la simple disposición final de los plásticos en un relleno sanitario. De ésta forma el control de calidad y el diseño de la producción debe ser sostenible en cada etapa, para ello la automatización garantiza poco desperdicio y mayor producción. No obstante si la actividad de reciclaje se implementara desde el origen de los desechos, la impureza no sería igual que cuando son rescatadas del camión recolector.

6. Las placas de PET reciclado pueden ser utilizadas para acabados, como revestimiento con otros materiales de superficie porosa, adherida con cemento de contacto como alternativa de revestimiento de superficies impermeables verticales. Así mismo puede ser utilizado como losetas para cielo falso, colocadas de forma horizontal siempre y cuando no soporten carga viva.

7. No obstante no puede ser utilizado para forro de tarima puesto que no puede garantizarse que con el tiempo se vuelva excesivamente frágil.

8. Es de vital importancia que pueda implementarse un sistema de recuperación de desechos y reciclaje en el que las instancias gubernamentales, sector, educativo, salud, empresarial, industrial, comercial y sociedad civil participen de forma activa, movidos no solo por la conciencia, sino por la reducción de vulnerabilidad y la creación de nuevas oportunidades de empleo.

9. El desarrollo de nuevas tecnologías implica el trabajo multidisciplinario y en cooperación entre la industria y las instituciones académicas.

10. El PET reciclado tiene grandes propiedades que le confieren potencial para ser utilizado como material de construcción. Sin embargo no puede garantizarse la confiabilidad con las pruebas realizadas. Para ello deberán desarrollarse otro tipo de ensayos que para su realización debe acudir a Centros de Investigación más especializados, que permitan explorar nuevas combinaciones para subsanar las deficiencias que se han encontrado, no obstante, como el desempeño está relacionado también con el proceso de fabricación, el diseño de dispositivos para su manipulación debe acompañar futuras fases de investigación.

4. The technical feasibility from the viewpoint of mechanical and thermal is proven, whereas the values obtained meet the requirements of security and wellbeing, but cannot guarantee sustainability over time, therefore it is estimated to continue a process in a controlled experimental environment, considering that it has established a manufacturing protocol specimens to obtain data through tests would define a combination of materials and processes for a product whose warranty is greater.

5. The final performance of the materials obtained from recycling depends on the degree of purification thereof, controlled temperature and cooling, which consume energy and water resources. It also generates highly polluted wastewater. This requires a production control for the development of new alternative technologies being not a bigger problem than a simple disposal of plastics in a landfill. In this way the quality control and production design must be sustainable at every stage of the process, for it the automation ensured little waste and increased production. However, if the recycling activity was implemented from the origin of the waste, impurity wouldn't be the same that when they are rescued from the garbage truck.

6. Recycled PET plates can be used for finishing, such as coating with other materials of porous surface, adhered to contact cement as vertical surfaces coating alternative. It can also be used as tiles for suspended ceiling, placed horizontally as long as there is no live load.

7. However cannot be used for lining stage because it cannot guarantee that it will eventually become excessively brittle.

8. It is vital that a waste recovery and recycling system can be implemented in which government agencies, industry, education, health, and business, industrial, commercial and civil society participate actively, driven not only by consciousness, but by vulnerability reduction and the creation of new employment opportunities.

9. The development of new technologies involves multidisciplinary work and cooperation between industry and academy.

10. Recycled PET has properties that confer great potential to be used as building material. However, reliability cannot be guaranteed with the tests carried away. Other tests should be made within more specialized research centers, to explore new combinations to address the deficiencies that have been found; however, as the performance is also related to the manufacturing process, the design of devices for handling future phases must accompany research.

Como parte del proceso de Investigación, se realizó visita a Centros de Investigación en Costa Rica entre ellos, Instituto Nacional de Aprendizaje INA. Como aporte y transferencia tecnológica entre instituciones.

A continuación se incorpora a la investigación, el aporte del Investigador Roy Zamora Sequeira [1] Quien amplía sobre posibilidad para el control de la calidad en la industria del plástico y futuras investigaciones.

INDUSTRIA DEL PLASTICO DEL INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE DE COSTA RICA

Antecedentes

En el año 1965 se crea el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), como institución de Formación Profesional en Costa Rica y cuya finalidad principal consiste en promover y desarrollar la capacitación y la formación profesional de los trabajadores, en todos los sectores de la actividad económica y romper con el rígido esquema que venían desarrollando los colegios profesionales, satisfaciendo de manera flexible y expedita, las necesidades del sistema y con el propósito de impulsar el desarrollo y contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida y trabajo del pueblo costarricense (Minor, 2001).

Actualmente el INA cuenta con 12 núcleos de Formación y dentro de éstos se encuentra el Núcleo Metalmecánica (NMM), que inició sus labores el 8 de enero de 1996. Actualmente el Núcleo está conformado por cinco subsectores productivos: Construcciones Metálicas, Industria del Plástico, Mecánica de Precisión, Moldeo y Fundición de Aleaciones Metálicas. Los Núcleos de Formación y Servicios Tecnológicos tienen como objetivo fortalecer los sectores de bienes y servicios, para procurar elevar su calidad, su productividad y competitividad al proporcionar a las unidades productivas las opciones de formación profesional y capacitación técnica. Como se mencionó anteriormente, el NMM tiene el subsector productivo Industria, que cuenta con una planta piloto de transformación y un laboratorio análisis de polímeros, que son empleados para los servicios de capacitación profesional, ejecución de proyectos, atención a las industrias y estudiantes universitarios. Además, para este año se estableció un convenio con el sector gráfico, para la creación de un centro especializado del plástico y la industria gráfica. Por otro lado, la IP del NMM, trabaja con el comité de enlace de la Asociación Costarricense de la Industria del Plástico (ACIPLAST), para el mejoramiento de las acciones formativas y servicios brindados por el Instituto. Además de generar personal capacitado de alto nivel y servicios adicionales que fortalezcan la calidad de las unidades productivas que conforman este subsector.

Laboratorio de Polímeros del INA

El Laboratorio de Polímeros se encuentra dentro de las instalaciones del Centro Nacional Especializado de Tecnología del Instituto Nacional de Aprendizaje y fue establecido en el año 2000, con el fin de cumplir con las necesidades y requerimientos de los clientes de este Sector Productivo. Actualmente, el laboratorio se encuentra en el proceso de acreditación bajo la norma ISO/INTE 17025:2005 de algunas las pruebas que en se realizan y cuenta con tecnología de punta y personal técnicamente calificado para brindar servicios de calidad. Tab. 1

As part of the research, was visiting Research Centers including Costa Rica, National Learning Institute INA. As input and technology transfer between institutions then joins the investigation, the Investigator Roy Zamora contribution Sequeira. [1] To expands upon ability to control quality in the plastics industry and future research.

PLASTIC INDUSTRY LEARNING THE NATIONAL INSTITUTE OF COSTA RICA

background

In 1965 was created the National Training Institute, as an institution of vocational training in Costa Rica and whose main purpose is to promote and develop training and training of workers, in all sectors of economic activity and break the rigid scheme that had been developed professional associations, meeting in a flexible and expeditious system needs in order to promote development and help improve the living and working conditions of Costa Rican populat (Minor, 2001).

INA currently has 12 Training centers and within these is the Core Metal, which began its work on January 8, 1996.

Currently the Core consists of five subsectors: Metal Constructions, Plastic Industry, Precision Mechanics, Molding and Metal Alloy Foundry.

Nuclei of Training and Technical Services aim to strengthen the sectors of goods and services, to seek to raise their quality, productivity and competitiveness by providing production units options vocational and technical training.

As mentioned above, the NMM has the productive subsector Industry, which has a processing pilot plant and laboratory analysis of polymers, which are used for professional training services, project execution, attention to industries and university students. In addition, this year an agreement was established with the printing industry, to create a specialized center of the plastic and the printing industry. On the other hand, the IP of the NMM, working with the liaison committee of the Costa Rican Association of Plastic Industry, to improve the training and services provided by the Institute. In addition to generating high-level trained personnel and additional services that strengthen the quality of the production units that comprise this subsector.

INA Polymer Laboratory

Polymers Laboratory is located within the premises of the National Expertise Centre Technology and National Learning Institute was established in 2000 in order to meet the needs and requirements of customers in this productive sector. Currently, the laboratory is in the process of accreditation under ISO/INTE17025:2005 some tests that are performed and has technology and technically qualified staff to provide quality services. Tab. 1

Services provided by the Industry Sector Sub Plastic INA

- Training: Training of senior staff in plastics manufacturing processes.
- Laboratory services: Obtaining reliable test results traceable to INTE ISO IEC 17025:2005
- Standard Technology Management: Provide technical support to address specific problems in the production units.

Equipo	Método ASTM	Método ISO
ANALIZADOR DE DENSIDAD	ASTM D 1505	ISO 1183-2
ANALIZADOR DE DUREZA ROCKWELL	ASTM D 785	ISO 2039-2
ANALIZADOR DE FRICCIÓN	ASTM D 1894	ISO 8295-1995
ANALIZADOR DE INDICE DE FLUIDEZ	ASTM D 1238	ISO 1133-1991
ANALIZADOR DE PROPIEDADES MECANICAS	ASTM D 638-ASTM D 882	ISO 527-1
ANALIZADOR DE TERMOENCOGIBLE	ASTM D 2732	ISO 11501
CAMARA DE INTEMPERISMO	ASTM D 5208	ISO 4892-1 1999
CROMATOGRAFIA LIQUIDA	ASTM D 6042	
CROMATOGRAFIA DE GASES	ASTM D 4526	
EQUIPO DE ABSORCIÓN ATOMICA	ASTM D 4563-ASTM D4004	
EQUIPO DMA	ASTM D 4065	ISO 6721-1
EQUIPO PARA ANALISIS DE CHNS		
REOLOGÍA	ASTM D 5225	
RESISTENCIA AL IMPACTO IZOD	ASTM D 256	ISO 180:1993
RESISTENCIA AL RASGADO	ASTM D 1004	

Tab. 1 Listado de análisis ofrecidos para el Laboratorio de Polímeros de Núcleo Metal Mecánica con su respectiva normativa.

Servicios que brinda el Sub sector Industria del Plástico del INA:

- Capacitación: Formación de personal de alto nivel en procesos de transformación del plástico.
- Servicios de laboratorio: Obtención de resultados de análisis confiables y trazables según Norma INTE ISO IEC 17025:2005
- Gestión tecnológica: Brindar soporte técnico, para dar respuesta a problemas puntuales en las unidades productivas

Crecimiento de la Industria del Plástico en Costa Rica

Es importante mencionar que el parque industrial del sector del plástico lo conforman 146 industrias manufactureras y transformadoras de las cuales el 80% lo componen las medianas y pequeñas empresas. La industria plástica tiene un crecimiento sostenido del 9% anual y una ocupación de 11.500 trabajadores directos. El nivel de exportación a mercado Centroamericano, el Caribe, Estados Unidos, Europa y otros, se estima en un 40% aproximadamente de la producción total, la distribución geográfica de las industrias está compuesta así: Gran Área Metropolitana 85%, otras provincias y zonas francas 15% la materia prima (resinas poliméricas y otros insumos), son importados de U.S.A. y otros países en un 90% y el restante 10% es suplemento nacional. (ACIPLAST, 2013)

Fig. 1 En la imagen superior se muestra Instalaciones de la planta piloto de transformación del INA. Y en la imagen inferior se muestra Instalaciones del Laboratorio de Polímeros del INA.

Growth of the Plastics Industry in Costa Rica

It is noteworthy that the industrial park in the plastics sector is made up 146 manufacturing and processing of which 80% is made up of small and medium enterprises. The plastics industry has a steady growth of 9% per annum and an occupation of 11,500 direct employees. The level of export to American market, the Caribbean, USA, Europe and others, is estimated at about 40% of total production, the geographical distribution of industries is composed as follows: 85% greater metropolitan area, other provinces and areas frank 15% raw material (polymer resins and other inputs), are imported from USA and other countries by 90% and the remaining 10% is national supplement. (ACIPLAST, 2013)

FUENTES CONSULTADAS

- [1] M.Sc. Roy Zamora Sequeira, Químico Industrial, tel: (506) 22 10 6683 , e-mail: rzamorasequeira@ina.ac.cr, Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica.
- [2] ACIPLAST. (2013). Estadísticas y Historia de ACIPLAST. San José: en <http://www.aciplast.com>.
- [3] INA. (2013). Visión y Misión. San José en
- [4] http://www.ina.ac.cr/institucional/mision_vision.html
- [5] Minor, H. B. (2001). Marco jurídico de las instituciones que conforman el sistema nacional de educación técnica y formación profesional (Primera edición ed.). San José, San José, Costa Rica: Guila Imprenta Litografía.
- [6] Morales O. et al. (2001). Educación Técnica y Formación Profesional en Costa Rica. San José, San José, Costa Rica: Editorial INA.

