

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
UNA PRENSA DE CALOR, PARA
PLÁSTICOS Y MATERIALES
COMPUESTOS**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A
HEAT PRESS, FOR PLASTICS AND
COMPOSITE MATERIALS**

**DESENHO E CONSTRUÇÃO DE UMA
PRENSA TÉRMICA PARA PLÁSTICOS
E MATERIAIS COMPÓSITOS**

Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento

Magíster en Gestión en la Industria de los
Hidrocarburos, Universidad de Viña del Mar, Chile
juan.salamanca@usantoto.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0001-9001-9079>

Luis Fernando Acosta Joya

Magíster en Energías Renovables,
Universidad UNINI, Puerto Rico
luis.acosta@usantoto.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0003-2957-254X>

Fabián Leonardo Higuera Sanchez

Magíster en Metalurgia y Ciencia de los Materiales,
UPTC, Tunja
fabian.higuera@usantotot.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0002-5292-3486>

Nicolás David Pamplona Burgos

Estudiante Universidad Santo Tomás, Tunja,
Ingeniería Mecánica
nicolas.pamplona.@usantoto.edu.co

Fechas de recepción: 09 de julio 2018
Fecha aprobación: 23 de septiembre 2018

Resumen

El presente trabajo describe el diseño y construcción de un dispositivo que aplica presión y temperatura de forma controlada, a mezclas de materiales (polímeros, plástico, madera, cartón plástico, etc.), con el objetivo de producir módulos y diversas formas, a partir de madera y polímeros reciclados para ser empleados en diferentes aplicaciones en la industria de mobiliario básico. En cada etapa del presente trabajo se realizó una evaluación de funcionalidad, apoyados en pruebas físicas, de carga y estabilidad, para comprobar la autonomía y funcionamiento de los productos obtenidos. El desarrollo de este equipo, se produce dentro del proyecto “Fabricación de elementos alternativos a partir de materiales reciclables”, y como resultado se obtiene un dispositivo con el que se lleva a cabo un proceso de manejo, transformación y manufactura de nuevos productos a base de materiales reciclables, con la ventaja que elimina el uso de agua en las etapas y disminuye el número de operaciones en el proceso de transformación

Palabras Clave: Material Compuesto, Prensa de Calor, Prensa Térmica, PEAD, PEBD, Reciclaje.

Summary

The present work describes the design and construction of a device that applies pressure and temperature in a controlled manner, to mixtures of materials (polymers, plastic, plastic cardboard, etc.), with the aim of producing modules and various forms, from recycled wood and polymers, to be used in different applications in the basic furniture industry. At each stage of the present work, an evaluation of functionality was carried out, supported by physical, load and stability tests, to verify the autonomy and operation of the obtained products. The development of this equipment is produced within the project “Manufacture of alternative elements from recyclable materials”, and as a result a device is obtained with which a process of handling, transformation and manufacture of new products based on recyclable materials is carried out, with the advantage that it eliminates the use of water in each stage and decreases the number of operations in the transformation process.

Key Words: Composite Material, Heat Press, Thermal Press, HDPE, LDPE, Recycling.

Resumo

O presente trabalho descreve o desenho e a construção de um dispositivo que aplica pressão e temperatura de maneira controlada, a misturas de materiais (polímeros, plásticos, papelão plástico, etc.), com o objetivo de produzir módulos e várias formas, a partir da madeira e polímeros reciclados para serem utilizados em diferentes aplicações na indústria moveleira básica. Em cada etapa do presente trabalho foi realizada uma avaliação de funcionalidade, apoiada em testes físicos, de carga e estabilidade, para verificar a autonomia e o desempenho dos produtos obtidos. O desenvolvimento deste equipamento é produzido dentro do projeto “Fabricação de elementos alternativos a partir de materiais recicláveis”, e como resultado, é obtido um

dispositivo com o qual é realizado um processo de manipulação, transformação e fabricação de novos produtos de materiais recicláveis, com a vantagem que elimina o uso de água nas etapas e diminui o número de operações no processo de transformação.

Palavras-chave: Material Composto, Prensa Térmica, PEAD, PEBD, Reciclagem.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del avance en Nuevos Materiales, el desarrollo de Materiales Compuestos (Composites), presenta gran progreso, incluyendo no solo mezclas de elementos naturales, minerales y/o metales novedosos, sino que también se interesa por el aprovechamiento de los materiales reciclables, como los polímeros, maderas, cartón, papel, fibras naturales, etc. Dentro de estos estudios, existen caracterizaciones de materiales con propiedades mecánicas básicas, que se pueden mejorar aprovechando las características de cada uno de los componentes del MC (Material Compuesto), (Oblak P.a, b 2015)

También se trabaja con los polímeros, como base de una gama grande de MC, orientando el estudio de las propiedades mecánicas de estos materiales ante diversas condiciones, como facilidad de procesado, de mezcla y aumento de la resistencia (Amit Mallik, Anil K. Barik, 2015). Uno de los Polímeros más empleados en estos estudios, es el Polietileno de Alta Densidad y el Polietileno de Baja Densidad, por sus propiedades de resistencia a la tensión y fractura, para aplicaciones en productos con resistencia al corte, tensión, etc (Salazar A. a, Rodríguez J. 2015)

El nivel de investigación puede abarcar diversos alcances de los estudios, desde el plano microscópico, hasta escala macroscópica, es

así como ya se han realizado estudios para determinar la unión y mejoras de la interfase de los componentes a nivel microscópico (Hidalgo M. A. (1), Muñoz M. F. 2010), con el correspondiente aumento en las propiedades mecánicas, incluso aprovechando los componentes de cada material (Obando, J., Escobar, M., 2009), mediante procesos como combustión o pirolisis (Haydary J., Susa D, Dudáš J, 2013).

De acuerdo a lo anterior, encontramos que el trabajo se centra, en las propiedades, mecánicas, químicas, etc., de los MC, con componentes de matriz polimérica, y como elemento de refuerzo se encuentra la madera en varias presentaciones (Solís Jara M., Lisperguer Muñoz L. 2002). De esta forma se evidencia que las propiedades varían no solo con la calidad del polímero, sino también depende de la clase de madera y la forma del componente en el conformado del MC (Solís Jara M, Lisperguer Muñoz J. 2005).

Continuando con los polímeros reciclables, se han propuesto también como complemento en la construcción (Pedroza Ortega T. 2013), logrando resultados modestos, sin embargo, se puede pensar que la clave del uso de estos MC en la construcción puede radicar en la aplicación específica que se le quiera dar al material (Martnez-López, M., Martnez-Barra, G. 2005). Estos estudios, se han desarrollado con mayor avance en el área Mecánica,

donde se han propuesto cambios en los materiales de algunos componentes de equipos, como el desarrollo de paneles en MC (Hidalgo Molina, Adriana 2013) , para diversos usos en construcción, mobiliario y otros usos (Hidalgo M. 2011), incluso se han generado Proyectos a gran escala para la masificación de estos procesos, buscando contribuir con la disminución de materiales de desecho (Guerrero D. et al. 2012).

Finalmente, estos productos se han presentado como oportunidades de negocio, desarrollando procesos de manufactura completos (Betancourt García H. 2009), por esta razón, el resultado de este proyecto es la construcción de un dispositivo para un proceso de producción, innovador, limpio y dinámico. En el que se puedan desarrollar las diversas alternativas y mezclas con polímero, fibras, tierras, etc. (M. Ameen Khan, et al. 2015) . Este documento presenta el desarrollo y construcción de un dispositivo a emplear en procesos de fabricación de paneles, tableros, entre otros, para diversos usos según las mezclas de materiales diseñadas, para cada fin (Domínguez Lepe J. et al. 2009)

II. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Los aspectos a tener en cuenta para el diseño y construcción de la Prensa de Calor, se definieron de acuerdo a los siguientes requerimientos de trabajo.

A. Producción:

Se requiere un equipo que tenga una producción de 4 o 5 paneles por hora, es decir, tiempo de calentamiento de 10 minutos por cada panel, y tiempos adicionales de carga y descarga (3 a 5 minutos en cada cambio).

B. Tiempo de calentamiento:

Se necesita que la Prensa mantenga la temperatura estable durante cargue y descargue, manteniendo un aumento de temperatura de 10°C /minuto, en los momentos que se requieran.

C. Presión:

Para garantizar una densidad homogénea Ddel material se aconseja aplicar una presión de entre 5 a 15 lb/pie², de acuerdo a la compactación deseada.

D. Dimensiones:

Las dimensiones de los paneles requeridos, se definieron de acuerdo al aprovechamiento del material, para hacer probetas para ensayos, o usando los paneles como estructuras de prueba.

E. Longitud:

Las medidas de los paneles producidos por la Prensa son: Largo: 0,6 m., Ancho 0,4 m., Alto 0,05 m. De acuerdo a estas dimensiones, siempre se podrá cargar el mismo volumen (0,012 m³), para una sola fundición. También existe la posibilidad de producir paneles de mayor espesor, mediante la carga repetida de material, hasta lograr la dimensión deseada.

F. Material:

Se decidió construir las placas en aluminio, por la mayor transferencia de calor comparada con la del acero.

G. Sistema de Calentamiento:

El diseño de calentamiento se determinó mediante la disposición de un sistema de tres

resistencias bifásicas concéntricas, conectadas en paralelo, para cada placa en estructura de sándwich.

H. Sistema de Control:

Se definieron sistemas de control para la placa fija y la placa móvil, instrumentados, con pirómetro en cada placa y unidad de control de temperatura programada.

III. METODOLOGÍA

A. Evaluación de antecedentes:

Teniendo en cuenta que el dispositivo a construir es desarrollado como parte del Proyecto de Investigación, “Fabricación de elementos alternativos a partir de materiales reciclables”, se realiza búsqueda permanente de antecedentes de estos equipos. A este respecto, se han encontrado trabajos para aplicaciones sencillas, pero no dispositivos que produzcan directamente formas terminadas, como el prototipo que se describe. Lo más cercano al concepto son las planchas de impresión de textos y generación de productos audiovisuales, que emplean calor para imprimir imágenes y texto en grandes superficies.

B. Selección de alternativas:

Con los datos obtenidos en el punto anterior, se diseñó un modelo, teniendo en cuenta que los dispositivos evaluados emplean un sistema de calentamiento similar, dicho sistema se construyó con placas de aluminio, y entre estas se dispusieron resistencias eléctricas para generar el calentamiento.

C. Diseño:

Luego de definir la estructura y los componentes requeridos, se realizó el diseño de la

Prensa de calor, mediante CAD INVENTOR, de esta forma se lograron los diseños, que presentan las Figuras 1 y 2.

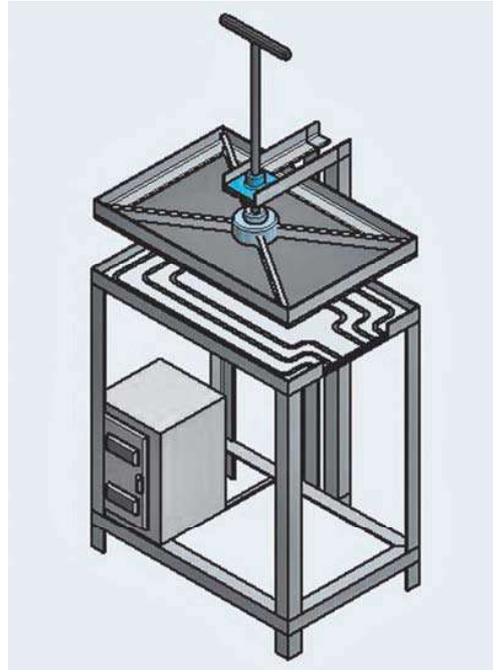


Figura 1. Diseño general de la Prensa de Calor

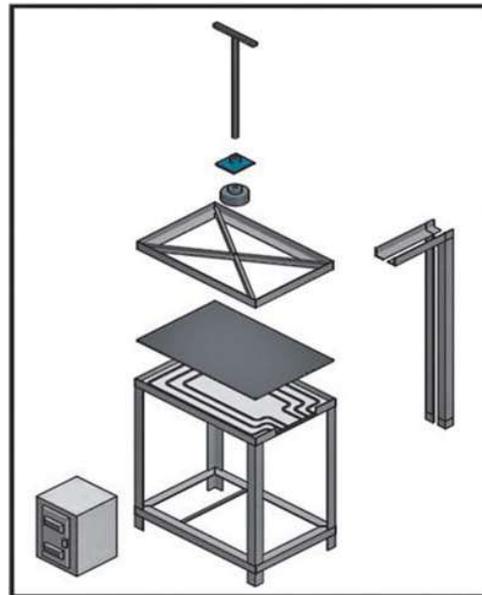


Figura 2. Despiece de la Prensa de Calor

Diseño de las placas de calentamiento. Durante el diseño de las placas, se definió la conformación de sándwich, Lámina-resistencias-lámina y el material aluminio de 6 mm de espesor, para mejor distribución del calor, con estructura de soporte en acero para aplicar la presión que ejerce el tornillo (Figura 3 y 4).

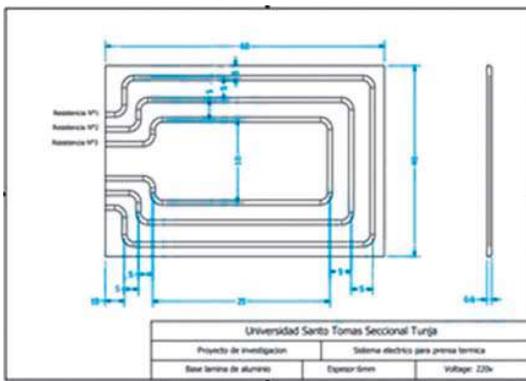


Figura 3. Plano de placas y resistencias eléctricas

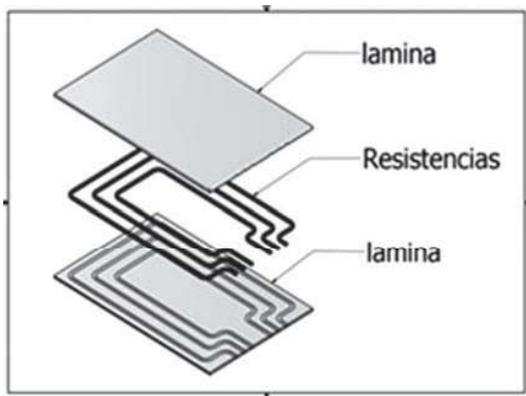


Figura 4. Estructura de las placas de calor

D. Validación:

Luego de definidos los diseños, se evaluaron los componentes del equipo que, debido a temperatura o presión, puedan verse deformados durante la operación. Esta validación se realizó usando CAD de Elementos Finitos NX. A continuación, se presentan los resultados de simulación y el respectivo análisis.

Análisis Estructural NX. Soporte del tornillo. Mediante programa NX Nastran 8.5. Primero se exportó el CAD realizado en Autodesk Inventor a CAD NX, luego de hacer mallado en 3D, y analizar las partes del soporte como pieza única, material: acero y con restricción de estructura y aplicación de carga de 1.000 Newton, dando un desplazamiento máximo de 1,731 mm. (Figura 5).

La Prensa de Calor, en operación, alcanza una fuerza de 100 N, dato validado mediante aplicación de fuerza con un torquímetero de trueno. De acuerdo a lo anterior el cálculo del CAD NX. (Figura 6), supera 10 veces la carga máxima que se va a aplicar al cálculo realizado, presentando una deformación de la estructura de menos de 2 mm., esto significa, que la estructura diseñada es adecuada y funcional.

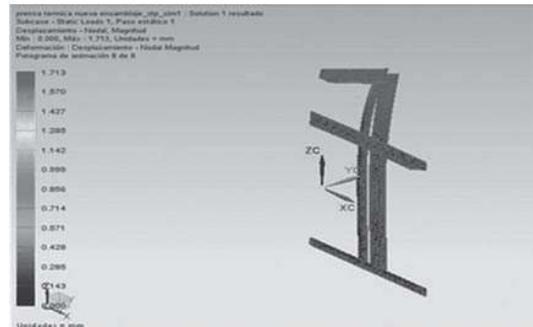


Figura 5. Desplazamiento nodal soporte de tornillo carga 1000 Nw

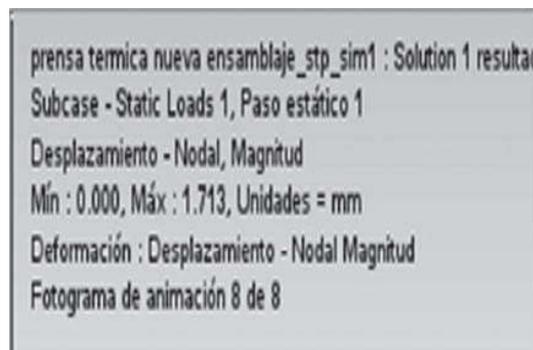


Figura 6. Resultado desplazamiento Nodal

Análisis Estructural NX. de las Placas de Presión y Temperatura. De acuerdo al resultado anterior, queda por revisar el comportamiento de las placas de aluminio, que tienen la función principal del equipo y cuya resistencia a la compresión es menor que la del acero, lo anterior aumentado debido a que las placas van a estar expuestas a temperatura, en este estudio se siguió un proceso similar al anterior, a partir del CAD Inventor, se aplica al CAD NX (figura 7).

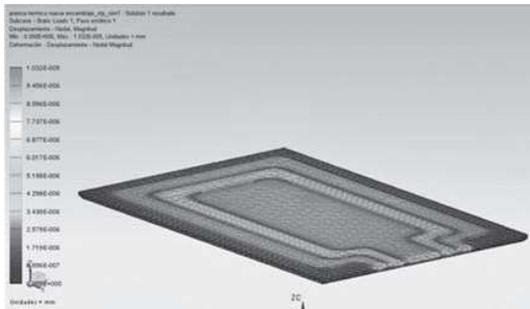


Figura 7. Resultado desplazamiento



Figura 8. Resultado desplazamiento Nodal

Como resultado se obtuvo:

Deformación máxima de $1,32 \times 10^{-5}$ mm., lo que indica que para esas presiones la deformación es muy pequeña (Figura 8), comparado con las dimensiones del equipo.

E. Diseño de sistema eléctrico

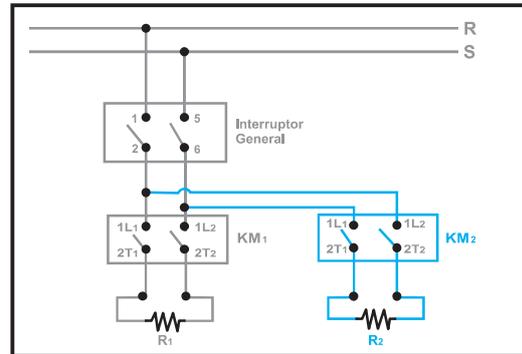


Figura 9. Diagrama de fuerza de Prensa de Calor

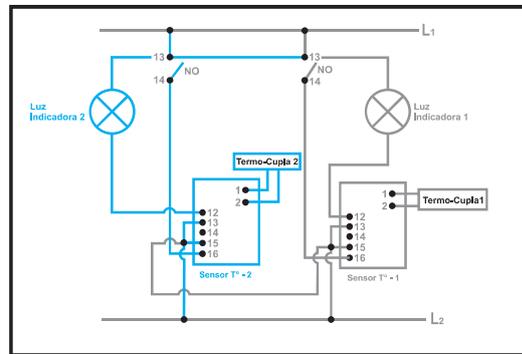


Figura 10. Diagrama de control de Prensa de Calor

Las características del sistema de control de temperatura y presión son:

- Sistema eléctrico: bifásico 220v, (figura 9).
- Sensores de temperatura, uno para cada placa.
- Temperatura máxima de resistencias 500°C.
- Unidades de control de temperatura, programables hasta 500 °C, (figura 10).
- La conexión de las resistencias en cada placa, se hizo en paralelo, para garantizar un calentamiento rápido, de esta forma las placas se configuraron con un juego de tres resistencias dispuestas de forma concéntrica, y conectadas en paralelo.
- Cada unidad de control, consta de protección térmica.

- El proveedor del sistema general fue Resistencias eléctricas GILDARDO ENCISO de Bogotá.

Comportamiento Térmico de las Placas.

La evaluación de funcionamiento y respuesta del sistema eléctrico, en cuanto a tiempo y temperatura, se hizo mediante el seguimiento al calentamiento de las placas (hasta 200°C), tomando lectura de temperatura cada 10 minutos a partir del momento en que se encendió. Los resultados obtenidos se resumen en las gráficas de calentamiento (figuras 11 y 12).

Los rangos obtenidos del sistema de calentamiento son:

- Velocidad normal de calentamiento: 5°C/minuto. Para materiales húmedos.
- Velocidad máxima de calentamiento 20°C/minuto, Para polímeros de alta densidad.

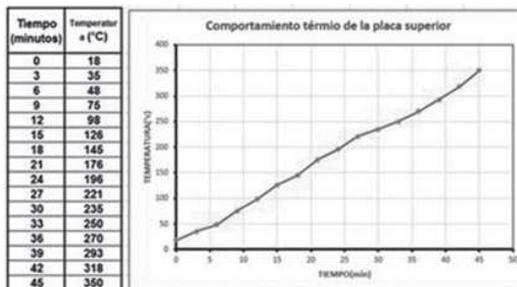


Figura 11. Comportamiento térmico de la placa superior

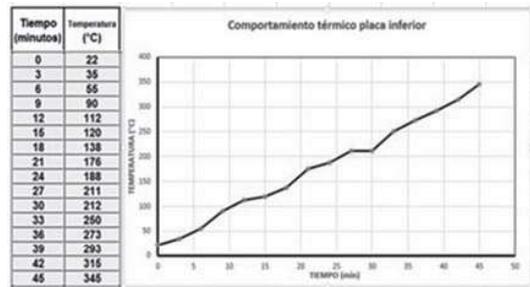


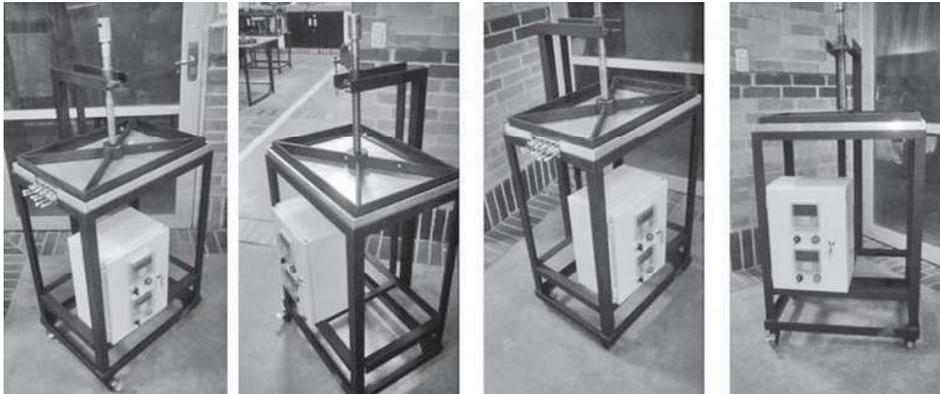
Figura 12. Comportamiento térmico de la placa inferior

Selección de elementos adicionales

Adicional a las partes básicas del dispositivo Prensa de Calor, se requirieron elementos adicionales, tales como: Cable siliconado calibre 12, para resistir altas temperaturas, tornillos para fijación de caja de control, terminales eléctricas, tornillos brístol para fijación del Tornillo de Presión.

F. Ensamble definitivo de la Prensa de Calor.

Con los elementos de estructura y eléctricos, así como las partes de operación listos, se realizó el armado de la Prensa de Calor como se muestra en las figuras y las pruebas de funcionamiento.



Figuras 13, 14, 15 y 16: Prensa de Calor terminada, y en funcionamiento.

G. Pruebas de funcionamiento y Termografía.

Con el equipo ensamblado de acuerdo al diseño, se verificó el accionamiento del sistema Mecánico, (Placas, tornillo y desplazamiento), y las conexiones eléctricas.

Posteriormente se energizó el dispositivo, para evaluar la variación de presiones, y luego verificar los encendidos y dispositivos de control. En esta etapa se programaron los controles a 150°C, y se tomaron datos de temperatura cada 10 minutos, expresados en las curvas de calentamiento confirmando el funcionamiento de los dos sistemas de calentamiento, uno por placa. (Figura 11 y 12).

Igualmente se verificaron temperaturas con termómetro infrarrojo, cuyas lecturas coincidieron con las lecturas de los controles con una diferencia de tan solo 2 grados de un dispositivo a otro.

Inspección por termografía. Por último, se realizó la evaluación para determinar los puntos de concentración calórica, tanto dentro de los elementos de calefacción, como en los sistemas de soporte, lo anterior debido a que la generación de zonas calientes puede dañar

el sistema eléctrico, de presión o la estructura misma, los resultados fueron:

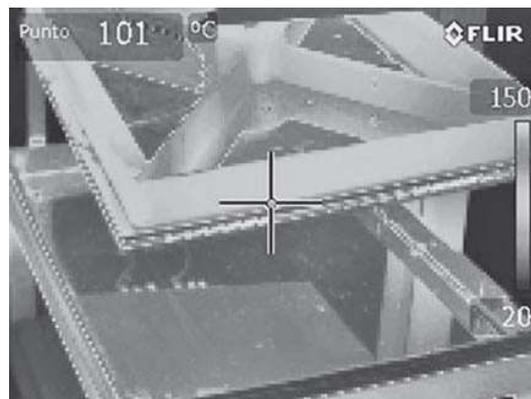


Figura 17. Vista termográfica de Prensa de Calor abierta

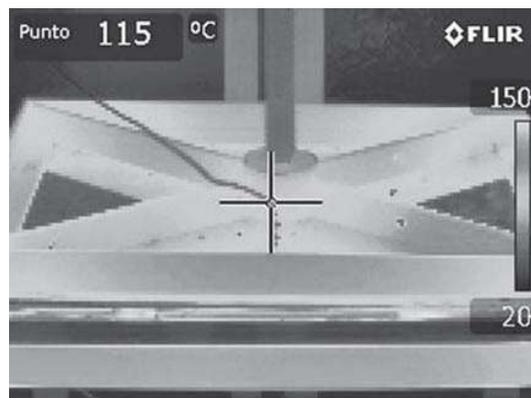


Figura 18. Vista termográfica de Prensa de Calor cerrada

En estas imágenes se puede observar que las temperaturas máximas son de 150°C en las placas y los soportes, algunas superficies especulares reflejan la señal infrarroja (Figura 17), las zonas claras son las más cálidas, mientras que las oscuras indican la temperatura más baja. Nótese que al observar lateralmente la zona de las placas se puede visualizar la atmósfera caliente, debido a que se elimina la reflexión de la superficie del aluminio (Figura 18).

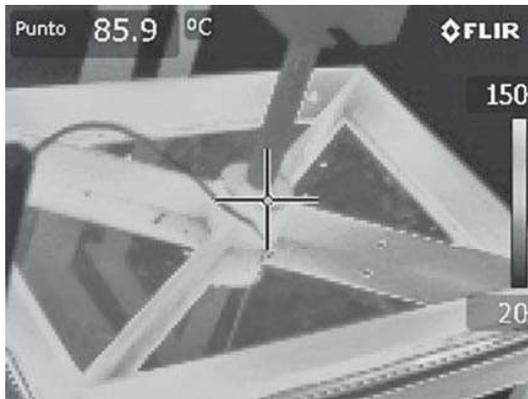


Figura 19. Vista termográfica de Prensa de Calor cerrada

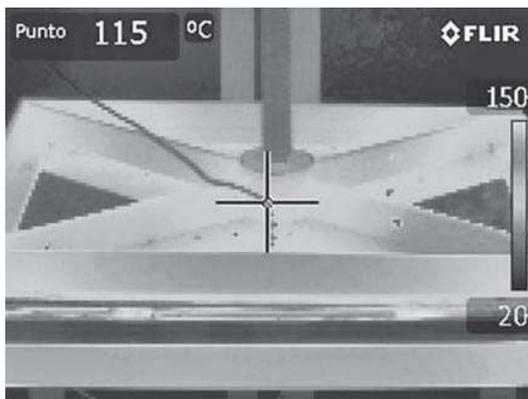


Figura 20. Vista termográfica superior de Prensa de Calor

En las imágenes, con temperatura de 150°C, se ven los elementos fríos, como el tornillo y cable del pirómetro de la placa superior, los colores claros y grises, son temperaturas altas (figura 19 y 20).

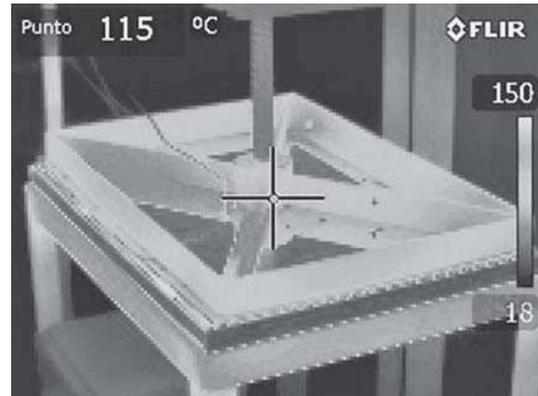


Figura 21. Vista termográfica de Prensa de Calor cerrada

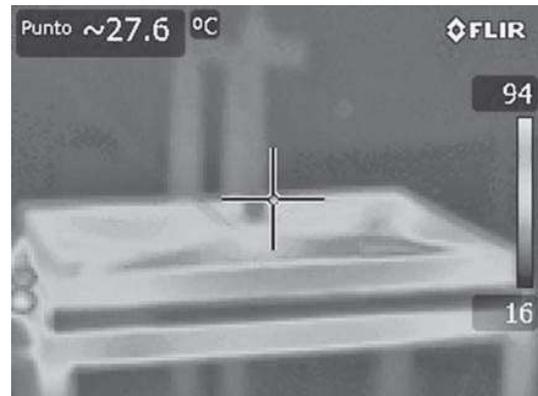


Figura 22. Vista termográfica superior de Prensa de Calor

Se observa la Prensa de Calor cerrada y con las temperaturas de trabajo, en la figura 21, se observa que el calor se concentra en las láminas de aluminio, soportadas por los marcos de acero (figura 22).

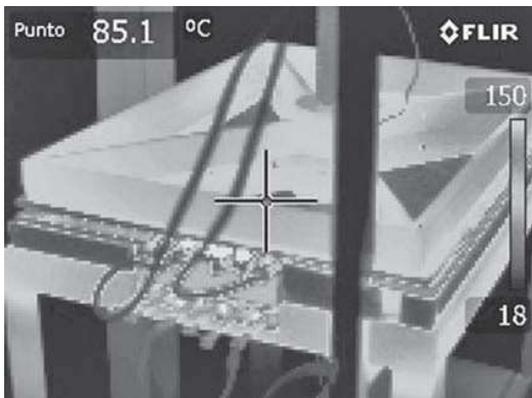


Figura 23. Vista termográfica de la PdC y conexiones eléctricas

En la figura 23, se ve el calentamiento de las resistencias, en los puntos de entrada. Todas las imágenes presentan resultados concordantes con lo esperado, por lo que se concluye, que la Prensa de Calor, está lista para funcionar y producir.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo como referencia el trabajo de fabricación de tableros (Hidalgo A.M. 2013), en el que se desarrolla un proceso complejo, con uso de agua y sus consiguientes etapas de secado, el equipo que presenta este documento, es alternativa en el manejo de materiales reciclables sin empleo de agua y con una preparación mínima del material a transformar.

Además, otro proceso para reutilización de reciclables (Obando, J., Escobar, M. 2009), incluye la producción de paneles, mediante el uso de pulpas húmedas, es por esta razón, que el presente trabajo cobra importancia, pues presenta un equipo cómodo, que se puede fabricar en diferentes tamaños, y requiere material reducido

desde hojas, hasta triturado, sin emplear agua en su procesado, con un bajo tiempo de producción (10 a 15 minutos), y cuyos aspectos de operación son:

Materiales de Trabajo: Madera, cartón, papel, Plásticos de diversas calidades y espesores. El espesor puede variar, así como el peso. Como condición todos los materiales deben tener un porcentaje de polímero, para que actúe como ligante.

- *Unidad eléctrica bifásica:* 220 v.
- *Temperatura máxima de trabajo:* 300°C. Tiempo de precalentamiento 60 minutos.
- *Capacidad de producción:* Paneles de 0,6 m X 0,4 m × 0,02 m
- *Peso de cada panel:* 600 gramos.
- *Perfiles de material:* Triturado, lámina, barras.
- *Producción horaria:* 6 paneles de 600 g / hora; un panel cada 10 minutos.

V. CONCLUSIONES

La Prensa de calor es un dispositivo de ensayo para Nuevos Materiales y Materiales Compuestos, a partir de materiales de reciclaje.

Se pueden trabajar Materiales que contengan polímeros, o mezclas con polímeros.

La Prensa de Calor (PdC) puede trabajar con placas lisas, o con formas específicas de acuerdo a las formas de producción deseadas.

La producción de elementos mediante el uso de la PdC, se presenta como oportunidad de negocio, teniendo en cuenta su bajo costo de fabricación y su bajo consumo de energía.

La PdC es la base de procesos de transformación de materiales de reciclaje en nuevos productos, procesos estos que no requieren agua, ni grandes espacios, tampoco largos periodos de tiempo para la producción.

El dispositivo PdC de este documento se puede replicar en tamaños mayores para generar procesos productivos rápidos y eficientes.

Las conexiones en serie de las resistencias hacen lento el calentamiento, pero favorecen la capacidad eléctrica del equipo, si se desea un calentamiento rápido se debe hacer una conexión en paralelo.

VI. REFERENCIAS

Amit Mallik, Anil K. Barik, Biswajit Pal, Comparative studies on physico-mechanical properties of composite materials of low density polyethylene and raw/calcined kaolin, *Journal of Asian Ceramic Societies*, Volume 3, Issue 2, June 2015, Pages 212-216, ISSN 2187-0764, <https://doi.org/10.1016/j.jascer.2015.03.001>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2187076415000196>)

Betancourt García H., Plan de negocios para la creación de una Planta de Procesamiento de envases usados y desechos post industriales de Tetra Pack, para la producción de láminas aglomeradas de Tectan., Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ciencias económicas y administrativas, 2009.

Domínguez Lepe J.1, Güemez Pacheco D.2, Reciclaje de Tetra Pack para la fabricación de paneles aplicables a la construcción, Tesis de pregrado, Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto Tecnológico de Chetumal,

Chetumal, Quintana Roo, México, jadlepe@hotmail.com, 2, Arquitectura, Instituto Tecnológico de Chetumal. , 2009.

Guerrero D; Bayona A; Guerrero C; Hidalgo G; López P; Picón Y; Robles S, Diseño de una fábrica para la Elaboración de planchas de Tectán localizada en la Provincia de Piura, 2012, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Haydary J., Susa D, Dudáš J, Pyrolysis of aseptic packages (tetrapak) in a laboratory screw type reactor and secondary thermal/catalytic tar decomposition, Institute of Chemical and Environmental Engineering, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, 2013.

Hidalgo A.M., Diseño de un proceso para la elaboración de tableros aglomerados, a partir de envases de Tetra Pack, Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba, Ecuador. 2013.

Hidalgo Molina, Adriana, Diseño de un proceso para la elaboración de tableros aglomerados a partir de envases Tetra Pack”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, RIOBAMBA – ECUADOR. , 2013.

Hidalgo M., Manufacturing rigid board by packaging waste containing aluminum and polyethylene, Energetics and Mechanics Department, GITEM, Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia), accepted 20 January 2011.

Hidalgo M. A. (1), Muñoz M. F.(2), Interacción Interfacial del compuesto LDPE/Al, reforzado

confibra de fique: influencia de la temperatura, (1) Grupo de Investigación en Tecnologías para la Manufactura GITEM, Universidad Autónoma de Occidente, COLOMBIA. (2) Grupo de Investigación en Tecnologías para la Manufactura GITEM, Universidad Autónoma de Occidente, COLOMBIA, Email: mfmunoz@uao.edu.co. 2010,

M. Ameen Khan, S. Satish Kumar, T.S. Raghu, T.M. Kotresh, R.R.N. Sailaja, Commingled nanocomposites of LDPE/PP/Nylon 6/EPDM reinforced with MWCNT and Kenaf Fiber with enhanced mechanical, thermal and flammability characteristics, *Materials Today Communications*, Volume 4, September 2015, Pages 50-62, ISSN 2352-4928, <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2015.04.008>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352492815000379>)

Martnez-López, M., Martnez-Barrera, G., Barrera-Díaz, C.E., & Ureña-Nuñez, F. Materiales provenientes del reciclamiento de envases de Tetra Pak y su uso en concreto. En Martnez Barrera, G., Hernández Zaragoza, J.B., López Lara, T., & Menchaca Campos, C. (Eds.). *Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción*. Barcelona, España: OmniaScience. pp. 123-143. 2005.

Obando, J., Escobar, M., Modelación del proceso de recuperación parcial de envases de Tetra Pack, *Revista EIA*, núm. 11, Julio, 2009, pp. 157-167, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Envigado, Colombia

Oblak Pa, b, *, GonzalezGutierrez J. a, Zupan_B. a, Aulova A. a, Emri I.a, b, Processability and mechanical properties of extensively recycled high density polyethylene, University of Ljubljana and Institute for Sustainable Innovative Technology, Pot za Brdom. 104, 1125 Ljubljana, Slovenia cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia. 2015.

Pedroza Ortega T., Proceso de Reciclaje de Tetra Pack como material de Construcción., Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Poza Rca de Hgo, Tuxpan, 2013.

Salazar A. a, Rodríguez J. a, Arbeiter F. b, Pinter G. b, Martínez A.B. c, Fracture toughness of high density polyethylene: Fatigue pre-cracking versus femtolaser, razor sharpening and broaching, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid, Spain Colom 114, 08222 Terrasa, Spain, , 2015.

Solís Jara M., Lisperguer Muñoz L., Compuestos mixtos a base de plásticos y madera Woodpolymer composites, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad del BíoBío, Concepción, Chile. Email: msolis@ubiobio.cl. 2002.

Solís Jara M, Lisperguer Muñoz J y Arencibia Silva F., Compuestos mixtos poliestireno y pino radiata, Universidad del BioBio, Concepción, Chile, msolis@ubiobio.cl. , 2005.