

Trabajos seleccionados CRETA XII

## Empleo de Placas de Residuos de Desmote de Algodón y Resina Urea-Formaldehido para el Mejoramiento de Envolventes Horizontales en Viviendas

Use of cotton gin waste and urea-formaldehyde resin particle-boards for the improvement of horizontal envelopes in housing

### Resumen

En la región aldonera argentina, el 30 % de las viviendas poseen cerramientos horizontales formados solo por chapas de acero galvanizado, sin ningún tipo de cielorraso, que redundan en disconfort, consumo excesivo de energía, condensación superficial, humedecimiento de la envolvente, crecimiento de hongos, desarrollo de afecciones crónicas e incremento de riesgos asociados una zona de alto riesgo por Mal de Chagas.

Se propone emplear, como cielorrasos, tableros de partículas compuestas por residuos de desmote y resina, brindando una alternativa para la disposición de aproximadamente 1.195.000 m<sup>3</sup> de residuos generados por campaña. Se evaluó la incorporación de tejido de yute bidireccional como refuerzo. Sobre los aglomerados se determinó la densidad, resistencia a flexión y conductividad térmica.

Se realizaron cálculos de transmitancia térmica para diferentes tipologías constructivas comparando la capacidad de aislamiento térmico para condición de invierno y verano y se evaluaron diferentes alternativas de montaje.

Palabras clave: Residuo de desmote, Resina urea-formaldehido, Cielorraso, Aislamiento higrrotérmico.

### Abstract

In the Argentine cotton-growing region, 30 % of the houses have horizontal enclosures consisting only of galvanized steel sheets, without any type of ceiling, which results in discomfort, excessive energy consumption, surface condensation, humidification of the envelope, fungal growth, development of chronic diseases and increased hazard associated with a high-risk area for Chagas disease.

It is proposed to use, as ceilings, particleboards composed of cotton gin waste and resin, providing an alternative for the disposal of approximately 1,195,000 m<sup>3</sup> of residue generated per campaign. The incorporation of bidirectional jute fabric was evaluated as a reinforcement.

The density, flexural strength and thermal conductivity of the particleboards were determined.

Trevisan, Agustina  
revistas@unne.edu.ar  
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Massons, Luciano  
lmassons@frsf.utn.edu.ar  
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Benítez, Florencia  
revistas@unne.edu.ar  
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Carrasco, María Fernanda  
revistas@unne.edu.ar  
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Grether, Rubén Marcos  
revistas@unne.edu.ar  
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Recepción: 31/07/2022

Aceptación: 15/10/2022

Thermal transmittance calculations were made for different construction typologies comparing the thermal insulation capacity for winter and summer conditions and different assembly alternatives were evaluated.

Keywords: Cotton gin waste, Urea-formaldehyde resin, Ceiling tiles, Hygro-thermal insulation

## Introducción

Los residuos agrícolas son los subproductos de diversas actividades como la cosecha y los procesamientos posteriores asociados, y su eliminación es un problema serio en países en desarrollo.

Existe una importante cantidad de rubros industriales y agroindustriales que generan residuos que podrían ser reutilizados, como es el caso de la producción algodонера, y que ocasionan grandes acumulaciones de desechos que a la fecha no tienen un destino definido. Teniendo en cuenta su escala de producción, y su capacidad de consumir materiales, el sector de la construcción se torna una gran alternativa para dar destino en forma de elementos constructivos a residuos que no pueden volver al ambiente en forma sustentable. El empleo de residuos agroindustriales lignocelulósicos como materia prima para la industria de la construcción, aparece como una alternativa al uso intensivo de la madera y otros recursos naturales no renovables en todo el mundo (Varanda, L. et al. 2013) (José, F.J. et al. 2010) (Barbirato, G. et al. 2014) (Pirayesh, H. et al. 2013) (Pirayesh, H. et al. 2012) (Fiorelli, J. et al. 2012) (Monteiro de Barros Filho, R. et al. 2011) (Panyakaew, S. et al. 2011) (Mendez, L. et al. 2006) (Gatani, M.P. et al. 2013).

La industria del algodón, incluyendo las tareas de cultivo, cosecha y desmote, ha sido la actividad que fomentó la ocupación territorial del noreste de Argentina, a principios del siglo XX. Esta producción agropecuaria permitió el asentamiento de población, tanto a nivel rural como urbano, configurando un crecimiento sostenido en la zona mencionada y extendiéndose luego a parte del noroeste de nuestro país.

La producción algodонера actualmente se desarrolla con una fuerte concentración geográfica en el noreste del país, con mayor importancia en las provincias de Santa Fe, Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Corrientes (Figura 1). Los residuos generados por esta actividad (aproximadamente 300.000 a 450.000 t anuales) tienen escasa aplicación y se ha estudiado su utilización como alimento para ganado, siendo desestimado por la baja digestibilidad del material; para la producción de compost anaerobio en combinación con otros desechos orgánicos, sin lograr demasiado progreso debido a la escasa difusión y baja rentabilidad de dicha actividad; o incluso en usos más simples como camadas para aves, sin encontrar destacables prestaciones, por lo que sigue presentando, serios inconvenientes para su disposición final (Delssin, E. 2012) (Ciannamea, E. et al. 2010).

Estos inconvenientes se acrecientan debido a la implementación de la cosecha mecánica cada vez más extendida, que si bien mejora notablemente la rentabilidad del cultivo, por sus modos más eficientes de extraer el algodón, genera una mayor cantidad de residuo que debe ser dispuesta de manera efectiva. En muchos casos se opta por calcinarlos, originando serios problemas de polución, malestares, posibilidad de afección respiratoria y riesgos asociados a la quema de biomasa que podría estar contaminada con agroquímicos (Cravzov, A. et al. 2000) para las localidades aledañas (Figura 2) (Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable 2005).

Por otra parte, la variabilidad interanual de la producción algodонера, que puede observarse en la Tabla 1 (Ministerio de Agroindustria), atenta contra la implementación de tecnologías de alta complejidad para el aprovechamiento de los descartes. Es por esto que el planteo de la investigación a la que refiere este trabajo se basa en obtener una disposición final para el residuo mediante la fabricación de aglomerados de mediana densidad a partir de cascarilla de algodón y resina urea-formaldehído, los cuales puedan ser utilizados para la confección de mobiliario sencillo o como elementos constructivos para aplicarse en cielorrasos o envolventes laterales en busca de mejorar sus condiciones higrotérmicas. Se ha evaluado la posibilidad de empleo de otras resinas con menor nivel de emisión de formaldehído, tales como las resinas urea-formaldehído modificada con melamina y las basadas en fenol-formaldehído (Salem, M. et al., 2011), detectando que su disponibilidad en el medio es menor y su costo muy superior. Por otra parte, en el caso de las resinas basadas en aceite de ricino o derivadas de la soja no se producen en el país o lo hacen en escala de laboratorio incompatible con la producción de estas placas (Doroteja, V. et al., 2017) (Wilczak, L. et al., 2019).

Por otro lado, según los resultados del censo 2010 (INDEC) se estima que, del total de las viviendas de la Argentina, el 11.55 % poseen cubiertas de chapas sin ningún tipo de cielorraso.

No obstante, en la región correspondiente a la producción algodonera se puede apreciar que estos porcentajes se elevan en gran medida, alcanzando en la provincia de Santa Fe, un 30 % para los departamentos Vera y 9 de Julio, y 20 % el departamento de General Obligado. Por otro lado, para las provincias de Chaco y Formosa, estos índices llegan a un 33 % y 36 % respectivamente.

El empleo de este tipo de cubiertas sin cielorrasos o asimismo cerramientos con chapas es totalmente contrario a las recomendaciones para la construcción de viviendas, que indican la necesidad de emplear materiales aislantes que reduzcan la transmitancia de calor. Estos cerramientos y cubiertas, deficientes en cuanto a su aislación térmica, redundan en falta de confort y consumo excesivo de energía para acondicionar los ambientes, y en épocas invernales puede conducir a condensación superficial, generando humedecimiento de la envoltente, propiciando el crecimiento de hongos y el desarrollo de afecciones crónicas (alérgicas y respiratorias).



Fig. 1. Zona de producción algodonera en Argentina.



Fig. 2. Acopio de cascarilla de algodón incendiado.

Año	Algodón en bruto, t x 10 <sup>3</sup>	Año	Algodón en bruto, t x 10 <sup>3</sup>
2000/2001	509,41	2009/2010	753,5
2001/2002	218,16	2010/2011	1032,5
2002/2003	201,51	2011/2012	200,13
2003/2004	354	2012/2013	543
2004/2005	448	2013/2014	1020,6
2005/2006	77,4	2014/2015	795,3
2006/2007	545,4	2015/2016	671,82
2007/2008	489,6	2016/2017	616,16
2008/2009	386,7		

Tabla 1. Variabilidad anual de producción de algodón

Por otra parte, es importante tener en cuenta que la mayoría de los materiales que se emplean habitualmente como aislantes bajo cubiertas (lana de vidrio, poliestireno expandido, espuma de polietileno y poliuretano expandido) poseen un elevado costo y en algunos casos, como por ejemplo para el poliuretano expandido (The Business Research Company, 2022), las materias primas deben ser importadas desde otros países .

Además, otro aspecto que no debe desestimarse es que dado que la región de producción de algodón se encuentra comprendida en la zona de alto y mediano riesgo de afectación por Mal de Chagas (CCIA), la inclusión de una estructura de cielorraso o de mejoramiento de los cerramientos laterales en las viviendas se constituiría en una barrera mecánica para prevenir la proliferación de vinchucas (*Triatoma infestans*) y también, contribuiría a la limpieza e higiene de la vivienda.

Así, el desarrollo de los paneles aglomerados mediante la utilización de residuos de desmote del algodón permitiría atender al mismo tiempo la problemática ambiental generada por este sector agroindustrial, la necesidad de responder con nuevas tecnologías de reducido costo y rápida ejecución al déficit habitacional existente en la región y además ofrecer una materia prima alternativa, de bajo costo y bajo impacto ambiental que pueda servir como remplazo de las virutas de madera en la producción de estos tableros.

Resulta importante destacar también que, la producción de estos aglomerados contribuiría a la generación de puestos de trabajo con reducida demanda de calificación, ampliando la demanda laboral del sector desmotador, que sólo realiza actividades intensivas durante unos 100 días al año.

## Metodología

### Consideraciones generales

El residuo de desmote utilizado para la elaboración de los aglomerados se obtuvo de los acopios de una planta desmotadora ubicada en la provincia de Santa Fe (Argentina). Este residuo está constituido por restos de fibra de algodón que no se logra separar en el proceso industrial, carpelos, ramas de diversos tamaños, hojas y polvo que se incorpora durante el acopio (Figura 2).

Estos residuos fueron triturados en un molino de martillos (LOYTO N°2), provisto de una zaranda de 16 mm, 8 martillos flotantes de acero y eje montado sobre bolilleros.

Luego del proceso de molienda, el residuo se secó en estufa a  $105 \pm 2$  °C para reducir su contenido de humedad natural de aproximadamente 16 % hasta un 3 %.

Posteriormente se realizó el mezclado manual del residuo de desmote con la resina urea formaldehído (Coladur 65 %) provista por Jucarbe S.A. (Argentina), con contenido de sólidos mínimo de 65 %. Se adicionó agua a la resina hasta alcanzar un contenido de sólido de 55 % y se empleó como catalizador un 5 % de solución saturada sulfato de amonio.

La proporción de resina utilizada para los aglomerados, en proporción al peso de residuo de desmote varió de 8.3 % a 19.3 % (relación sólido-sólido).

Se evaluó la utilización de tejido de yute bidireccional de densidad superficial  $252 \text{ g/m}^2$ , como refuerzo. El mismo fue impregnado con la misma proporción de resina que el residuo de desmote (Desirello et al, 2004).

Para los aglomerados obtenidos, las propiedades evaluadas fueron densidad en estabilización de masa (IRAM 9705), la resistencia a flexión (IRAM 9706), y conductividad térmica a partir del método de Less y Chorlton.

A partir de estos resultados, se realizaron cálculos de transmitancia térmica de acuerdo a la norma IRAM 11601 para diferentes estructuras de cubiertas livianas, a fin de comparar la capacidad de aislamiento térmico para condición de invierno (en la cual el flujo de calor es ascendente), y para condición de verano (en la cual el flujo de calor es descendente). Los resultados obtenidos se compararon con respecto a los valores límite de transmitancia térmica establecidos para cada zona bioambiental en la norma IRAM 11603.

### Elección de los paquetes constructivos

Se llevó a cabo una tarea de relevamiento de datos para identificar las tipologías constructivas más arraigadas en la región, a fin de poder utilizarlas como parámetro para la comparación. Luego se diseñaron y modelaron los distintos paquetes constructivos y se realizaron los cálculos pertinentes (Figura 3).

Las estructuras de cubierta consideradas en el análisis son:

- Cubierta de chapa sin cielorraso (Tipo A).
- Cubierta de chapa con cielorraso sujeto a la tirantearía: madera y aislación TBA10 (Tipo B), madera y aislación lana de vidrio 25 mm (Tipo C), madera y aislación lana de vidrio 50 mm (Tipo D), madera y aislación poliuretano 25 mm (Tipo E), madera y aislación EPS 10 mm (Tipo F), placa de cascarilla 15 mm (Tipo G), placa

de cascarilla 18 mm (Tipo H), placa de cascarilla 25 mm (Tipo I).

· Cubierta de chapa con cielorraso suspendido desmontable sobre estructura metálica: placa de yeso 15 mm (Tipo J), placa Horpac® 20 mm (Tipo K), placa de cascarilla 15 mm (Tipo L), placa de cascarilla 18 mm (Tipo M), placa de cascarilla 25 mm (Tipo N).

### Diseño de un sistema constructivo empleando placas de cascarilla para cielorraso

Se optó por establecer un tamaño único de placas para poder unificar las dimensiones de los moldes utilizados para la producción. De esta forma se adoptaron elementos cuadrados de 61 cm de lado y espesores variables, permitiendo que se pueda emplear la misma estructura metálica que se utiliza para las placas de cielorrasos desmontables disponibles hoy comercialmente.

Los espesores de placas adoptados están basados en los espesores comerciales de aglomerados de madera, optando por los valores de 15 mm, 18 mm y 25 mm ya que se estima que entre estos valores se obtendrá una mayor contribución del material como aislante térmico en el paquete. También se toma como límite la placa de 25 mm ya que por la densidad que presentan, espesores superiores representarían mayores pesos constituyendo un riesgo para su manipuleo e instalación. En cuanto a la aplicación de este tipo de cielorrasos a obras existentes, se puede utilizar el sistema desmontable, o bien, si se desea fijar las placas directamente sobre las correas existentes deberá verificarse que estas se encuentren equiespaciadas 61 cm entre sí; caso contrario, se dispondrán listones clavadores de madera en forma perpendicular a las correas, que posean el espaciamiento antes mencionado, y sobre éstos se fijarán las placas de cascarilla.

### Discusion de resultados

De acuerdo al diseño de experimentos propuesto, se moldearon paneles de cascarilla de algodón aglomerada con resina urea-formaldehído, utilizando porcentajes variables entre 8.3 % a 19.3 %, y presiones de moldeo de 3 y 4,75 MPa.

Los valores de densidad obtenidos colocan a los aglomerados sin refuerzo en la clasificación de baja densidad (LD) según la norma ANSI A208.1 (ANSI, 1999), que establece un límite superior de 640 kg/m<sup>3</sup>. Paralelamente, la incorporación del refuerzo de yute bidireccional incrementa los valores de densidad, alcanzando los aglomerados con mayor porcentaje de resina la clasificación de media densidad (M) según ANSI A208.1 (640 a 800 kg/m<sup>3</sup>) (ANSI, 1999).

Los resultados de resistencia a flexión (MOR) de los aglomerados producidos indican que el aumento en el contenido de resina permite incrementar los valores de resistencia a flexión, tanto en los casos de aglomerados simples como en aquellos en los que se incorporan refuerzos. La norma ANSI A208.1 (ANSI, 1999) establece un valor mínimo de resistencia a flexión de 3 N/mm<sup>2</sup> para los paneles LD-1 y de 5 N/mm<sup>2</sup> para los clasificados como LD-2. En el caso de los paneles de media densidad (M) el valor exigido de resistencia a flexión corresponde a 11 N/mm<sup>2</sup>. De acuerdo a esta norma, los paneles clasificados como correspondientes a baja densidad (LD-1 y LD-2) se reservan para su aplicación en interiores de puertas, mientras que los clasificados como de densidad media (M) pueden emplearse en aplicaciones comerciales, industriales y de construcción.

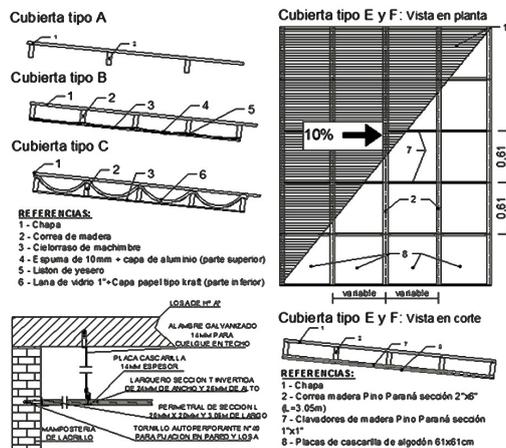


Fig. 3. Detalles de algunos de los paquetes constructivos propuestos.

Se puede observar que, en el caso de los aglomerados sin refuerzo, sólo es posible alcanzar el valor mínimo de resistencia a flexión para contenidos de resina de 19,3 %. Los aglomerados que incorporan refuerzo permiten alcanzar el mínimo de 3 N/mm<sup>2</sup> y de 5 N/mm<sup>2</sup>, para contenidos de resina a partir de 11,9 % y de 15.1 %, respectivamente.

Se puede afirmar que a medida que aumenta el contenido de resina, aumenta la diferencia de resistencia entre los tableros con y sin yute, lo cual puede explicarse dado que la adherencia entre el yute y el residuo de desmote de algodón también aumentan. Al colocar el yute, si bien la densidad no cambia significativamente, aumenta la resistencia del aglomerado, ya que el yute actúa como refuerzo mecánico, pudiéndose obtener un aumento en la resistencia que ronda los 3 MPa para 19.3 % de resina, lo cual permitió alcanzar valores establecidos por la norma ANSI A208.1 (ANSI, 1999). Este efecto resulta poco significativo para los menores contenidos de resina, ya que se aprecia que este refuerzo tiende a despegarse del aglomerado al acercarse la falla. Contrariamente, para mayores contenidos de resina el yute se mantiene adherido y se observa la rotura de sus fibras, mostrando una efectiva colaboración en la mejora del comportamiento mecánico.

La densidad de los aglomerados varía entre 0.53 g/cm<sup>3</sup> a 0.63 g/cm<sup>3</sup> para aquellos que no incorporan refuerzo (N) y entre 0.60 g/cm<sup>3</sup> a 0.67 g/cm<sup>3</sup> para los N+Y. En virtud de ello, estas placas presentan pesos compatibles con el levantamiento de cargas con ambas manos según la Resolución 295/03 de Higiene y Seguridad en el trabajo del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

Para el cálculo de las distintas transmitancias térmicas se plantean dos tipos de cielorraso, por un lado, uno compuesto de placas cuadradas de 61 cm de lado fijadas mediante tornillos directamente a la tirantearía del techo, ya sean metálicos o de madera. Y por otro lado las mismas placas pero colgantes bajo la estructura de techo existente, en este caso se fija mediante tornillos a marcos de perfiles metálicos, logrando una cámara de aire entre la chapa y el cielorraso propiamente dicho.

En ensayos de conductividad térmica se obtuvieron valores variables entre 0,08 W/m.K a 0,11 W/m.K en función de las variaciones de presión y resina utilizadas y, para el cálculo de transmitancia térmica se empleó el valor más elevado a fin de considerar la situación más conservadora.

Para evaluar las prestaciones de estas placas empleadas como cielorrasos, se realizaron comparaciones con cubiertas que no cuentan con aislación térmica y con otras que incorporan aislantes tradicionales según los datos recopilados en la región algodonera. Para ello se efectuaron los cálculos de transmitancia térmica de acuerdo a los lineamientos de la norma IRAM 11601, que están establecidos por los entes de control como indispensables para verificar las condiciones necesarias que tiene que cumplir una vivienda para alcanzar el acondicionamiento higrotérmico apropiado. La norma IRAM 11605 fija tres condiciones de confort "A – Recomendado", "B – Medio" y "C – Mínimo", para las cuales corresponden transmitancias térmicas máximas admisibles para cada zona bioambiental según las condiciones de flujo del calor a través de la cubierta (Tabla 2). De acuerdo a la norma IRAM 11603 la región algodonera se encuentra alcanzada principalmente por las zonas bioambientales "Ia" y "Ib", definidas como muy cálidas, con temperaturas máximas superiores a 34°C en la época caliente y valores medios superiores a 26°C. Por otro lado, el período invernal es poco significativo, con temperaturas medias durante el mes más frío superiores a los 12°C.

Luego de comparar los distintos paquetes tradicionales propuestos con aquellos similares que emplean placas de cielorraso de cascarilla de algodón (Tabla 2), y con los valores establecidos por los entes de control como mínimos necesarios para alcanzar el acondicionamiento térmico apropiado de una vivienda, se puede observar que todos estos superan la transmitancia máxima admisible, incumpliendo con los parámetros recomendados.

Dado que la situación A (descrita en METODOLOGÍA – Definición de los paquetes constructivos) es una de las que más se repite en la zona algodonera (INDEC) y siendo también la más desfavorable, se calculó el porcentaje en que se puede mejorar el aislamiento higrotérmico mediante la implementación de los distintos paquetes constructivos considerados, siendo notable la mejoría frente a la situación original, con la implementación de los paquetes constructivos propuestos.

Para el cálculo de los paquetes J, K, L, M y N (estructuras suspendidas), resumidos en la Tabla 2, se consideró un cerramiento lateral de mampostería de 15 cm de espesor, que incide negativamente en los valores de transmitancia obtenidos, pero que a nuestro criterio es más representativo de la realidad.

Se debe tomar en cuenta que el Nivel C establecido en la norma IRAM 11605, es una referencia mínima que no asegura la sensación de confort de las personas que habitan las construcciones y que, por consiguiente, tampoco permiten reducir los consumos energéticos derivados del acondicionamiento de los ambientes. En este sentido, si bien la incorporación de las placas propuestas implica una mejora en las condiciones de las viviendas, se considera necesario que será necesario realizar intervenciones que involucren no solamente a los cerramientos horizontales sino a la totalidad de las envolventes.

		Condición de verano		Condición de invierno	
		Transmitancia (W/(m <sup>2</sup> K))	Mejora respecto a paquete A	Transmitancia (W/(m <sup>2</sup> K))	Mejora respecto a paquete A
	K máximo admisible (W/(m <sup>2</sup> K))	C - 0,72		C - 1,00	
		B - 0,45		B - 0,83	
		A - 0,18		A - 0,32	
Tipo	Estructura				
A	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera sin cielorraso	4,762	0%	7,142	0%
B	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de madera y aislación TBA10	2,003	58%	2,330	67%
C	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de madera y aislación lana de vidrio 25 mm	1,165	76%	1,268	82%
D	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de madera y aislación lana de vidrio 50 mm	0,695	85%	0,730	90%
E	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de madera y aislación poliuretano 25 mm	0,758	84%	0,801	89%
F	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de madera y aislación EPS 10 mm	1,050	78%	1,133	84%
G	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de cascarilla 15 mm	1,698	64%	2,227	69%
H	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de cascarilla 18 mm	1,607	66%	2,073	71%
I	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso de cascarilla 25 mm	1,428	70%	1,785	75%
J	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso desmontable placa yeso	2,465	48%	3,443	52%
K	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso desmontable placa Horpac	1,069	78%	1,225	83%
L	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso desmontable placa cascarilla 15 mm	1,821	62%	2,325	67%
M	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso desmontable placa cascarilla 18 mm	1,717	64%	2,158	70%
N	Cubierta de chapa sobre tirantería metálica o de madera con cielorraso desmontable placa cascarilla 25 mm	1,514	68%	1,848	74%

Tabla 2. Transmitancia térmica calculada para cada paquete estructural propuesto

## Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se puede concluir que:

- Es posible producir aglomerados a partir de los residuos del desmote y resina urea-formaldehído con propiedades cercanas a tableros comerciales de baja densidad, cumpliendo con los requisitos mínimos exigidos por las normas.
- Las características de los paneles obtenidos permiten obtener placas de cielorraso competitivas en el mercado con placas comerciales de similares aplicaciones.
- Es posible ofrecer mejores condiciones higrotérmicas con la aplicación de placas producidas a partir de cascarilla de algodón y resina UF a cielorrasos frente a la falta de confort generada por el uso de envolventes y cubiertas desprovistas de aislación térmica.

## Agradecimientos

La concreción de este trabajo fue posible gracias al aporte de la desmotadora de algodón ACRIBA S.A. de Villa Minetti (Santa Fe – Argentina), al financiamiento de la Secretaría de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) de la Provincia de Santa Fe y de la Universidad Tecnológica Nacional y a la colaboración del instituto de tecnología celulósica (ITC) de la facultad de ingeniería química (FIQ – UNL).

## Bibliografía

- Barbirato, G.; Fiorelli, J.; Barrero, N.G.; Agnolon Pallone, E.M.; Rocco Lahr, F.A.; Cristoforo, A. L.; Savastano Junior, H. Painel Aglomerado Híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira Itaúba, *Ciência Florestal*, vol. 24, núm. 3, julio-septiembre, 2014, pp. 685-697
- Ciannamea, E.; Stefani, P.; Ruseckaite, R. Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesives. *Bioresource Technology* 101 (2010) 818–825.
- Cravzov, A.; Chomiczak, S.; Dalla Fontana, L.; Marinich, J. Evaluación del uso de plaguicidas en cultivos de algodón. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, Universidad Nacional del Nordeste, 2000.
- Delssin, E. Tendencias algodonerías en Argentina. INTA Centro Reg. Chaco Formosa (2012).
- Desirello, C., Cerini, S., Charadia, R., Scaffi, R., Liberman, C., Stefani, P. M. Efecto de las condiciones de procesamiento sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz. CONGRESO SAM/ CONAMET 2004. UNL. Santa Fe, Santa Fe (Argentina), 2004.
- Doroteja Vnučec, Andreja Kutnar & Andreja Goršek (2017) Soy-based adhesives for wood-bonding – a review, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 31:8, 910-931
- Fiorelli, J.; Donizetti Curtolo, D.; Barrero, N.G.; Savastano Jr., H; Agnolon Pallone, E.M.; Johnson, R. Particle composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product, *Industrial Crops and Products* 40 (2012) 69– 75.
- Gatani, M.P.; Fiorelli, J.; Medina, J.C.; Arguello, R.; Ruiz, A.; Nascimento, M.F.; Savastano, JR. H.; Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim, *Revista Matéria*, v.18, n.2, pp. 1286-1293, 2013.
- INDEC “Cuadros V3, H1-D y H1-P, correspondientes al total del país, y provincias de Santa Fe, Chaco y Formosa. Viviendas particulares por material predominante de los pisos, según material predominante de la cubierta exterior del techo y presencia de cielorraso. Año 2010”. Web: [https://www.indec.gov.ar/censos\\_total\\_pais.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=41&id\\_tema\\_3=135&t=0&s=0&c=2010](https://www.indec.gov.ar/censos_total_pais.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&t=0&s=0&c=2010)
- José, F.J.; Beraldo, A.L. Tableros de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad) y resina poliuretana a base de aceite de ricino (*Ricinus communis* L.), *Ambiente Construido*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 259-266, out./dez. 2010.
- Mendez, L.I.; Sotelo, R.M. Reciclo del Marlo de Maíz. Tableros de Partículas, ISBN 950-42-0056-7, Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA - Universidad Tecnológica Nacional, 2006. (11 y 12 de abril, San Rafael, Mendoza).
- Ministerio de Agroindustria. Web: <https://www.agroindustria.gov.ar/datosagroindustriales>
- Monteiro de Barros Filho, R.; Marin Mendes, L.; Monteiro Novack, K.; Oliveira Aprelini; L.; Botaro, V.R. Hybrid chipboard panels based on sugarcane bagasse, urea formaldehyde and melamine formaldehyde resin, *Industrial Crops and Products* 33 (2011) 369–373.
- Panyakaew, S.; Fotios, S. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse, *Energy and Buildings* 43 (2011) 1732–1739.
- Pirayesh, H.; Khanjanzadeh, H; Salari, A. Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard, *Composites: Part B* 45 (2013) 858–863.
- Pirayesh, H.; Khazaeian, A.; Tabarsa, T. The potential for using walnut (*Juglans regia* L.) shell as a raw material for wood-based particleboard manufacturing, *Composites: Part B* 43 (2012) 3276–3280.
- Pirayesh, H.; Khazaeian, A. Using almond (*Prunus amygdalus* L.) shell as a bio-waste resource in wood-based composite, *Composites: Part B* 43 (2012) 1475–1479.
- Salem, M.Z.M.; Bohm, M.; Barcik, S.; Berankova, J. Formaldehyde Emission from Wood-Based Panels Bonded with Different Formaldehyde-Based Resins, *DRVNA INDUSTRIJA* (2011), 62 (3), 177-183.
- Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. “Emisiones de dioxinas y furanos por quema incontrolada de biomasa” (2005). Web: <http://www.chem.unep.ch/POPs/pdf/cpf/Informe%20Biomasa.pdf>
- The Business Research Company. Polyurethane Global Market Report 2022 – By Product Type (Coatings, Adhesives And Sealants, Flexible And Rigid Foams, Elastomers, Other Product Types), By Raw Material (MDI, TDI, Polyols), By End-User Industry (Furniture, Construction, Electronics & Appliances, Automotive, Footwear, Other End-Use Industries) – Market Size, Trends, And Global Forecast 2022-2026. Web: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/polyurethane-global-market-report>

- Varanda, L.; Nascimento, M.F.; Christoforo, A., Lopes Silva, D. A.; Rocco Lahr, F.A. Oat Hulls as Addition to High Density Panels Production, *Materials Research*. 2013; 16(6): 1355-1361
- Wilczak, L.; Trianoski, R.; Claro Neto, S.; Rodrigues Pereira de Paula, C.; Lupinacci Villanova, R.; Azevedo, E. Efficiency of castor oil-based polyurethane in the production of plywood panels, *Sci. For., Piracicaba* (2019) 47(123), 463-471.