
**TABLEROS EN BASE A RESIDUOS DE CEBADA DE LA INDUSTRIA
AGROALIMENTARIA Y ADHESIVOS NATURALES: EXPERIENCIA DE
UNA CALIDAD PERCIBIDA**

Jimena Alarcón Castro, Xiomara Parra Santana y Cynthia Droguett Castillo

RESUMEN

Esta investigación se centra en el estudio de residuos industriales sólidos provenientes del sector agroindustrial, generados a partir del procesamiento de la cebada, una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las poáceas. Se analizaron las posibilidades para constituir dichos residuos en la principal materia prima de un biomaterial aplicable en el ámbito del hábitat sustentable, ya que sus propiedades impermeables y fácil adaptabilidad permitirían construir tableros con similares prestaciones físico mecánicas que las de aquellas de pino, de amplia fabricación en Chile. Un segundo aspecto fue la experimentación en el laboratorio con un ligante de tipo natural con el fin de crear un material totalmente biode-

gradable y contribuir a la disminución del impacto negativo en el ambiente. Se diseñó y fabricó un tablero para revestimiento de espacios interiores, entregando un acabado superficial que deja el material al desnudo. Como insumo para el proceso de ideación que atiende asuntos de confort psicológico de los futuros usuarios, se incorporan métodos de la ingeniería kansei para la definición de las características superficiales del tablero, concibiendo una apariencia sinuosa que evoca sensaciones de comodidad, distracción, tranquilidad y carácter acogedor. Se logra complementar funcionalidad y estética en una propuesta con factibilidad productiva y adaptable al ámbito de la construcción sustentable.

Introducción

A partir de la concientización sobre el gran impacto ambiental provocado por el ser humano como consecuencia de la Revolución Industrial, la tendencia impulsa a alcanzar un consumo respon-

sable de los recursos, cambiando el paradigma hacia una conducta más consecuente con los términos 'evitar', 'disminuir' y 'reutilizar'. El enorme derroche energético, las demandas de los mercados y los modelos de vida llevan a una reflexión y plantea-

miento de metas asociadas a la disminución del impacto ambiental, obligando a la industria a generar más productos con menos materia prima y energía, lo que solo se puede conseguir en la medida que se aprovechen eficazmente los recursos naturales exis-

tentes, prolongando su vida útil, considerando aspectos de reutilización y uso de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Existen diferentes iniciativas que promueven un comportamiento social más consciente como, por ejemplo, el

PALABRAS CLAVE / Cebada / Residuos Industriales Sólidos / Resina de Ricino / Tableros /

Recibido: 19/08/2016. Modificado: 03/05/2017. Aceptado: 04/05/2017.

Jimena Alarcón Castro. Diseñadora Industrial, Universidad de Valparaíso, Chile. Magister en Construcción en Madera, Universidad del Bío-Bío (Ubiobío), Chile. Doctora en Gestión del Diseño, Univer-

sidad Politécnica de Valencia, España. Profesora, Ubiobío, Chile. Dirección: Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño, Facultad de Arquitectura, construcción y Diseño, UBioBio. Avenida

Collao 1202, Concepción, Chile. e-mail: jimenaal@ubiobio.cl

Xiomara Parra Santana. Diseñadora Industrial, Ubiobío, Chile. Colaboradora, Ubiobío, Chile.

Cynthia Droguett Castillo. Química Analista, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile. Analista, Laboratorio Químico Coronel y Georgia Pacific Limitada. Colaboradora, Ubiobío, Chile.

BOARDS BASED ON BARLEY RESIDUES FROM THE FOOD INDUSTRY AND NATURAL RESIN: A PERCEIVED QUALITY EXPERIENCE

Jimena Alarcón Castro, Xiomara Parra Santana and Cynthia Droguett Castillo

SUMMARY

This research focuses on the study of industrial solid residues from the agro-industry, generated from the processing of barley, a monocotyledonous plant that belongs to the Poacea family. The possibility to become the main raw material of a biomaterial applicable to sustainable habitat is analyzed, since its fire-proof and easy adaptability properties would allow to produce boards with mechano-physical benefits similar to those of pine, widely manufactured in Chile. A second aspect was the laboratory experimentation with a natural resin obtained from castor oil, in order to create a fully biodegradable material and con-

tribute to reduce negative environmental impact. The boards were designed and manufactured to be used as coatings for interior spaces, with a finished surface of bare material. As the input for the ideation process considering the psychological comfort matters for future users, methods of affective engineering were incorporated in the definition of surface formal board features, designing sinuous surfaces that evoke feelings of comfort, distraction, tranquility and cozyness. Functionality and aesthetics were complemented in a proposal with productive feasibility and adaptable to the field of sustainable construction.

PAINÉIS A PARTIR DE RESÍDUOS DE CEVADA DA INDÚSTRIA AGROALIMENTAR E ADESIVOS NATURAIS: EXPERIÊNCIA DE UMA QUALIDADE PERCEBIDA

Jimena Alarcón Castro, Xiomara Parra Santana e Cynthia Droguett Castillo

RESUMO

Esta investigação está centrada no estudo de resíduos industriais sólidos provenientes do setor da agroindústria, gerados a partir do processamento da cevada, uma planta monocotiledónea pertencente à família das poaceae. Analisaram-se as possibilidades para constituir estes resíduos na principal matéria prima de um biomaterial aplicável no âmbito do habitat sustentável, já que suas propriedades impermeáveis e fácil adaptabilidade permitiriam construir painéis com similares comportamentos físico mecânicos que aqueles do pinho, de ampla fabricação no Chile. Um segundo aspecto foi a experimentação no laboratório com um aglutinante de tipo natural com o fim de criar um material totalmente biodegradável e

contribuir para minimizar o impacto negativo no ambiente. Foi desenhado e fabricado um painel para revestimento de espaços interiores, entregando um acabamento superficial que deixa o material à vista. Como insumo para o processo de ideação que atende assuntos de conforto psicológico dos futuros usuários, se incorporam métodos da engenharia kansei para a definição das características superficiais do painel, concebendo uma aparência sinuosa que evoca sensações de comodidade, distração, tranquilidade e caráter acolhedor. Conseguiu-se complementar funcionalidade e estética em uma proposta com factibilidade produtiva e adaptável ao âmbito da construção sustentável.

Protocolo de Kioto (Naciones Unidas, 1998), que busca generar un estamento jurídico internacional entre países desarrollados destinado a luchar contra el cambio climático y promover el desarrollo sostenible. En esta medida, dirigir la mirada hacia el diseño de biomateriales genera aportaciones desde la base de la concepción de un producto, ya que es el material el que define la naturaleza del artefacto (Manzini, 1993). El uso de biomateriales encuentra su fundamento principalmente en el aprovechamiento de la materia orgánica, o en el mejor de los casos, de los residuos de una materia prima proveniente de algún proceso productivo. “Los montones de basura apilados en los vertederos son un creciente objeto de preocupación, pero la cantidad de estos residuos –el espacio que ocupan– no es el

mayor problema derivado del diseño de la cuna a la tumba, son más preocupantes los nutrientes –alimentos valiosos, tanto para la industria como para la naturaleza– que resultan contaminados, se desperdician o se pierden” (McDonough y Braungart, 2005). Cabe señalar que cuanto más crece y se desarrolla una sociedad, más residuos y contaminación genera, por lo que un intento global por crear alternativas útiles para la disposición de estos residuos es relevante para promover el bienestar del planeta. “Este mercado de strawboard (tabletes hechos con rastrojos agrícolas) es presentado en términos internacionales con beneficios ambientales enormes, señalando que esos subproductos agrícolas son generados en cantidades casi ilimitadas y la mayoría son simplemente desperdiciados” (Garay *et al.*, 2008).

El aprovechamiento de estos residuos y su aplicación como material de revestimiento y de aislación térmica permite disminuir el impacto ambiental que éstos originan, ya que en su mayoría son quemados produciendo emisión de CO₂ y contaminación ambiental, mientras que por otra parte posibilitan la sustitución de los materiales derivados del petróleo utilizados para el aislamiento térmico, los cuales repercuten negativamente en el equilibrio ecológico. Como complemento a lo anterior, la presente investigación valora a la ingeniería kansei como una metodología capaz de potenciar la etapa de ideación del proceso de diseño (Prodintec, 2006), llevando el desarrollo del producto a niveles resolutivos que van desde sus prestaciones funcionales hasta un aspecto visual concebido a partir de las emociones de los posibles usuarios.

Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico se centró en el diseño de un tablero para la categoría *Compressed Agricultural Fiber (CAF) Board* y la utilización del desecho agroindustrial de cebada en formato de rastrojo. En un sentido estratégico, Di Giampaolo *et al.* (1992) se refieren a la conveniencia de generar materiales que involucren en sus procesos el uso de energías renovables, con costos reducidos, originados de entornos naturales y la integración de aspectos propios de la producción limpia. Por su parte, Leonard (2010) asegura que la verdadera etapa inicial de toda producción, antes de que se dé inicio a la producción física, es el diseño, ya que determina puntos fundamentales, tales como: materialidad, adhesivos, color, acabado, formato y posi-

bilidades de reciclaje una vez finalizada la vida útil del producto.

La presente investigación correspondió a un estudio de tipo exploratorio para la definición de un tablero, basado en la experimentación con tres tipos de adhesivos: harina de lupino, almidón de papa y resina de ricino, además del teo de las probetas resultantes. Según Desirello *et al.* (2004), tanto para tableros de madera como para aquellos conformados por otras fibras naturales, la densidad y resistencia depende de la cantidad y tipo de resina que se utilice, junto a la presión y temperatura que se aplique en su elaboración. El carácter reciclable constituye el soporte del planteamiento desarrollado llevado al diseño de un material en formato de tablero, donde además de la definición del sustrato se aborda el diseño de la superficie acorde a una sensación deseada por los futuros usuarios. Para esta etapa se aplicaron metodologías provenientes del ámbito de la ingeniería kansei, entendida como la disciplina responsable de establecer las relaciones entre las emociones que los productos

generan en los individuos y cómo estas influyen en el proceso de diseño (Nagamachi, 1995).

Material y Método

Los métodos utilizados en esta investigación involucran cinco etapas:

1. *Estado del arte*: para contextualizar el escenario global, se realizó un levantamiento de información referido a las tipologías de tableros existentes en el mercado para uso como paramentos verticales no estructurales en edificaciones en Chile.

2. *Definición de materias primas para la experimentación*: consideró los residuos de la industria de la cerveza, correspondientes al rastrojo que se genera en la extracción del grano de la cebada (*Hordeum vulgare* L.). La estructura de la fibra de la cebada es similar a la morfología de la madera, ya que existen diversos canales que recorren a lo largo del tallo y hojas de la planta, cuya estructura ahuecada hace que la densidad de estos materiales sea baja y al mismo tiempo la conductividad térmica sea mí-

nima (Guerrero *et al.*, 2009). Se trata de estructuras complejas, filamentosas, ligno-celulósicas de origen vegetal. Los adhesivos naturales sometidos a prueba son: harina de lupino (*Lupinus albus* L.), obtenida a partir de la síntesis de una legumbre de ese nombre, logrando obtener una harina de color amarillento; almidón de papa (*Solanum tuberosum*), que es una harina de color blanco que se obtiene a partir de la papa; y resina de ricino (*Ricinus communis*), un poliuretano compuesto natural proveniente del árbol de ricino.

3. *Experimentación de laboratorio*: en el Laboratorio de Biomateriales de la Universidad del Bío Bío se experimentó con variables de temperatura, prensado, tiempo, dosificación y tipos de adhesivos, de acuerdo a los siguientes pasos (Figura 1):

a) Secado: se dispuso en bandejas el rastrojo de cebada en sus composiciones fino y grueso, para colocarlas en una estufa de secado industrial marca Binder a 103°C. Después de 6h con circuito de aire forzado se bajó el porcentaje de humedad de un contenido de 11,57% a

un óptimo de 1,6% en base seca.

b) Dosificación del adhesivo: se pesó el adhesivo en una balanza digital marca Sartorius con precisión de 0,01g. Para los tres casos de adhesivos ensayados las proporciones fueron las mismas, según las fórmulas siguientes:

$$d = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times e} \times 10^6$$

donde d: densidad (kg·m⁻³), m: masa (g), b₁ y b₂: medidas ortogonales de los lados (mm), y e: espesor (mm).

Para el tablero de rastrojo de cebada y adhesivo natural:

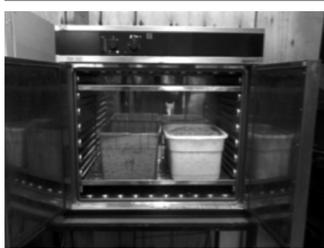
$$D_t = \frac{1,04K}{(0,40m \times 0,40 \times 0,010m)} \text{ y}$$

$$D_t = \text{kg} \times \text{m}^3$$

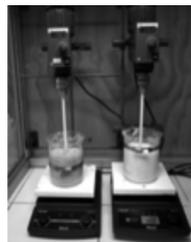
c) Encolado: se dispuso el material seco y pesado según las proporciones de cada mezcla y se procedió a encolar en un contenedor de giro mecánico automático y rotatorio a 120rpm, hasta lograr una mezcla homogénea. Se introdujo el rastrojo de cebada y con un sistema spray se aplicó el adhesivo mientras giraba el contenedor. Finalmente, luego de ensayos preliminares en el laboratorio, se determinó que las dosificaciones de adhesivos variaron según la tipología. Para harina de lupino fue de 400ml·kg, para almidón de papa fue 370 ml·kg y para resina de ricino de 144ml·kg.

d) Pre-prensado: la mezcla encolada se depositó en una caja formadora de madera tipo bastidor de 500×500mm, puesta sobre la matriz de acero de carbono que contiene la textura que se percibirá en una de las caras del tablero. La matriz fue protegida con una lámina de papel aluminio para evitar que el material se adhiriera a ella. Las fibras fueron distribuidas manual y uniformemente. A partir de este pre-prensado se obtuvo un colchón de rastrojo de cebada encolado listo para ser sometido a calor y presión.

e) Prensado: el prensado se realizó en prensa hidráulica



1. Cámara de secado de paja de cebada.



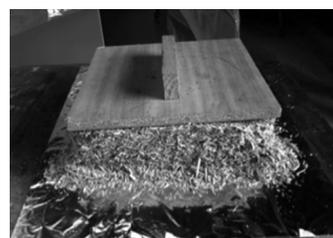
2. Procedimiento de pesado del adhesivo. Izquierda: adhesivo en base a harina de lupino. Derecha: almidón de papa.



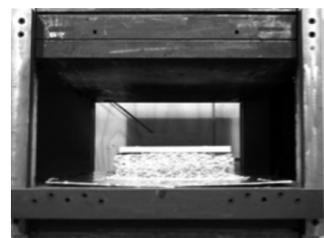
3. Proceso de encolado de la paja de cebada con uno de los adhesivos.



4. Proceso de encolado del rastrojo de cebada con uno de los adhesivos.



5. Colchón de rastrojo de cebada encolado.



6. Colchón en prensa de platos calientes.

Figura 1. Proceso de elaboración de probetas.

Dumont, equipada con calentamiento automatizado, programada a 130°C. La presión que se aplicó fue de 40 Bar y el ciclo de prensado de 1800s (Tabla I).

f) Desmoldado: terminado el ciclo de prensado, los tableros fueron enfriados a temperatura ambiente interior de 22°C y, posteriormente, se confeccionaron las probetas, formateando los bordes para realizar ensayos en máquina universal marca Instron, modelo 4468. Las probetas fueron acondicionadas en cámara climatizada a 20°C y humedad relativa de 65%, hasta que alcanzaron peso constante. Posteriormente fueron destinadas a la realización de los ensayos de propiedades.

4. *Testeo de propiedades en el laboratorio*: se establecieron parámetros de acuerdo a los estándares de regulación de la Unión Europea (TRES, 1993) para ensayos de hinchamiento, absorción y adhesión interna).

a) Ensayo de hinchamiento en espesor [He] - EN 317: se realizó por inmersión de las probetas dimensiones 50 ±1mm de arista en agua destilada por 24h. Se midió el espesor de las probetas con micrómetro marca Mitutoyo en la intersección de las diagonales, antes y después de su inmersión en agua. El hinchamiento se calculó empleando la ecuación:

$$He = \frac{e_2 - e_1}{e_1} \times 100$$

donde He: hinchamiento (%), e_1 : espesor inicial (mm) y e_2 : espesor final (mm). El requerimiento de la Norma EN 317_1 es <25%.

b) Ensayo de absorción [A] - EN 317: las probetas con dimensiones de 50 ±1mm de arista, se sumergieron en agua por 24h. Se midió la masa de las probetas en balanza de precisión marca Radwall, antes y después de la inmersión en agua. La absorción se calculó empleando la ecuación.

$$A_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

donde A: absorción (%), m_1 : masa inicial (g) y m_2 : masa final (g). El requerimiento de la Norma EN 317_1 es <80%.

c) Ensayo de adhesión interna [AI] - EN 319: para probetas con dimensiones de 50 ±1mm de arista, se pusieron soportes metálicos en los dos lados de las probetas, que por tracción son sometidos a esfuerzo en direcciones opuestas, hasta su rotura. El resultado se expresa en Newton, siendo determinados con una máquina de ensayos mecánicos marca Instron. La siguiente ecuación se utilizó para calcular de la adhesión interna:

$$AI = \frac{F_{max}}{a \times b}$$

donde AI: adhesión interna (MPa), F_{max} : carga máxima (N), a: extensión da probeta (m) y b: largo de la probeta (m). El requerimiento de la Norma EN 317_1 es <0,35Mpa.

5. *Definición de calidad percibida del material, a partir del diseño de la superficie*: para establecer un acabado en la superficie del tablero, se decidió dar valor visual en base a relieves y conservar su apa-

riencia natural. La capacidad de percibir depende de los sentidos, ya que estos se activan ante un estímulo. Se denominan Atributos Intrínsecos a aquellos sentidos que son inherentes al ser humano: visual, auditivo, olfativo, tacto y gusto. Los tres primeros hacen que el ser humano se conecte con el entorno, ya que de manera instantánea reaccionan al ingresar a un espacio, que en este caso corresponde al estímulo generador de emociones. A los Atributos Extrínsecos corresponden aquellos factores asociados a las reacciones, pero que dependen de las experiencias previas del individuo, entre los que podemos encontrar: expectativas, valoraciones de creencias, información y experiencias. Todos ellos influyen en los juicios racionales y verbales expresados por un individuo (Figura 2).

a) Elección del entorno y aplicación de metodología kansei para definir la apariencia superficial: la elección del espacio donde se podría incorporar este material, queda definida por espacios de estar en hogares, ya que permite una libertad asociada a estilos de vivir diversos y personales, lejos de decisiones estratégicas corporativas. La ingeniería kansei, término japonés, que significa kan: sensación, sensibilidad,

sentir, emoción y sei: sensitivo, sentidos, impresión, apreciación (Nagamachi, 2011) es una metodología para impulsar el proceso de diseño mediante la incorporación de estudios de usuarios en la etapa de ideación de productos. El diferencial semántico, entendido como un método para medir cuantitativa y sistemáticamente la significación semántica inherente a un concepto (Osgood *et al.*, 1957), permite conocer las relaciones entre las experiencias emocionales expresadas por los usuarios y los parámetros de diseño que han conducido a esa emoción. Para este caso, los términos más representativos que componen el diferencial semántico son: comodidad, distracción, tranquilidad y carácter acogedor, ya que son aquellos de mayor frecuencia de aparición para el espacio sala de estar, según las respuestas de los entrevistados.

b) Definición de la calidad percibida: considerando las emociones previamente determinadas (Alarcón, 2015), se procedió a diseñar nueve superficies con expresiones sinuosas y bajo-relieves, fabricados con tecnología de Control Numérico por Computadora (CNC). Los diseños se realizaron de manera intuitiva, asociando emoción a expresión superficial. En una segunda etapa, se establecieron parámetros contrastando defini-

TABLA I
CARACTERÍSTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS

| Rastrojo de cebada más adhesivos naturales | |
|--|---|
| Dosificación de rastrojo de cebada (g) | 1000 |
| Tamaño partículas | Mezcal equitativa fina y gruesa |
| Dosificación adhesivos (ml) | Harina de lupino 400 Aceite de ricino 144 Almidón de papa 375 |
| Tiempo de prensado (sg) | 1800 |
| Presión (Bar) | 40 |
| Temperatura (°C) | 130 |

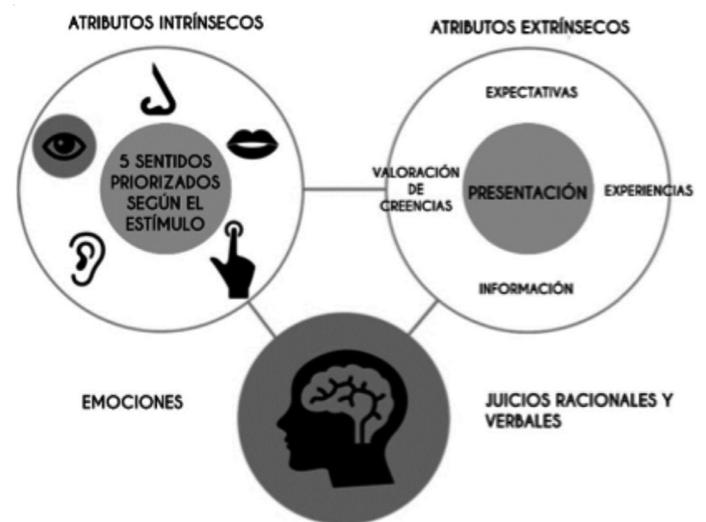


Figura 2. Atributos intrínsecos vs atributos extrínsecos.

ciones sinuosas desde el punto de vista de su suavidad lineal, profundidad del bajo-relieve y simetría.

Resultados y Discusión

Un primer resultado, proveniente del análisis del estado del arte, es una caracterización de materiales conformados por materias primas convencionales. Un caso es el de tableros de fibra de densidad media (rúbrica 63 de la clasificación ECE-FAO), cuyas emanaciones de formaldehído podrían resultar adversas a la salud de los humanos, lo que reafirma la necesidad de búsqueda relativa a nuevos adhesivos inocuos para los usuarios.

El requerimiento de la Norma EN 371_1 (TRES, 1993) para la propiedad hinchamiento señala como óptimo un por-

centaje <25%. Como resultado de los ensayos realizados, se obtuvo que las probetas con harina de lupino tuvieron 32,6% en promedio; las de almidón de papa un 36,91% en promedio y las de resina de ricino un 22,67% en promedio, siendo esta última la que mejor responde a la norma. Los resultados de hinchamiento se expresan en la Tabla II.

Con respecto a la absorción interna, la norma menciona que este debe ser <80%. Los resultados para las probetas en base a harina de lupino evidenciaron en promedio un 81,38%; para las elaboradas con adhesivo de almidón de papa un 87,74%; mientras que las elaboradas con resina de ricino presentaron solo un 75,66% promedio, constituyéndose en la que mejor respuesta tiene para este ensayo (Tabla III).

Para adhesión interna, el requerimiento de la norma sitúa lo óptimo en <0,35Mpas. Los resultados evidenciaron en promedio para las probetas en base a harina de lupino un 0,32; para las elaboradas con adhesivo de almidón de papa un 0,23; mientras que elaboradas con resina de ricino presenta un 0,35. Todas las probetas cumplieron con la norma, sin embargo, el comportamiento en orden jerárquico fue: aceite de ricino, harina de lupino y almidón de papa. (Tabla IV).

De acuerdo a los resultados obtenidos, las probetas elaboradas con adhesivo resina de ricino respondieron siempre positivamente a los requerimientos de la norma en cada uno de los aspectos estudiados, siendo este adhesivo el más compatible con el rastrojo de cebada. Luego de ensayos preliminares en el laboratorio, se determinó que las dosificaciones de adhesivos variaron

según la tipología; para harina de lupino fue de 400ml, para almidón de papa de 370ml y para resina de ricino de 144ml por kg de rastrojo.

Finalmente, los patrones definidos dicen relación con bajo-relieves de no más de 2mm de profundidad, sinuosidades con identificación de simetrías que hacen predecible la forma superficial y unas curvas que no se alejan más de 40mm de la línea de horizonte imaginaria (Figuras 3 y 4). Es así como la propuesta asociada a la calidad percibida deja ver un material al desnudo y con una expresión en tono arena oscuro que posee curvas suaves y bajo-relieves tenues, siempre dispuestos en lectura horizontal, perfectamente legibles y coherentes con la generación de emociones buscadas. Se generaron propuestas aplicativas espaciales para ejemplificar las posibles aplicaciones del material como revestimiento de mediana altura (Figura 4).

TABLA II
RESUMEN DE RESULTADOS A ENSAYO DE HINCHAMIENTO PARA UN TABLERO DE RASTROJO DE CEBADA, CON DIVERSOS TIPOS DE ADHESIVOS NATURALES

| N° probeta | Hinchamiento 24h (%) | | |
|------------|----------------------|-----------------|------------------|
| | Harina de lupino | Almidón de papa | Aceite de ricino |
| 1 | 32,4 | 32,8 | 22,5 |
| 2 | 30,6 | 39,6 | 20,4 |
| 3 | 31,2 | 37,4 | 21,6 |
| 4 | 33,7 | 35,9 | 23,7 |
| 5 | 34,3 | 34,9 | 24,2 |
| 6 | 32,3 | 37,5 | 22,3 |
| 7 | 33,8 | 35,8 | 23,8 |
| 8 | 33,4 | 36,3 | 23,9 |
| 9 | 33,6 | 36,3 | 23,6 |
| 10 | 30,7 | 36,7 | 20,7 |
| Promedio | 32,6 | 36,91 | 22,67 |

TABLA III
RESUMEN DE RESULTADOS A ENSAYO DE ABSORCIÓN PARA UN TABLERO DE RASTROJO DE CEBADA, CON DIVERSOS TIPOS DE ADHESIVOS NATURALES

| N° probeta | Absorción 24h (%) | | |
|------------|-------------------|-----------------|------------------|
| | Harina de lupino | Almidón de papa | Aceite de ricino |
| 1 | 81,5 | 86,5 | 68,8 |
| 2 | 82,2 | 86,7 | 76,9 |
| 3 | 81,9 | 86,9 | 75,9 |
| 4 | 80,5 | 87,3 | 80,2 |
| 5 | 81,6 | 87,6 | 72,5 |
| 6 | 82,9 | 88,2 | 77,3 |
| 7 | 80,3 | 88,3 | 78,3 |
| 8 | 81,2 | 88,2 | 69,5 |
| 9 | 80,8 | 88,8 | 79,4 |
| 10 | 80,9 | 88,9 | 77,8 |
| Promedio | 81,38 | 87,74 | 75,66 |

TABLA IV
RESUMEN DE RESULTADOS A ENSAYO DE ADHESIÓN INTERNA PARA UN TABLERO DE RASTROJO DE CEBADA, CON DIVERSOS TIPOS DE ADHESIVOS NATURALES

| N° probeta | Adhesión interna (Mpas) | | |
|------------|-------------------------|-----------------|------------------|
| | Harina de lupino | Almidón de papa | Aceite de ricino |
| 1 | 0,34 | 0,25 | 0,33 |
| 2 | 0,34 | 0,24 | 0,37 |
| 3 | 0,33 | 0,26 | 0,34 |
| 4 | 0,33 | 0,26 | 0,36 |
| 5 | 0,33 | 0,22 | 0,33 |
| 6 | 0,32 | 0,23 | 0,36 |
| 7 | 0,33 | 0,23 | 0,36 |
| 8 | 0,33 | 0,23 | 0,32 |
| 9 | 0,31 | 0,21 | 0,35 |
| 10 | 0,32 | 0,22 | 0,37 |
| Promedio | 0,32 | 0,23 | 0,35 |

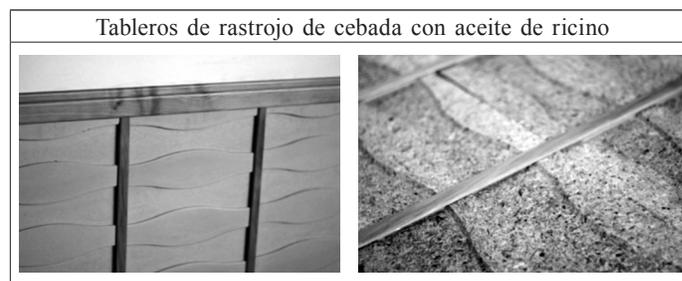


Figura 3. Material terminado dispuesto en formato de tableros de 400x400mm, vinculados mediante un sistema de enmarcado de madera que permite su adosamiento al muro.

Tableros de rastrojo de cebada con aceite de ricino, montados con expresión de muro a media altura en espacio sala de estar

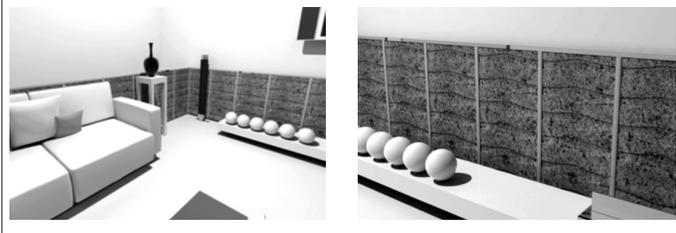


Figura 4. Material terminado dispuesto en formato de tableros de 400x400mm, vinculados mediante un sistema de enmarcado de madera que permite su adosamiento al muro.

Conclusiones

Una primera conclusión después de realizadas las experiencias en el laboratorio, es que el rastrojo de cebada puede ser empleado en la fabricación de tableros, ya que se trata de una fibra que funciona a nivel óptimo con resina de ricino como ligante para todos los ensayos efectuados. La composición básica de la agrofibra estudiada permite establecer que se puede usar en reemplazo o, eventualmente, junto a fibras de maderas en procesos industriales para elaboración de tableros.

El rastrojo de cebada más el adhesivo resina de ricino, constituyen una materia prima base con capacidad de adquirir una expresión superficial por prensado, ya que la consistencia de las fibras es resistente y posee un tamaño adaptable a curvaturas de radios amplios. El color del rastrojo de cebada se mantiene con este adhesivo,

permitiendo generar un tablero con apariencia natural interesante. Una mirada contemporánea de la concepción de espacios y productos, valora la potencialidad de la experiencia sensorial a través de la expresión de los materiales y del significado que tienen por sí mismos, es decir, de su capacidad de comunicar e instalar una calidad percibida en los usuarios. Tradicionalmente, la tarea principal del material ha sido estructurar un sistema más complejo; sin embargo, en la nueva situación, el material mismo puede presentar una complejidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Nacional Científica y Tecnológica (CONICYT) de Chile el apoyo a través del proyecto FONDECYT N° 11130394 y al Laboratorio de Nanotecnología de la Universidad del Bío-Bío.

REFERENCIAS

- Alarcón J (2015) Design of textures based on affective engineering for competitive differentiation in wood board industrial sector, *Proceeding 11 Th European Academy of Design Conference*, Paris. pp. 2.
- Desirello C, Cerini S, Liberman R, Scalfi, R, Charadía P, Stefani P (2004) Efecto de las condiciones de procesamiento sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz. *Actas Congreso SAM/CONAMET*. La Serena, Chile. pp. 75-80.
- Di Giampaolo A, Puerta M, Ruiz H, Lira Olivares J (1992) Thick aluminosilicate coatings on carbon steel. *J. Non-Cryst. Sol.* 147-148: 467-473.
- Garay R, Mac Donald F, Calderón B, Acevedo M (2008) Potencialidades de empleo de rastrojos agrícolas en la fabricación de tableros. *IV Congreso Chileno de Ciencias Forestales*. Talca, Chile. www.u-cursos.cl/forestal/2008/1/TM033/1/material_docente/previusualizar?id_material=478787
- Guerrero V, Pontón P, Tamayo A, Villacis H, Delgado F, Galeas S (2009) *Materiales Compuestos de Matriz Poliéster Reforzados con Fibras Naturales y Sintéticas*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <http://ciencia.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2013/05/MEC83.pdf>. 5 pp.
- Leonard A (2010) *La Historia de las Cosas: Dé Cómo Nuestra Obsesión por las Cosas Está Destruyendo el Planeta, Nuestras Comunidades y Nuestra Salud. Y una Visión del Cambio*. 1ª ed. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires, Argentina. 392 pp.
- Manzini E (1993) *La Materia de la Invención, Materiales y Proyectos*. CEAC. Barcelona, España. 254 pp.
- McDonough W, Braungart M (2005) *De la Cuna a la Cuna: Rediseñando la Forma en que Hacemos las Cosas*. McGraw-Hill, Madrid, España. 186 pp.
- Naciones Unidas (1998) *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. FCCC/INFORMAL/83* GE.05-61702 (S) 130605.
- Nagamachi M (1995) Kansei engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *Int. J. Indust. Ergon.* 15: 3-11.
- Nagamachi M (2011) Kansei/Affective Engineering. CRC Press. Boca Raton, FL, EEUU. 334 pp.
- Osgood C, Suci G, Tannenbaum P (1957) *The Measurement of Meaning*. University of Illinois Press. Illinois. Champaign, IL, EEUU. 360 pp.
- Prodintec (2006) *Diseño Industrial, Guía Metodológica Predica*. Pro-dintec. Asturias, España. pp. 14-37.
- TRES (1993) *EU Timber Regulation European Standards*. EN 317: Particleboards and fibreboards -Determination of swelling in thickness after immersion in water. EN 319: Particleboards and fibreboards -Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board.