

Fecha de recepción: marzo 2022

Fecha de aceptación: abril 2022

Versión final: mayo 2022

Diseño de una nueva arquitectura de materiales para el sector de la madera

Jimena Alarcón Castro ⁽¹⁾

Javiera Brañes Alarcón ⁽²⁾

Josefina Brañes Alarcón ⁽³⁾

Resumen: Los actuales enfoques referidos a diseño de nuevos materiales, están relacionados con la existencia de una mayor conciencia sobre la dependencia energética y las consecuencias desfavorables a la economía. El aumento de normativas ambientales de los consumidores, obliga a la industria a buscar nuevas tecnologías de producción y productos amigables con el medioambiente. El artículo presenta un enfoque para el diseño de una nueva arquitectura de materiales, para disminuir el impacto ambiental, mediante la utilización de residuos industriales del sector manufacturas de madera de Chile. Dadas las características de ahorro energético y ligereza estructural que principios de la naturaleza ofrecen, es que se proyecta integrar a la biónica como parte relevante de la definición.

Palabras clave: diseño de materiales - industria - residuos - sustentabilidad

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 169 y 170]

⁽¹⁾ **Jimena Alarcón Castro.** Doctora en Gestión del Diseño, Universidad Politécnica de Valencia, España; Profesora Titular Universidad del Bío-Bío, Chile. Directora proyecto ANID Fondecyt código 1221361, Directora Laboratorio Investigación en Diseño, Universidad del Bío-Bío. Chile. Vicepresidenta Red Iberoamericana Investigación en Diseño, España.

⁽²⁾ **Javiera Brañes Alarcón.** Colaboradora proyecto ANID Fondecyt código 1221361, áreas materiales y procesos sustentables, Laboratorio de Investigación en Diseño, Universidad del Bío-Bío. Chile. Ingeniera Civil Industrial, Universidad de Concepción, Chile.

⁽³⁾ **Josefina Brañes Alarcón.** Colaboradora proyecto ANID Fondecyt código 1221361, área economía. Laboratorio de Investigación en Diseño, Universidad del Bío-Bío. Chile. Curstando Ingeniería Comercial, Universidad de Concepción, Chile.

Introducción

Las tendencias de reciclado y reutilización asociadas al desarrollo de materiales, dan cuenta de un cambio de pensamiento cada vez más generalizado. La sustentabilidad, el uso eficiente de los recursos y de residuos integrados al diseño de materiales, constituyen un motor importante para la investigación aplicada en este ámbito (Thackara, 2013; Alarcón, et al., 2020, López et al., 2015). El desarrollo de la industria manufacturera de materiales, tiene amplia incidencia en el progreso de diversos sectores de la producción, impactando en los niveles de sofisticación de entornos construidos y componentes del mundo artificial. Como sector productivo, no puede dejar de vincular su dinamismo y perspectiva de futuro, a la generación de materiales con atributos más responsables y eficientes. El bajo nivel de incorporación de diseño e investigación y desarrollo (I+D) para definir nuevos destinos de los residuos, debe mejorarse con la implementación de estrategias que integren mayor valor y disminuyan los niveles de desaprovechamiento de materias valiosas. Generar ventajas competitivas impulsadas por acciones que reinterpreten y revaloricen los residuos aprovechables, es una tarea urgente a favor de la cadena de valor productiva y del medioambiente. Por otra parte, la necesidad de mayor control sobre los materiales que conforman los productos industriales, tienen relevancia debido a que el ciclo de vida de éstos viene determinado entre un 40% y 60%, por el impacto de los materiales con los que ha sido fabricado (Van Hemel y Cramer, 2002).

Antecedentes referidos al tratamiento de residuos en Chile, se vinculan a una actualización de la Política Nacional de Residuos, que establece, ordena y orienta las acciones que el Estado debe ejecutar para la elaboración de los decretos para implementar gradualmente la Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (REP). Los datos señalan que, a raíz del crecimiento de la actividad económica, la generación total de residuos se ha incrementado en un 28% en el último tiempo, generando más de 17 millones de toneladas al año, de los cuales 10,4 millones corresponden a residuos industriales, con una tasa de reciclaje del 10% (Ministerio del Medioambiente de Chile, 2016). Recientemente se ha aprobado la Ley de Plásticos de un solo uso, apoyada transversalmente por los parlamentarios y la sociedad civil. Se trata de un hito en el cuidado y protección del medioambiente de Chile, que busca eliminar a mediano plazo la generación de 23.000 toneladas de este tipo de plásticos altamente contaminantes. Esta Ley constituye una oportunidad para el presente proyecto, debido a la posibilidad de integrar en su marco de investigación, la exploración de soluciones de diseño de materiales concebidos con residuos del sector manufacturas de madera, en reemplazo de materias primas de origen plástico (Ministerio del Medioambiente., 2017). Estos antecedentes dejan en evidencia la necesidad de fomentar nuevas iniciativas para incrementar los índices de aprovechamiento de los residuos que se generan a nivel industrial y por la sociedad, mediante una búsqueda de soluciones que integren diseño e ingeniería, para prospectar mejores destinos asociados a la exploración de ámbitos aplicativos.

Antecedentes respecto de la generación de residuos industriales y su tratamiento, dejan en evidencia que el sector manufacturero es el segundo mayor generador de residuos, con un 18% del total nacional (Mensaje N° 182-361/, 2014). La Región Metropolitana reporta un 38,7% con 8,2 millones de toneladas anuales, seguida de las regiones del Biobío

y Valparaíso, con 2,38 y 2,34 millones de toneladas respectivamente, con un 11,26% y 11,03% del total del país (Cenem, 2019). Información referida al tratamiento de residuos derivados del sector manufacturas de maderas, sitúan como zona de interés a la Región del Biobío, ya que es donde se ubica la mayor cantidad de recursos madereros de Chile, siendo responsable del 57% de la producción nacional. El destino principal de la madera es para consumo interno y constituye insumo para la industria de la celulosa y del aserrín, elaboración de tableros y chapas, madera para muebles y otros artículos de madera. Los residuos que se generan en el sector de manufacturas de madera, tienen destinos que podrían ser mejorados, integrando mayor valor a su utilización. Por ejemplo, el aserrín, virutas, despuntes de madera, entre otros, se almacenan en grandes cerros o se quema en calderas (Soto y Núñez, 2008; López et al., 2017; Lima y Luis, 2017). El proceso de fabricación de tableros contrachapados, genera un 40% y 55% de residuos de madera, que podrían ser utilizados en productos con un mayor valor comercial; mientras que la producción de tableros de partículas, origina residuos del orden del 5% al 10%, considerando aserrín, despuntes de tableros, melaminas y chapas (Oporto, 2009). Los residuos sólidos provenientes de esta industria se reutilizan principalmente como fuente de energía (combustible), desarrollo de pellets de madera, reintegración en procesos de manufactura como materias primas en Plantas de tableros de partículas y de fibras de densidad media (MDF), industrias de pulpa y papel, entre otros. Si bien resulta interesante la reutilización de residuos en los procesos de manufactura, éstos no representan un gran porcentaje de incorporación (5% a 20%, según la aplicación final), por lo que igualmente se acumulan en los patios de acopio de las empresas. Por otra parte, los productos y materiales energéticos que se logran producir, a través de la recuperación de residuos, no representan productos de alto valor.

La naturaleza diversa, morfología variable, posibles transformaciones y combinaciones de los residuos derivados de los procesos de fabricación del sector manufacturas de madera de Chile, proporcionan potencial para integrar valor a su utilización, posibilitando dinámicas más eficientes y sostenibles. En este contexto, la investigación pretende desarrollar un trabajo interdisciplinar de diseño e ingeniería, que permita proyectar nuevos productos que consideren el uso de residuos sólidos de la industria de manufacturas de madera. La investigación y el desarrollo en entornos interdisciplinarios han aumentado notablemente en importancia en los últimos años, ya que permite el encuentro de diferentes formas de pensamiento, enfoques metodológicos y lenguajes científicos con sus propias definiciones de términos técnicos.

Enfoque desde el diseño

La redefinición del diseño de nuevas propuestas materiales implica un conocimiento profundo del escenario y de las prácticas a desarrollar. Es necesario cumplir con los estándares de sostenibilidad, debido al aumento de las regulaciones ambientales y la conciencia del consumidor. Una correcta y coherente administración de los recursos, así como el diseño de estrategias adecuadas a estos requerimientos, es tan necesaria como

imprescindible (Beylerian et al., 2008; Blanpain et al., 2016). En un panorama de diseño emergente, la investigación y la experimentación que profundizan en la comprensión de estas nuevas prácticas son fundamentales (Camere y Karana, 2018). Si bien la ubicuidad de nuevos materiales y desarrollos es un fenómeno creciente, las tecnologías ofrecen un amplio espectro de potencial para crear conceptos de diseño y productos. El diseño hoy necesita buscar enfoques, estrategias y herramientas adecuadas para trabajar con nuevos materiales generando cambio, crecimiento y respuestas al entorno. El diseño debe dedicar tiempo a abordar diferentes aspectos de los materiales, generando una comprensión experiencial, fomentando una nueva generación de materiales y formas de pensar relacionadas con su naturaleza y concepción (Bing-Chung et al., 2001).

Una nueva arquitectura de materiales basada en la naturaleza

En un contexto relacionado con una nueva cultura material, surge un enfoque referente a su nueva arquitectura. La investigación busca desarrollar diferentes metodologías para desarrollar propuestas basadas en los principios de la biónica, que se basa en el estudio de sistemas naturales que, aunque morfológicamente diferentes entre sí, funcionan de manera similar (Alarcón, 2003). Se define como la abstracción del buen diseño de la naturaleza o una disciplina emergente que emula los diseños y procesos de la naturaleza para crear un planeta más saludable y sostenible (Arruda (Ed), 2020). A diferencia de la simple traducción de elementos biomórficos de la biología al diseño de productos, la transferencia de conocimiento ocurre a nivel performativo, a través del análisis de estrategias basadas en la forma en que la naturaleza resuelve los problemas. Se trata de un análisis morfológico profundo para revelar los mecanismos, relaciones formales, geométricas y de organización funcional, para obtener un enfoque imaginativo y la elección de un fenómeno escalable. En esta economía cíclica natural, cada residuo de un proceso se convierte en materia prima de otro, por lo que los ciclos se cierran (Peters, 2011; Dicks, 2016). La investigación para el diseño de una nueva arquitectura material con enfoque biónico es capaz de generar soluciones responsables a los atributos técnicos, emocionales y de aplicación. Permite la integración de apariencia y estructura al unísono y equilibrio, para la definición de requerimientos en las tres dimensiones mencionadas. Este tipo de materiales podría ser autorreparable, adaptarse a las condiciones ambientales, por ejemplo, a las diferentes estaciones del año, podría estar compuesto por materiales altamente sustentables y podría componerse con el mínimo esfuerzo y ahorro de energía. La biónica es un insumo relevante para revelar una nueva arquitectura de materiales, ya que brinda la posibilidad de conexión entre principios existentes en la naturaleza, para satisfacer requerimientos técnicos, emocionales y de aplicación, a través de la creación de conocimiento significativo, entregando respuestas con características innatas, comportamiento, y capacidad de actuación, proponiendo nuevas soluciones y redefiniendo atributos de futuro que aborden el proyecto de nuevo material desde la estructura hasta su aparición.

Una mirada contemporánea del proyecto en su fase conceptual, evalúa el potencial de la experiencia sensorial posible de percibir por los usuarios, a través de la expresión de los

materiales. Tradicionalmente, el material ha sido concebido como un operador elemental, cuya tarea principal era dar estructura a un sistema más complejo. Sin embargo, en la nueva situación, el material puede presentar una complejidad intrínseca, manejada por el diseñador para dar presencia al objeto que lo haga capaz de realizar funciones (Manzini, E., 1986).

La metodología a desarrollar en la investigación está compuesta por seis etapas. A grandes rasgos podemos mencionar que determina acciones y herramientas para identificar tipos de residuos y sus compatibilidades técnicas para el diseño de una nueva arquitectura de materiales (Fig. 1). Estudios biónicos y la aplicación de principios adecuados presentes en la naturaleza, permitirán desarrollar y validar prototipos que evidencien una nueva arquitectura de materiales, más eficientes y sustentables.

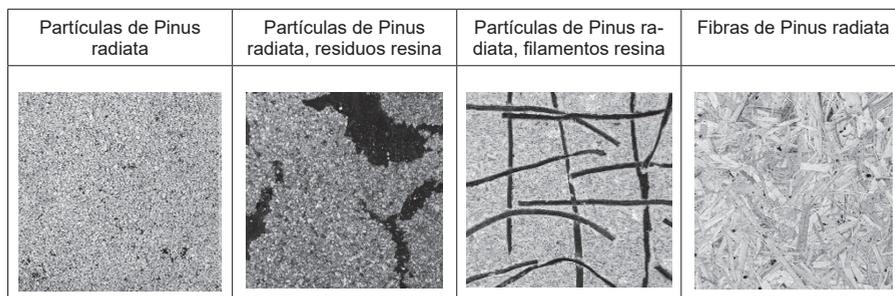


Figura 1. Prototipos realizados en el marco de la investigación, experimentando con diversos formatos Pinus radiata e integrando materias residuales del proceso de fabricación de tableros.

La etapa inicial permitió realizar prototipos con residuos de Pinus radiata en formato de grandes partículas e hilos de ancho variables entre 1 y 3 milímetros. Usando como base urea formaldehído, que es el ligante empleado actualmente por el sector manufacturero de tableros de madera. Próximos desarrollos estarán centrados en nuevas experimentaciones con residuos, adhesivos, aplicaciones de principios biónicos para conformar el ideario de una nueva arquitectura de materiales.

Conclusión

El diseño de una nueva arquitectura de materiales basado en los análisis biónico y experimentación con residuos sólidos industriales del sector manufacturas de madera, equilibra en un enfoque, atributos técnicos, emocionales y aplicativos. Esta nueva generación de

materiales, ofrecerá soluciones al problema del tratamiento de residuos, a través de la creación de conocimiento significativo. El enfoque metodológico aplicado en el contexto de las experiencias realizadas en Chile, se basa en la observación de la naturaleza como referente para entregar respuestas de proyecto y su potencial como motor fundacional de innovación en el campo del diseño de materiales. La naturaleza demuestra ser fuente de inspiración para el diseño, permitiendo generar soluciones integrales que contribuyen al proceso de diseño y sus resultados. Una acertada elección de referentes naturales y una correcta interpretación de su funcionalidad son esenciales. En el campo de la investigación, el diseño de materiales se abre camino como una alternativa de desarrollo para el diseño en Chile, enfocado al diseño de nuevas soluciones para el sector de producción de tableros de madera. Actualmente, múltiples desarrollos de materiales de base biológica se han centrado en el aprovechamiento de residuos para buscar respuestas más sostenibles a materiales altamente contaminantes.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID, proyecto Fondecyt Regular código 1221361, 2022-2025.

Referencias

- Alarcón, J. (2003). *Biónica y Diseño Innovativo: el sector manufacturas de madera y oportunidades para la generación de nuevos materiales*. Master's dissertation in Wood Construction, Universidad del Bío-Bío, Chile, guided by Carmelo Di Bartolo.
- Alarcón, J., Rognoli, V., Llorens, A. (2020). Diseñar para un escenario social incierto: el valor del enfoque materiales Do-It-Yourself y economía circular. *Interciencia*, 45(6), 279-275.
- Arruda, A. (Ed.). (2020). *Bionica e Design. Experiencia memorable de 30 protagonistas*. Sao Paulo, Brasil: Blucher. 398 pp. <https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/bionica-e-design-1595/arquitetura-e-design-117>
- Beylerian, GM, Dent A, & Quinn, B. (2008). *Ultramateriales. Formas en que la Innovación en los Materiales Cambia el Mundo*. Barcelona-Spain: 1st ed. Blume.
- Bing-Chung, C.; Silva, E.; Kikuchi, N. (2001). Advances in computational design and optimization with application to MEMS. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 52, (1-2), 23-62.
- Blanpain, B., Meskers, C., Olivetti, E., Apelian, D., Howarter, J., Kvithyld, A., Mishra, B., Neelameggham, N., & Spangenberg, J. (2016). REWAS 2016: Towards Materials Resource Sustainability, Conference proceedings, Nashville.
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, 570-584.

- Cenem. (2019). Estadísticas: Residuos en Chile - Reporte MMA 2018. El Journal del Packaging. Recuperado el 30 de junio de 2020 de <http://cenem.cl/newsletter/enero2019/detalle-21.php>
- Dicks, H. (2016). The philosophy of biomimicry. *Philosophy & Technology*, 29(3), 223-243.
- Manzini, E. (1986). *La materia dell'invenzione. Materiali e progetto*. Arcadia, Milano.
- Lima, R., & Luis, J. (2017). Caracterización de la cadena de producción y comercialización de la industria forestal: estructura, agentes y prácticas.
- López, Y. M., González, M. G., & Rodríguez, E. M. (2015). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba. *Avances*, 16(2), 91-99.
- López, M., Rubio, R., Martín, S., & Croxford, B. (2017). How plants inspire façades. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive
- Mensaje N° 182-361/. (2014). Mensaje de S.E. el Presidente de la República con el que se inicia un Proyecto de Ley Marco para la gestión de residuos y responsabilidad extendida del productor.
- Ministerio del Medioambiente de Chile. (2016). Ley de N° 20920, establece marco para la Gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Biblioteca Nacional del Congreso de Chile [file:///C:/Users/pc11/Downloads/LEY-20920_01-JUN-2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pc11/Downloads/LEY-20920_01-JUN-2016%20(1).pdf)
- Ministerio del Medioambiente. (2017). Ministerio de Medioambiente de Chile, Ley de Reciclaje <http://leydereciclaje.mma.gob.cl/>
- architectural envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 692-703.
- Oporto, C. (2009). Estrategia ambiental para mantenencias programadas de MASISA S.A. Planta Ranco (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).
- Peters, T. (2011). Nature as measure: The biomimicry guild. *Architectural Design*, 81(6), 44-47.
- Prodintec, F. (2006). *Diseño Industrial. Guía Metodológica Predica. "Cómo integrar el diseño en su empresa"*. Asturias: Gráficas Rigel.
- Soto, G., & Núñez, M. (2008). Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de pinus radiata (D.Don), como material aglomerante. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 10(2), 129-137.
- Thackara, J (2013) Diseñando para un Mundo Complejo. Acciones para lograr la sustentabilidad. Editorial Designio, México.
- Van Hemel, C., & Cramer, J. (2002). Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs. *Journal of cleaner production*, 10(5), 439-453.

Abstract: The current approaches referred to the design of new materials are related to the existence of a greater awareness of energy dependence and the unfavorable consequences for the economy. The increase in environmental regulations for consumers forces the industry to look for new production technologies and environmentally friendly products. The article presents an approach for the design of a new architecture of materials, to reduce the environmental impact, through the use of industrial waste from the Chilean wood

manufacturing sector. Given the characteristics of energy saving and structural lightness that principles of nature offer, it is planned to integrate bionics as a relevant part of the definition.

Keywords: materials design- industry - waste - sustainability

Resumo: As atuais abordagens referentes ao projeto de novos materiais estão relacionadas com a existência de uma maior consciência da dependência energética e das consequências desfavoráveis para a economia. O aumento das regulamentações ambientais para os consumidores obriga a indústria a buscar novas tecnologias de produção e produtos ecologicamente corretos. O artigo apresenta uma abordagem para o projeto de uma nova arquitetura de materiais, para reduzir o impacto ambiental, através do uso de resíduos industriais do setor madeireiro chileno. Dadas as características de economia de energia e leveza estrutural que os princípios da natureza oferecem, está prevista a integração da biônica como parte relevante da definição.

Palavras-chave: design de materiais - indústria - resíduos - sustentabilidade

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo]
