



Madera y Bosques

ISSN: 1405-0471

publicaciones@ecologia.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

Contreras-Miranda, Wilver; Cloquell-Ballester, Vicente; Owen de Contreras, Mary
Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la
tecnología de la madera, para construcción de viviendas sociales en Venezuela
Madera y Bosques, vol. 16, núm. 3, 2010, pp. 7-22
Instituto de Ecología, A.C.
Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61718440001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la tecnología de la madera, para construcción de viviendas sociales en Venezuela

Multicriteria decision making techniques in the selection of structural components from wood technology, for construction of social housing in Venezuela

Wilver Contreras-Miranda¹, Vicente Cloquell-Ballester²
y Mary Owen de Contreras³

RESUMEN

Las metodologías de diseño requieren aplicar técnicas que permitan, en la fase de generación de alternativas, generar métodos que logren seleccionar la mejor de éstas, y con ello, la satisfacción de las principales necesidades de los distintos requerimientos del proyecto. En el sector forestal, el caso de la industria mecánica forestal de la madera laminada encolada no escapa a estas exigencias. Haciendo uso de la Metodología del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) y de las Técnicas de Decisión Multicriterio (MCDM), para la etapa mencionada, se llegó a consolidar con éxito el desarrollo creativo *tormenta de ideas*. Segundo, se realizó una selección técnica según los factores ambientales, socioeconómicos y tecnológicos, con la cual se llegaron a definir siete alternativas. Haciendo uso del software Expert Choice 2000 para MCDM, se logró seleccionar de las siete, la número 39. Esa cumplía con los requerimientos de los factores señalados en cuanto a costo, calidad, resistencia y los principios del ecodiseño, tales como: menor consumo de energía, uso de materias primas alternativas como las gramíneas, reciclaje y reutilización de materias primas, entre otros.

PALABRAS CLAVE:

Ecoeficiencia, Ecología Industrial, desarrollo, innovación, materiales alternativos.

ABSTRACT

The design methodologies require applying techniques in the phase of generating options, selecting methods to achieve the best of them, and thereby meeting the needs of the various requirements of the

- 1 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Posgrado, Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. wilver@ula.ve
- 2 Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación, Valencia, España. cloquell@dpi.upv.es
- 3 Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Escuela de Diseño Industrial, Mérida, Venezuela. marowen3@hotmail.com

project. In the forest industry, the case of engineering glued laminated timber is not immune to these demands. Using the methodology of Integrated Environmental Design (IED) and the Muticriteria Technical Decision (MCTD) method, referred to the stage, it was possible to achieve the successful consolidation of design and conceptual development of a new constructive component of structural quality with technical innovation criteria based on the use of optional materials and new manufacturing processes. First, a total of 53 alternatives to the structural elements were generated with the creative brainstorming technique. Secondly, a selection technique was carried out according to the environmental, socio-economic and technological change, which came to define alternative 7. Using the Expert Choice 2000, it was chosen among the last 7, option number 39. This one met the requirements of the above factors in terms of cost, quality, resistance and Ecodesign principles, such as reduced energy consumption, use of alternative raw materials such as grass, recycling and reuse of raw materials, among others.

KEY WORDS:

Eco-efficiency, Industrial Ecology, development, innovation, alternative materials.

INTRODUCCIÓN

Las Técnicas de Decisión Multicriterio (MCDM) se han ido transformando en herramientas importantes en la actualidad, especialmente en la alta gerencia de las organizaciones, asesores y consultores técnicos para empresas privadas y gubernamentales. Su fin ha ido trascendiendo en la medida en que los requerimientos van siendo cada vez más complejos, ya que su naturaleza permite, con base en criterios diversos, poder establecer patrones de comparación y, de manera metodológica, científica y tecnológica, llegar a una decisión consensuada para la mejor alternativa. Sus campos de aplicación son muy variados, desde la selección de la localización de una industria en un territorio determinado, hasta llegar al complejo campo del diseño industrial para la selección de un mejor concepto de diseño (Ramon-Solans y Ferriz, 2006).

En ese contexto, el presente trabajo tiene como objetivo principal la aplicación de las Técnicas de Decisión Multicriterio (MCDM) como una herramienta metodológica de gran importancia en la toma consensuada de decisiones importantes para una organización o proyecto, que en este caso particular se aplica a la selección de un componente estructural, tipo viga, a partir de la tecnología de madera laminada encolada; todo ello enmarcado dentro del contexto del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), que según Contreras y Cloquell (2006), es análogo al ecodiseño y, en este caso particular, al diseño industrial de un producto forestal de alto valor agregado como lo es el diseño de un producto forestal de madera laminada encolada con calidad estructural (PFML), con fines sociales, como la construcción de edificaciones prefabricadas para familias de menores recursos.

En la actualidad no se puede negar que uno de los grandes retos de la sociedad moderna es procurar la equidad en la forma de vivir de todos sus ciudadanos, especialmente los de menores recursos económicos, a los cuales se les debe procurar vía los gobiernos o administración central, regional y local, así como de las empresas privadas que conforman la industria de la construcción e inmobiliaria de un país, quienes deben aportar soluciones al grave problema del déficit habitacional. Según Nájera (2009), América Latina es un recinto geopolítico donde resalta el perfil urbano de sus ciudades con los contrastes entre las edificaciones y urbanizaciones opulentas y los barrios o chabolas que circunscriben las montañas y sitios inhóspitos para vivir.

De ahí que la aplicación de las Técnicas de Decisión Multicriterio en el diseño industrial y arquitectónico permite abrir nuevos horizontes técnicos, más certeros en el cribado de alternativas

(Romero, 1993), donde un proyectista (diseñador industrial, arquitecto o ingeniero), debido a la falta de herramientas o de la selección de alternativas, y si su decisión final es errónea, puede llegar con ello a incurrir posteriormente en la pérdida de recursos financieros hacia la empresa contratante (Aragón et al., 2004).

Asimismo, se puede reflexionar a partir de lo dicho por Barba-Romero y Pomerol (1997), acerca de que la difusión de estas herramientas técnicas, o el uso de programas especializados de aplicación, los cuales facilitan los procesos de selección, como es el caso del Expert Choice 2000 u otra versión más actualizada, es seguro que propiciarán un mayor intervalo de calidad, seguridad y satisfacción entre las partes involucradas en la selección de la mejor alternativa por desarrollar, esto en cualquier ámbito de acción del hombre moderno.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Contexto de trabajo de la investigación

El contexto geopolítico y tecnológico de aplicación de la presente investigación fue Venezuela, país que en la actualidad tiene un déficit habitacional estimado en 2 millones de viviendas (Fundación Vivienda Popular, 2009). Siendo las más afectadas las familias pertenecientes a los estratos socioeconómicos C, D, E y F, que de acuerdo a lo expuesto por Venamcham (2007), las clases socioeconómicas en Venezuela tienen ingresos estimados en dólares a cambio de la moneda nacional por 2.150 bolívares (Bs) por cada dólar americano, es decir: clases A-B ingresos (4.693,37 dólares); clase C (1.039,00 dólares); clase D (493,00 dólares); clase E (277,80 dólares); clase F menores ingresos a la clase E. Para el año 2010 esta realidad cambia de forma negativa con la devaluación anunciada

por el gobierno nacional y el cambio de la moneda a Bolívar fuerte (BsF) de 2.600 BsF por cada dólar americano. Según Camacho (2007), eso estratifica a las clases sociales A y B de la sociedad venezolana a la categoría alta.

El uso de sistemas constructivos son variados con tecnologías que van desde el tradicional de hormigón o concreto armado de vigas y columnas; estructuras de acero con mamposterías de bloques de cemento y arcilla; hasta, quizás el de mayor proyección en el último decenio, sistema túnel de concreto armado. Este último, por su rapidez de fabricación en la edificación de unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares, representa la alternativa más competitiva respecto a los sistemas más tradicionales y comúnmente empleados en Venezuela para la construcción de viviendas sociales.

Recientemente el gobierno nacional ha venido proyectando, desde el año 2000, el uso masificado de las plantaciones de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barret y Golfari) de la Orinoquía. Este recurso estimado en más de 600 mil hectáreas, representa la masa arbórea más grande del mundo concentrado de una sola especie forestal (CVG Proforca, 2008). De igual forma, existen grandes propuestas de uso de las principales gramíneas como el bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl.), la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth, 1822) y la caña brava (*Gynerium sagittatum* (Aubl.) P. Beauv.), en la manufactura de productos forestales con calidad estructural para edificaciones con fines sociales (Cloquell et al., 2004). De ahí que un pequeño grupo del gremio de arquitectos, diseñadores industriales e ingenieros, de manera individual o institucional, a través de centros universitarios de prestigio como la Universidad de Los Andes, la Universidad Central de Venezuela, o la empresa estatal CVG Proforca, por medio

de la gerencia del proyecto Vivienda con Madera, estén abocando sus esfuerzos técnicos para aportar la mejor solución de prototipos de edificaciones con madera sólida, mezclada con otros productos forestales y materiales tradicionales para la construcción. El plan de CVG Proforca, en convenio a 25 años con la filial petrolera Petróleos de Venezuela (PDVSA), es a mediano plazo construir con madera un promedio de 50 mil viviendas por año (Contreras *et al.*, 2007).

Por consiguiente, se plantea en la presente investigación, dentro de la visión del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), una nueva proyección en el contexto de los productos forestales con calidad estructural como son las vigas y viguetas para pisos, entrepisos y techos del tipo forjado, a partir de una mezcla de partículas de caña brava y adhesivo fenol formaldehído. La misma vendría a mejorar el diseño del producto industrial anteriormente desarrollado por Contreras *et al.* (1999), referido a los tableros aglomerados de partículas de caña brava y adhesivo urea formaldehído (UF) con resinosidades R10% y R13%.

Además, la propuesta alternativa viene a solucionar, entre otros problemas, las prestaciones de resistencias físicas y mecánicas de los tableros, su proyección de uso y muy especialmente, la disminución de la posible escasez en un futuro cercano de especies autóctonas de bosque natural, por las grandes presiones debidas a la protección del medio ambiente; razón por la cual es vigente la propuesta de utilización de la gramínea caña brava como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados de partículas y demás productos forestales para ser usados en cerramientos y sistemas estructurales, disminuyendo con ello la presión sobre el bosque natural.

Otra razón importante de la presente investigación es que toda la suma de criterios de fabricación de los productos forestales de madera laminada encolada, involucra por igual al material lignocelulósico de madera sólida de pino caribe, mezclada con otros materiales, variedad de especies de madera y tipos de adhesivo que sirvan para el mismo fin estructural.

Contexto metodológico

Una vez aplicados los principios metodológicos del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) en la iteración de desarrollo de alternativas, con la técnica creativa de *Brainstorming* o Tormenta de Ideas (Cloquell, 2003; Contreras y Cloquell, 2006), se pueden desarrollar un total de 53 alternativas. En una primera etapa se seleccionaron 33 expertos, que a criterio de los autores tenían el mayor prestigio e inherencia técnica y científica en la temática tratada en el ámbito iberoamericano, dadas sus publicaciones de libros y artículos en revistas de alto impacto. Finalmente respondieron 15 expertos a los cuestionarios aplicados, lo que permitió interactuar e incluir sus respuestas en el procedimiento metodológico y la consecución para alcanzar los objetivos planteados en el diseño. Se establecieron los siguientes pasos teniendo bien claro el problema a resolver:

1. Claridad en los objetivos del proceso de diseño.
2. Se designó a un responsable de registrar todas las ideas promulgadas.
3. A fin de que los comentarios de otras personas actuaran como estímulos de sus propias ideas, en una especie de reacción en cadena, se designó a un responsable que asegurara cumplir las siguientes reglas: suspensión de juicios o críticas improcedentes;

aceptar todas las ideas y registrarlas; animar a los expertos a construir sobre las ideas de los demás; animar a que se expresen los expertos con sus ideas "locas" o "fuera de lugar" (Contreras y Cloquell, 2006).

Siguiendo la secuencia metodológica del dAI, se llega a la iteración del cribado de ideas. Finalmente los autores del presente trabajo, con la generación de la matriz de requerimientos de diseño del producto y los análisis de ciclo de vida según el método ACV-Coclowen de diagnóstico propuesto por Contreras y Cloquell (2006), procedieron a la búsqueda de la mejor alternativa de diseño de un elemento estructural para la construcción de vigas y viguetas estructurales para viviendas sociales. Finalmente, haciendo el cribado de alternativas por descarte técnico, pertinencia y niveles de innovación antes planteados en la matriz de requerimientos de diseño del producto y ACV-Coclowen, los autores llegaron a la selección de siete alternativas (figuras 1 y 2). A éstas se les definieron cada uno de los criterios de valoración a partir del uso de la Técnica de Decisión Multicriterio (MCDM), método de Analytic Hierarchy Process (AHP) propuesto por Saaty (1977) (1980).

La aplicación del AHP fue por medio del uso del software Expert Choice 2000, las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8, exponen de forma detallada los resultados obtenidos. La aplicación del Expert Choice 2000 al proceso de selección de ideas, partió del análisis consensual sobre cada una de las comparaciones en cada alternativa.

La designación de pesos de importancia o preferencia de alternativas se realizó con la opinión consensual de dos expertos, donde se obtenía una sola respuesta, la cual era finalmente introducida en el software para el desarrollo de las matrices. Los niveles de inconsistencia se encuentran dentro o cercanos a

los límites recomendados por Saaty (1997, 1980), llegándose a obtener las siguientes inconsistencias:

a) Para los pesos de los criterios de importancia entre alternativas (0,05).

b) Criterio de influencia del factor ambiental (0,12).

c) Criterio de influencia del factor socioeconómico (0,08).

d) Criterio de influencia del factor tecnológico (0,09).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo metodológico de la investigación permitió obtener resultados finales para cada una de las consideraciones recomendadas por García (2004) para la participación consensual de los expertos, y dado que la mejor propuesta de diseño de PFML para el contexto geopolítico y tecnológico de Venezuela fue la Alternativa 39 (Figura 2), seguida por la Alternativa 15 y Alternativa 42 (Tabla 1) (Figura 3).

Se determinó que en la selección de la mejor alternativa de las últimas siete seleccionadas, existió una uniformidad de criterios de evaluación para cada alternativa, prevaleciendo en el método AHP, según fuere la alternativa, y en orden de importancia el factor tecnológico (64,4%), socioeconómico (27,1%) y ambiental (8,5%) (figuras 4, 5, 6).

La tabla 1 expone el orden de importancia de la selección de las mejores alternativas con la proyección de mayor a menor en la valoración de los pesos finales obtenidos de la aplicación del software Expert Choice 2000. La figura 1 representa las Alternativas 39, 15 y 3, que tienen, en la opinión de los expertos, un menor nivel de sensibilidad del factor

Tabla 1. Comparación de los resultados de la selección de alternativas en el proceso de "cribado de ideas", por el método AHP de Saaty (1997, 1980).

Orden de importancia	Selección de Alternativas por el Método AHP, usando el software Expert Choice 2000.
1	Alternativa 39 (0,193)
2	Alternativa 15 (0,167)
3	Alternativa 42 (0,155)
4	Alternativa 6 (0,155)
5	Alternativa 31 (0,139)
6	Alternativa 21 (0,102)
7	Alternativa 3 (0,090)

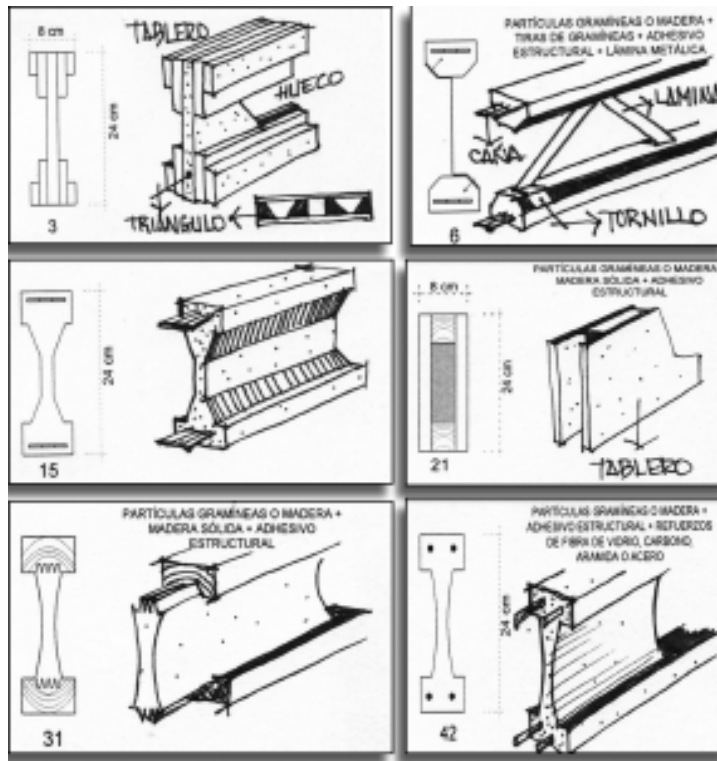


Figura 1. Representación parcial de las alternativas de diseño seleccionadas para un producto forestal industrial laminado encolado con calidad estructural. Se aprecian seis de los conceptos realizados con su numeración en concordancia con lo expuesto en la figura 3. Éstas forman parte del total de 53 alternativas generadas en la "Tormenta de ideas". (Fuente: Elaboración propia)

ambiental. Ha sido mayor la sensibilidad, respecto al factor socioeconómico de las Alternativas 6, 42, 31 y 21, dado que éstas pueden presentar mayores niveles de riesgo por impactos negativos en la obtención de sus materias primas, procesos de manufactura y seguridad industrial de los trabajadores.

Se observa que el programa empleado permite proyectar una visión clara respecto del uso y diseño de las relaciones matriciales, escalas de valoración, niveles de complejidad y representación gráfica. Dado que el nivel de conocimientos de los expertos es alto en los aspectos científicos y tecnológicos del problema planteado, el uso del método AHP ha permitido que disminuya el contenido de subjetividad en la decisión de cada valoración de aspectos, respecto a las acciones y atributos de una propuesta de diseño, llegándose a obtener resultados excelentes y confiables.

La formulación de la metodología del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) y

de la aplicación de las Técnicas de Decisión Multicriterio, dan un verdadero soporte y consistencia técnica al producto final propuesto, definido como PFML 39, permitiendo tener de forma segura una mayor aproximación a una certera conclusión técnica, con sus fortalezas y debilidades, así como la proyección y su factibilidad real de fabricación.

De esta forma, el industrial que pretenda manufacturarlo puede llegar a emprender de forma definitiva el proyecto industrial de manufacturar el producto con sus respectivas provisiones de recursos financieros, de infraestructura, de tiempo, etc., o bien si tiene que recurrir a desarrollar otro proyecto de diseño de producto forestal a partir de las seis alternativas restantes que fueron generadas en el proceso de la iteración de cribado de alternativas.

Se debe inferir técnicamente la relación entre la trascendencia que debe alcanzar el desarrollo del nuevo producto industrial PFML 39, es decir, un producto

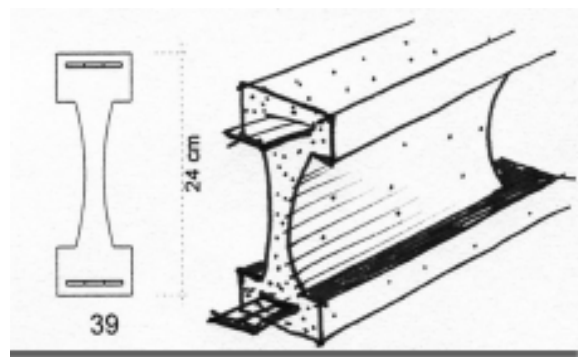


Figura 2. Representación conceptual de mejores alternativas de diseño propuestas a partir de la aplicación de la técnica AHP de Saaty (1997, 1980) en el software Expert Choice 2000, según lo expuesto en la figura 3. (Fuente: Elaboración propia)

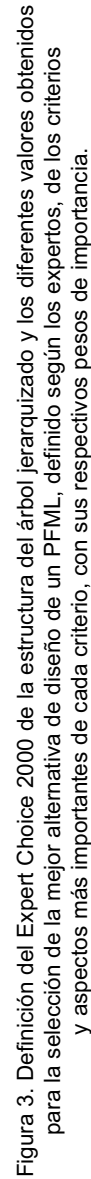


Figura 3. Definición del Expert Choice 2000 de la estructura del árbol jerarquizado y los diferentes valores obtenidos para la selección de la mejor alternativa de diseño de un PFML, definido según los expertos, de los criterios y aspectos más importantes de cada criterio, con sus respectivos pesos de importancia.



Figura 4. Definición del Expert Choice 2000 de los diferentes valores obtenidos y nivel de importancia de cada alternativa de diseño de un PFML respecto al factor ambiental.

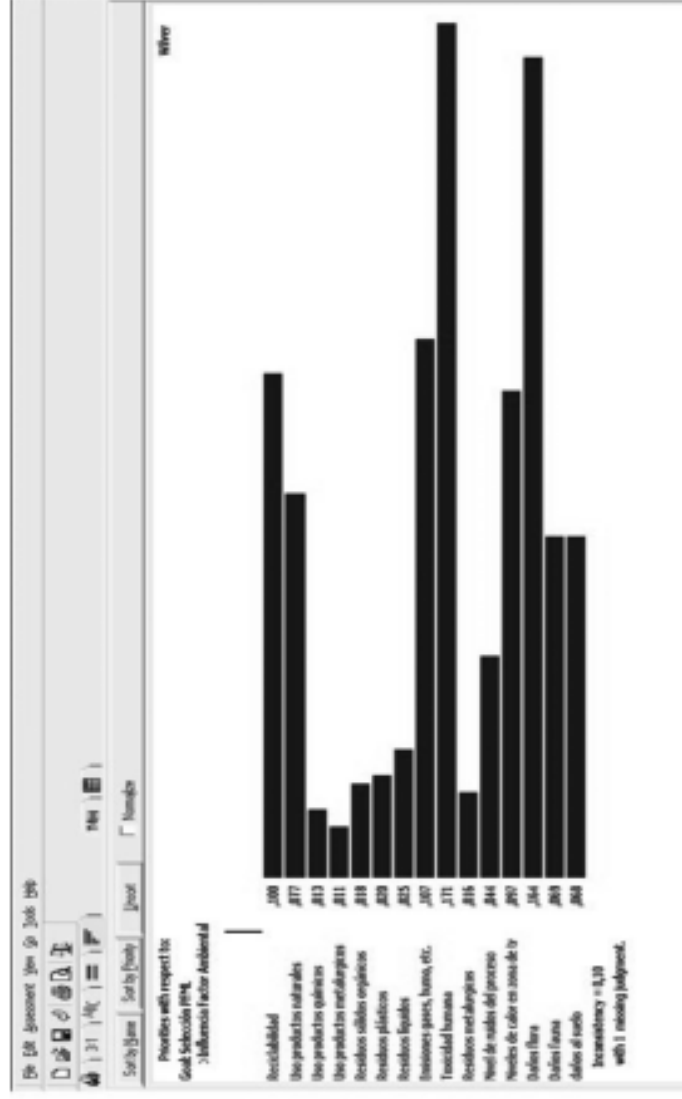


Figura 5. Definición del Expert Choice 2000 de los diferentes valores obtenidos y nivel de importancia de cada alternativa de diseño de un PFML respecto al factor ambiental con su respectiva inconsistencia.

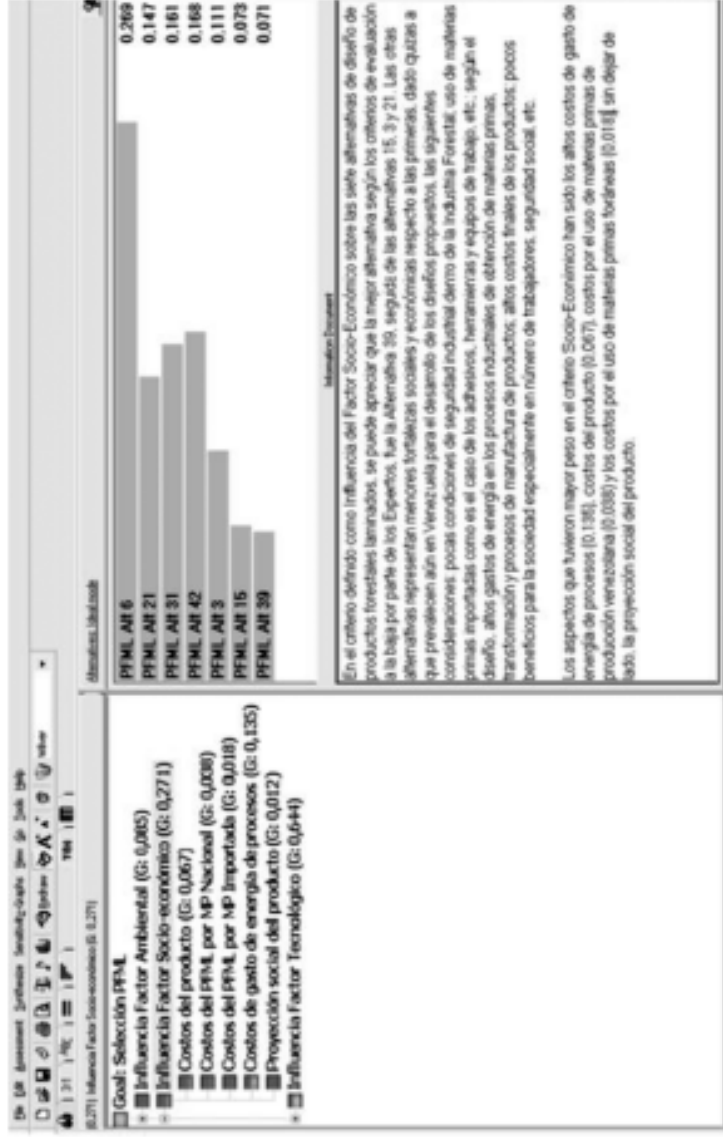


Figura 6. Definición del Expert Choice 2000 de los diferentes valores obtenidos y nivel de importancia de cada alternativa de diseño de un PFML respecto al factor socioeconómico.

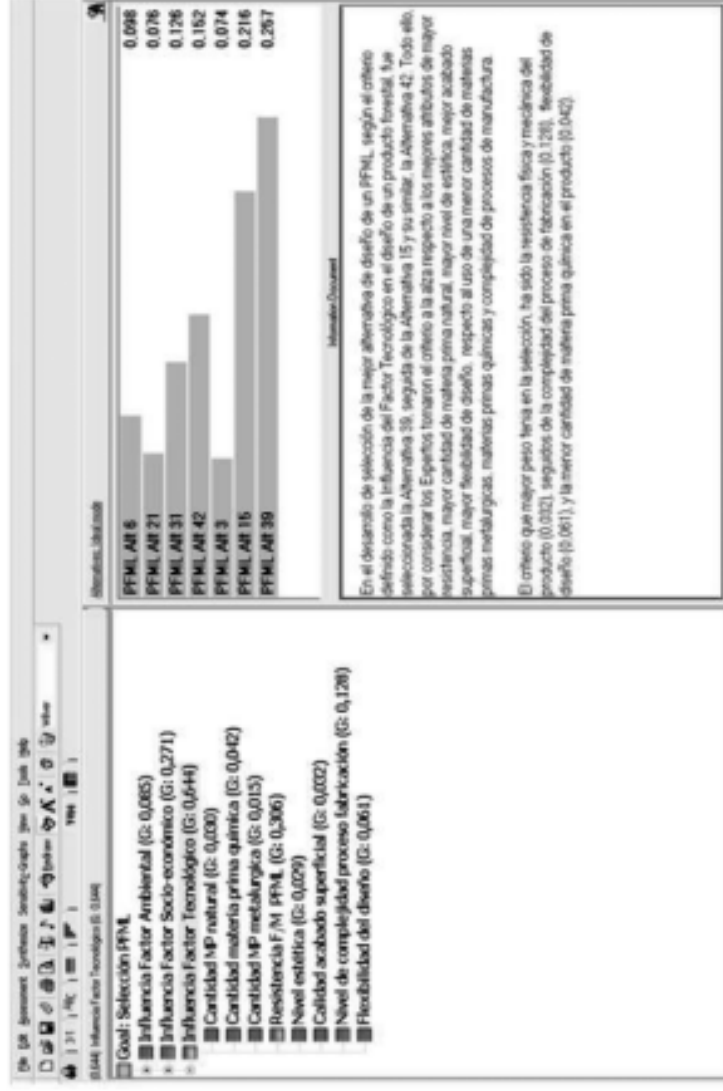


Figura 7. Definición del Expert Choice 2000 de los diferentes valores obtenidos y nivel de importancia de cada alternativa de diseño de un PFM respecto al factor tecnológico.

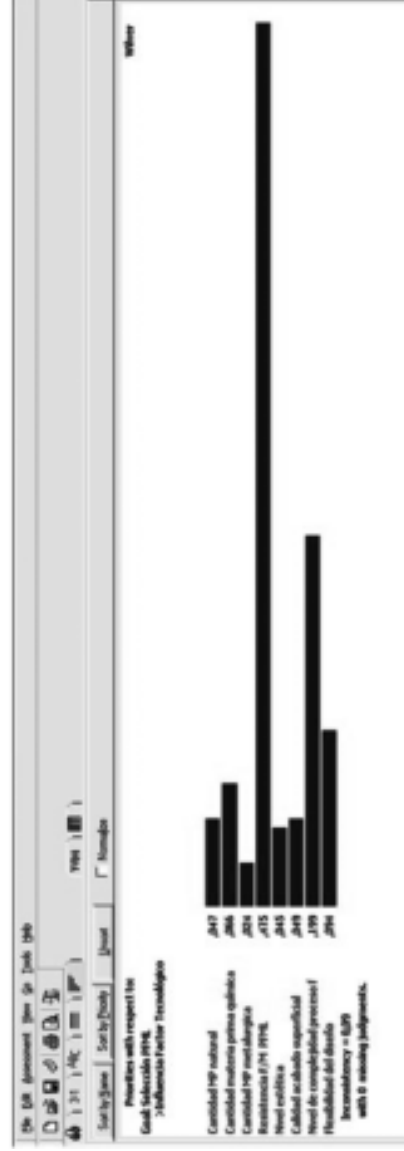


Figura 8. Definición del Expert Choice 2000 de los diferentes valores obtenidos y nivel de importancia de cada alternativa de diseño de un PFML respecto al factor tecnológico y su respectiva inconsistencia.

ecoinnovador, englobado dentro de la visión de la Integración Ambiental Total que procura el establecimiento del desarrollo sostenible global, no sólo en la sociedad, sino que la industria forestal venezolana y sus proyectos, procesos y productos, tengan una relación equilibrada y armoniosa con el entorno.

De ahí la necesidad de retomar la temática ambiental como eje fundamental para el desarrollo del dAI. Porque todo hace suponer que el desarrollo del prototipo del elemento estructural laminado a partir de la mezcla de partículas de caña brava y adhesivo fenol formaldehído, cuya tecnología puede ser análoga con la de tableros aglomerados de partículas de madera maciza, permite vincularla, por igual, a la ingente necesidad de conservar de manera sostenible el medio ambiente, lo cual es un hecho que actualmente preocupa a personas de todo el mundo. Por ello, la ciencia y la tecnología de los productos forestales debe estar un paso adelante de las propuestas tradicionales ofertadas en el mercado.

El movimiento mundial que se ha venido consolidando también ha llegado al sector forestal y todas las industrias que le conforman, tal es el caso de la madera laminada encolada. De ahí, que en la industria de puertas, como en otras, ya existen claras definiciones de incluir el factor ambiental a la producción industrial. La Norma UNE 56200:2003 EX (2003), expone la visión de futuro, lo que hace ganar a los consumidores sensibles al deterioro ambiental que demandan cada vez más información acerca de la incidencia o impacto que sobre el medio ambiente causan productos y servicios que consumen habitualmente, esto con el fin de seleccionar aquellos menos perjudiciales para el entorno. Ese es el fin primario de la Ecología Industrial, que como ciencia pretende hacer una analogía entre los ecosistemas naturales

que se encuentran en equilibrio dinámico respecto de un sistema de producción industrial de un producto (Fiksel, 1997). Además, esta ciencia contempla entre sus pilares fundamentales la Ecoeficiencia, y ésta a su vez el Ecodiseño, el cual es el sinónimo español del Diseño para el Medio Ambiente (DfE).

Este contexto se centra en el proyecto, procesos y productos, mientras que el nuevo paradigma del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), como una herramienta de diseño, se contextualiza desde la concepción de la Integración Ambiental Total (IA_T), haciéndolo más holístico e integrador con todos los factores que interactúan, como son: procesos industriales, economía, sociedad, política, cultura y medio ambiente, en conjunción con el resto de factores que se deben considerar para poder alcanzar el ansiado desarrollo sostenible global (Capuz y Gómez, 2002; Gómez-Orea, 2002; Cloquell, 2003).

Por ello, la participación de las Técnicas de Decisión Multicriterio en el diseño industrial de multiplicidad de nuevos productos forestales industriales que se vienen desarrollando y manufacturando en los últimos años en la industria forestal mundial, especialmente la de los países desarrollados industrialmente con sus novedosos proyectos de I+D, no escapan a este planteamiento filosófico.

El Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), haciendo uso de las Técnicas de Decisión Multicriterio, hace resaltar por igual, entre muchas de sus consideraciones, que estas propuestas deben surgir de proyectos de I+D, donde ha sido positiva la interrelación entre la industria forestal y centros de investigación, que han laborado en conjunto para alcanzar objetivos tecnológicos y, con esto, el éxito económico y comercial.

CONCLUSIÓN

Se aplican de manera exitosa las Técnicas de Decisión Multicriterio según el método Analytic Hierarchy Process (AHP) a la metodología de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), para el desarrollo de un producto forestal de madera laminada encolada con calidad estructural identificado como PFML 39, realizado a partir de partículas de gramíneas como la caña brava, el bambú o la guadua, y proyectado por igual para ser manufacturado con las partículas de madera maciza de pino caribe, de las plantaciones forestales ubicadas al sur de los estado Monagas y Anzoátegui de Venezuela.

Las Técnicas de Decisión Multicriterio aplicadas por medio del software Expert Choice 2000, son una herramienta práctica, de mucha objetividad, consensual y con proyección de una buena certeza en la selección de alternativas de un problema determinado, siempre y cuando exista un alto nivel en los conocimientos científicos, técnicos y humanísticos de los expertos consultados. La presente aplicación es original dentro del sector de la industria forestal, sobre todo en Venezuela.

AGRADECIMIENTOS

Los autores hacen formal su agradecimiento a los doctores Pablo Aragonés y Mónica García Melón del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia, España, por su apoyo al desarrollo técnico del presente trabajo.

REFERENCIAS

Aragonés, P., M. García, W. Contreras y M. Owen de Contreras. 2004. Importancia de la aplicación de las Técnicas de Decisión Multicriterio (MCDM), en la Industria Forestal

Mecánica de Venezuela. Rev. For. Vzlna. 48 (2): 32-53.

Barba-Romero, S. y J. Pomerol. 1997. Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica. Colección de Economía. Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares, España. 235 pp.

Camacho, T. 2007. El Problema de la vivienda en Venezuela. [En línea]. <http://tuliocamacho.blogcindario.co>. [Consulta: 15-07-2008].

Capuz, S. y T. Gómez. 2002. Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. España. 178 pp.

Cloquell, V., W. Contreras y M. Owen de C. 2004. Del Diseño para el Medio Ambiente (dME) al Diseño Ambientalmente Integrado (dDI): una propuesta de cambio conceptual. Ponencia MARNS-14. VII Congreso AEIPRO. 6-8 octubre. Bilbao, País Vasco, España.

Cloquell, V. 2003a. El desarrollo coherente y la concepción global de medioambiente. Seminario de la Integración Ambiental de Planes, Proyectos y Productos. Ponencia 7029/4. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Octubre del 6 al 8 del 2003. Tomo II. pp: 1- 13.

Cloquell, V.A. 2003b. Propuesta Metodológica para la validación previa de indicadores y funciones de valor en el problema unificado de localización y Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos. Tesis Doctoral. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 456 p.

- Contreras, W. y V. Cloquell. 2006. Propuesta Metodológica de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), para Proyectos de Diseño de Productos Forestales Laminados encolados con calidad estructural. Tesis Doctoral. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. España. 586 pp.
- Contreras, W., W. Valero, E. Thomson, M. Owen de C. y E. Barrios. 2007. Determinación de los esfuerzos de diseño de vigas laminadas de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*), encoladas con adhesivo de isocianato (MDI). Revista Maderas. Ciencia y Tecnología. 9 (3):25-37.
- CVG PROFORCA. 2008. La construcción de casas con madera. [En línea]. <http://www.cvgproforca.com/htmls/proyectos.php>. [Consulta: 08-10-2008].
- Fiksel, J. 1997. Ingeniería de diseño medioambiental. DFE. Desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. Editorial Mc-Graw Hill. México D.F. México. 512 pp.
- Fundación Vivienda Popular, 2009. Déficit de vivienda en Venezuela. [En línea]. [http://www.viviendaenred.com/desc.asp?Descriptores=DEFICIT+HABITACIONAL+\(VENEZUELA\)](http://www.viviendaenred.com/desc.asp?Descriptores=DEFICIT+HABITACIONAL+(VENEZUELA)) [Consulta: 08-10-2009].
- Gómez Orea, D. 2002. Integración Ambiental de Proyectos. Revista de Proyectos de Ingeniería. Ingeniería. Editorial UPV. Referencia: 2002.2444. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Octubre 2002, núm 1. 41-64 pp.
- Nájera, J.L. 2009. Ciudades latinoamericanas. Hacia una nueva lectura de la ciudad. [En línea]. <http://www.rafaellopezrangel/reflexiones> [Consulta: 10-10-2008].
- NORMA UNE 56200:2003 EX. 2003. Puertas de Madera. Criterios Ecológicos. Norma española experimental. Asociación Española de Normas AENOR. Marzo 2003. Madrid, España. 9 Págs.
- Ramon-Solans, J. y R. Ferriz. 2006. La localización de las empresas y las características del movimiento industrial de Teruel, España, durante el periodo 1992-1998. Intangible Capital. 12 (2):199-235.
- Romero, C. 1993. Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, Técnicas y Aplicaciones. Alianza Editorial. 1993. Madrid. 341 pp.
- Saaty, Th. 1977. Toma de Decisiones Para Líderes. RWS Publications. Pittsburg, USA. 256 pp.
- Saaty, Th. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill. New York. USA. 346 pp.
- Venamcham. 2007. Estratos socio-económicos sociedad venezolana. [En línea]. <http://www.venamcham.org/> [Consulta: 09-10-2008].

Manuscrito recibido el 23 de junio de 2009
Aceptado el 12 de diciembre de 2009

Este documento se debe citar como:

Contreras-Miranda, W., V. Cloquell-Ballester y M. Owen-Contreras. 2010. Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la tecnología de la madera, para construcción de viviendas sociales en Venezuela. *Madera y Bosques* 16(3):7-22.