



Universidad Autónoma Metropolitana

División de Ciencias y Artes para el Diseño.
Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño.
Nombre del área de concentración: Diseño,
Tecnología y Educación.

El Ecodiseño y análisis de ciclo de vida aplicado al desarrollo de un tablero aglomerado de uso no estructural conformado de Bambusa Vulgaris con adhesivo poli vinílico.

Generación XIV

Idónea comunicación de resultados que para obtener el grado de Maestría presenta: D.I. Pamela Estrada De la Rosa

Tutor: Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo

México, Ciudad de México a 26 de octubre de 2016



División de Ciencias y Artes para el Diseño
Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño
Área de concentración: Diseño, Tecnología y educación

El Ecodiseño y el análisis de ciclo de vida aplicado al desarrollo de un tablero aglomerado de uso no estructural conformado con Bambusa Vulgaris y un adhesivo poli vinílico.

Generación XIV

Idónea comunicación de resultados que para obtener el grado de Maestría presenta:

D.I. Pamela Estrada De la Rosa



Autor: D.I. Pamela Estrada De la Rosa
Tutor: Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo
Lector: Mtro. Arturo Mercado
Coordinador de área: Dr. Iñiqui Olaizola

México, Ciudad de México a 26 de octubre de 2016

ÍNDICE

Agradecimientos

Introducción	4
--------------	---

Capítulo 1 Ecodiseño: Tecnología de los tableros aglomerados de partículas de bambú <i>Bambusa vulgaris</i>	9
---	---

Ecodiseño	9
-----------	---

Ecomateriales	15
---------------	----

Tableros	16
----------	----

Propuesta de Ecodiseño: Tablero aglomerado de partículas de bambú <i>Bambusa vulgaris</i> con adhesivo poli vinílico	21
--	----

Capítulo 2 Tablero aglomerado de <i>Bambusa Vulgaris</i>	26
--	----

Diseño Experimental	26
---------------------	----

Materiales, Equipos y Metodología	27
-----------------------------------	----

Resultados	33
------------	----

Propiedades físicas de los tableros aglomerados de partículas de <i>Bambusa Vulgaris</i>	34
--	----

Propiedades mecánicas de los tableros aglomerados de partículas de <i>Bambusa Vulgaris</i>	37
--	----

Capítulo 3 Ecodiseño. Análisis de Ciclo de Vida ACVCOCLOWEN	41
---	----

La aplicación de Ecodiseño. Análisis de ciclo de vida ACV COCLOWEN_____	41
Resultados y discusión del ACV-COCLOWEN_____	44
Aspectos técnicos referidos a procesos ecoeficientes, impactos ambientales, beneficios socio-económicos y estrategias de ecodiseño del ciclo de vida del tablero aglomerado e partículas adhesivo PVA_____	56
Aspectos técnicos de procesos ecoeficientes_____	58
Aspectos técnicos referidos a beneficios socio-económicos_____	60
Aspectos técnicos referidos a los impactos ambientales_____	62
Aspectos técnicos referidos a las estrategias de ecodiseño _____	63
<u>Conclusiones y Recomendaciones</u>	<u>64</u>
<u>Referencias Bibliográficas</u>	<u>68</u>
<u>Anexos</u>	<u>74</u>
<u>Lista de Cuadros</u>	<u>74</u>
<u>Lista de figuras</u>	<u>75</u>
<u>Glosario</u>	<u>79</u>
<u>Documental fotográfico</u>	<u>83</u>

Introducción

México es uno de los países más deforestados del planeta, según la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, mediante la Comisión Nacional Forestal, CONAFOR, en su boletín 39 alerta sobre la pérdida en México de 155 mil hectáreas por deforestación cada año. Entre los años 2005 y 2010 se perdieron 775 mil hectáreas de bosques y selvas en territorio nacional, de acuerdo a la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. (CONAFOR, 2013).

Ante esta gran deforestación, existe una baja producción de madera, por lo tanto una baja producción de tableros en el país. Los tableros que se consumen en México en su mayoría son de importación.

En México la industria de los tableros aglomerados es mínima, además de las causas ya expuestas, lo que ha convertido a México en importador es la falta de tecnología. Entre los años 2003 y 2012, el déficit pasó de 348 a 554 millones de dólares (md) (Financiera Rural, 2013).

Entre 2010 y 2012, el 30.5% de las importaciones de tableros provino de EEUU, el 28.7% de Chile, el 14.8% de China, el 6.6% de Malasia, el 3.4% de Uruguay y el restante 16.0% de otros 65 países (Financiera Rural, 2013)

La producción de maderables de un país depende en su mayor parte de la extensión del territorio, aunque también de la cantidad de árboles por hectárea de sus bosques y/o selvas. Esto también varía dependiendo tanto del clima como de la forma en la que se maneja la vegetación.

La pérdida de fauna se ha vuelto un problema grave que ha provocado la escasez de especies silvestres al ponerlas en peligro de extinción por falta de vegetación natural. La falta de suelos fértiles hace que los productores del campo destruyan selvas y bosque para la producción de cultivos que proporcione mayor beneficio económico, lo que

compromete el bienestar de los ecosistemas y de las personas al dejar una gran extensión de tierra estéril.

Los programas de reforestación no son suficientes para cumplir con la demanda existente de madera, ya que un árbol tarda en promedio veinte años en crecer y ser útil para la industria maderera, aunque para poder llegar a la etapa adulta tarda alrededor de 30 años, por todo esto es necesario operar un cambio a favor de preservar nuestros ecosistemas con un manejo sustentable de nuestros bosques y selvas.

La búsqueda de nuevos materiales es una prioridad, materiales con un bajo impacto ambiental, que sean eco-amigables y ofrezcan las mismas o mejores características de los ya existentes. Esta búsqueda de materiales alternativos ha puesto de relieve a algunos materiales tradicionales que cumplen con la expectativa de bajo impacto ambiental y un buen desempeño mecánico, tal es el caso del bambú.

El bambú tiene una gran variedad de especies aproximadamente 1400 subespecies, el primer lugar por el número de especies lo ocupa el continente Asiático, Latinoamérica ocupa el segundo lugar, México ocupa el sexto lugar en Latinoamérica con 39 especies (Zaragoza, et. al. 2014).

América Latina tiene una amplia tradición en el uso de bambú (Cedeño, 2011), en México los bambúes leñosos tienen presencia en 26 estados de la República Mexicana, pese a esto son subutilizados.

Dentro de las políticas de desarrollo sustentable, Fritz Schumacher, en las décadas de 1960 y 1970, planteo la producción local como alternativa para la población en su lugar de origen mitigando el problema de migración y pobreza en las comunidades desfavorecidas, para lograrlo es necesario impulsar las tecnologías que pueden ser utilizadas en las zonas rurales, a estas tecnologías Schumacher las llama tecnologías intermedias, dichas tecnologías permiten aumentar la productividad de las zonas rurales con conocimientos, materiales y herramientas disponibles en la misma región (Dávila et. al. 2012).

Esta investigación promueve el uso de una especie de rápido crecimiento: La *Bambusa vulgaris*, una especie de bambú de la familia de las gramíneas; las cañas de esta

gramínea crecen a su altura máxima de 10 a 20 metros, en un período aproximado de 3 meses y la extensión de estas cañas puede alcanzar los 20 centímetros por día, entre el 40% y 50% de su crecimiento diario de altura se observa entre el cuarto y sexto de los internudos. Las cañas o culmos son blandas durante el primer año, en el segundo endurecen y en el tercer año maduran, por lo que en este periodo pueden ser aprovechadas como materia prima según Francis. La ventaja de esta gramínea es que una vez cultivada no requiere volver a sembrarse y su tiempo de vida es de 65 años en promedio. (Francis, 1993: 75).

Parte de esta propuesta es aprovechar los sembradíos de bambú presentes en algunos Estados de la República Mexicana¹, para la fabricación de tableros de partículas aglomeradas ofreciendo una alternativa viable tanto tecnológica como económicamente. Con el fin de producir tableros aglomerados con un bajo impacto ambiental y de esta manera activar la economía de la industria de tableros aglomerados del país y las economías locales, y así preservar los bosques de coníferas.

En el estado de Puebla hay un gran potencial para la mejora de procesos comerciales que le proporcionen valor agregado a los cultivos, para obtener un amplio margen de ganancia, además, con el objetivo de aumentar el consumo *per cápita* que en el caso del bambú, tiene posibilidades de crecer a través del desarrollo y mantener nichos de mercado, utilizando diferentes estrategias de mercadeo. Un ejemplo es resaltar sus atributos ya identificados como el origen, identidad o mediante el desarrollo local de la comunidad o cooperativa. En Puebla se siembran setecientos veinte Hectáreas anuales. En Hueytamalco, en Cuetzalán, en Cuayuca De Andrade, las cuales representan el 51% de la producción Estatal (SAGARPA, 2014).

Según Coordinadora Nacional De Las Fundaciones Produce, A.C (COFUPRO) en un comunicado de prensa del 2013 dado la revista electrónica imagen agropecuaria dice que los Estados de Tabasco, Puebla, Veracruz y Chiapas cuentan con más de mil doscientas hectáreas en producción de bambú de diferentes especies, las cuales dejan una derrama

¹ Principalmente en el Estado de Puebla

económica superior a los setenta mil pesos por hectárea generan más de cuatro mil empleos directos y más de veintiséis mil indirectos (Imagenagropecuaria.com, 2013).

El bambú captura más bióxido de carbono que un árbol, pues su índice es de catorce toneladas/hectáreas/año, aumenta los niveles freáticos 30litros/planta y la fertilidad del suelo. Puede contribuir a la generación de muebles, laminados, artesanías, construcción, papel, carbón y cerveza (SAGARPA, 2014).

El objetivo principal de este trabajo de investigación es Evaluar la factibilidad del bambú *Bambusa vulgaris* como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados, así como Evaluar la influencia de dos niveles de resinosidad de los tableros, de un nivel de densidad sobre las propiedades físicas y mecánicas de los tableros fabricados con partículas de *Bambusa vulgaris*, además evaluar su factibilidad como materia prima de bajo impacto ambiental mediante el análisis de su ciclo de vida. Con esto se puede responder la pregunta central de la investigación ¿Las partículas de bambú, *Bambusa Vulgaris* pueden transformarse en una materia prima para la elaboración de tableros aglomerados usando para esto un adhesivo poli vinílico como matriz? Como parte esta investigación se determinan las propiedades mecánicas de flexión estática y tensión perpendicular a la superficie del tablero (adhesión interna) así como los porcentajes ideales de la matriz poli vinílica.

La presente investigación obtendrá una alternativa de material ecológico para una producción responsable y con bajo impacto ambiental, tanto para los ecosistemas y comunidades rurales que habitan en los lugares adyacentes a las plantaciones forestales de bambú, así como bajo impacto para los trabajadores que los realicen, lo anterior se corresponde con los principios definidos en la agenda 21 en el marco del desarrollo sostenible donde se prioriza el desarrollo local vs. El desarrollo global; el presente proyecto hace hincapié en la manufactura de tableros aglomerados de partículas de bambú, para su posible utilización en la comunidad de San José Acateno, que residen en el estado de Puebla para un posible desarrollo de microempresas. En el capítulo 3 se procura dar respuesta a lo antes expuesto.

Estos tableros de partículas utilizan como matriz un adhesivo cuya estructura química de acetato de polivinilo (PVA) con un entrecruzamiento a nivel molecular, la cual le

proporciona una mayor ventaja al momento de producirlos por su prensado en frío, de manera que no requiere una prensa caliente que eleve la temperatura del tablero para su formado; al utilizar tecnologías intermedias como la prensa manual o hidráulica da una ventaja económica para el productor.

Esta investigación abordara conceptos de diversos campos de estudio y disciplinas, que se entrelazan para dar como resultado un tablero aglomerado de bajo impacto ambiental, estas disciplinas son: la ingeniería forestal, el diseño industrial, la ingeniería mecánica y la ingeniería ambiental, entre otras.

Capítulo 1

El Ecodiseño

Con el paso del tiempo se ha incrementado, lentamente, la preocupación por el medio ambiente incidiendo en el diseño industrial, con el objetivo de disminuir los impactos que causan los productos sobre el entorno. Esta preocupación ha llevado los diseñadores industriales a renovar los métodos tradicionales de producción, mediante la planificación e implementación de procesos limpios:

“La elección responsable de materiales se basa en criterios de uso sostenibles los cuales prácticamente señalan como materiales y productos sostenibles aquellos que reducen al mínimo el uso de recursos, tienen un bajo impacto ecológico, no representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, y son compatibles con estrategias sostenibles” (Borsani, 2011:7).

En el campo del diseño industrial, el objeto o el producto es el resultado del desarrollo de una solución. Los objetos que son concebidos durante el ecodiseño buscan la ecoinnovación, entendiendo ésta como la mejora tecnológica y medio ambiental, en procesos y productos manufacturados industrialmente.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) define el desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas” (Informe Bruntland, 1987).

Para los fines de esta investigación se toma el concepto de sustentabilidad y sostenibilidad como sinónimos.

Dentro del marco de la sustentabilidad ambiental se plantea proporcionar una mejor vida a los residentes de la tierra, por lo que se requieren cambios dentro de las políticas públicas, instituciones, empresas, para finalmente llegar a cada persona, crear

conciencia en todos los niveles, de globales a locales y finalmente individuales. El uso responsable de los bienes naturales implica usarlos con medida, no abusar de los ecosistemas, de su capacidad de regenerarse, resarcir el daño que ha causado la industrialización desmedida reestableciendo su equilibrio.

“El desarrollo sostenible no es una idea nueva. Muchas culturas a través de la historia humana han reconocido la necesidad de armonía entre el ambiente, la sociedad y la economía. Lo nuevo, es una articulación de estas ideas en el contexto de una sociedad global, industrial y de información” (Segalás, 2002).

La acción intensa del hombre, los bienes naturales limitados y el desequilibrio en los ecosistemas, ha derivado en la devastación acelerada que sufre nuestro planeta, sobre todo por la aguda actividad de la industria en los últimos años; lo que genera la necesidad de un cambio de paradigma; sobre todo en la manera en la que son concebidos y producidos los productos o servicios, se vislumbran alternativas metodológicas mediante las cuales se pueda alcanzar un futuro dentro de la sustentabilidad. En éste sentido una de las herramientas más eficaces para la sustentabilidad es el Ecodiseño, el cual permite analizar la manera de diseñar productos desde un enfoque sistémico, al tomar en cuenta aspectos que van enfocados a crear soluciones ambientalmente responsables y crear productos que puedan acompañar y facilitar la vida humana. El desarrollo humano no puede ir sobre la naturaleza, por el contrario, la mejora de los sistemas naturales tiene un fuerte impacto y consecuencias en la vida del ser humano; y del su bienestar natural depende el bienestar de la especie humana.

En realidad no hay un consenso para la definición de Ecodiseño, aunque de las definiciones más conocidas están las siguientes:

“Es pensar en productos que respondan a las necesidades reales del consumidor utilizando la menor cantidad posible de materia y energía para obtener las mismas prestaciones y una mayor reducción en el impacto ambiental [...] Diseño para el ambiente es una forma sistemática de incorporar atributos ambientales al diseño de un producto” (Oficina de Minnesota de Asistencia Ambiental, 2001)

“El ecodiseño es un salto cualitativo en la búsqueda para disminuir el impacto de los productos sobre el medio ambiente, ya que cambia la preocupación única por las emisiones en los procesos de producción por una visión ampliada a todo el ciclo de vida de los productos” (Rieradevall 1999, citado por González, 2013).

Entonces se puede decir que es el ecodiseño es el diseño de productos que no solo satisfagan las necesidades humanas, sino que al mismo tiempo empleen: la menor cantidad de energía y de materia prima, procesos alternativos y la producción local para disminuir el uso del transporte; en resumen, es el ideal para comprometer lo menos posible el entorno.

El ecodiseño no puede ser igual al proceso de diseño industrial tradicional, permite la comprensión de la problemática alrededor de una necesidad y conocimiento del mercado nicho donde va dirigido el producto; fundamentalmente el proceso de diseño, de estrategias que se consideran la manufactura del producto, y pondera especialmente todas aquellas que procuren la disminución de los impactos ambientales evaluados a través de todo el ciclo de vida, mejores condiciones de trabajo y de beneficios socio-económicos, tanto a los empleados como a la empresa fabricante. Se procura alcanzar productos semi-industriales o industriales sostenibles o también llamados ecológicos, con la idea de establecer los principios de desarrollo sostenible o sustentable.

El Ecodiseño es una herramienta que analiza, mejora y evalúa los procesos de manufactura de productos, que se originan mediante una planeación que es responsable con el ambiente y a su vez resuelve las necesidades de los usuarios de manera efectiva. Esta planeación minimiza los impactos ambientales y se le denomina producción más limpia o P+L, la cual toma en cuenta la ecoeficiencia de acuerdo con la desmaterialización de los productos, es decir, que reduce en lo posible el uso de materiales y estos son elegidos con un visión responsable ambientalmente, además se reduce el uso de energías convencionales o se emplean energías alternativas como la solar o eólica.

Por último el análisis de ciclo de vida o ACV es un instrumento del ecodiseño que nos ayuda a determinar si un producto es realmente sustentable o no.

“Hoy en día el diseñador industrial es una forma de asesino inmerso en el sistema de la producción masiva... creando nuevas formas de basura permanente que se acumulan en el paisaje, y seleccionando materiales y procesos industriales que envenenan nuestro ambiente, los diseñadores se han convertido en una especie peligrosa” (Papanek, 1977)

A pesar de esta afirmación dramática Papanek, en su publicación ve al diseñador industrial como un actor en posición privilegiada, por lo que puede ayudar a mejorar al mundo o contribuir a su destrucción. Es por esto que el diseñador industrial es un actor fundamental en la sociedad mundial para alcanzar el desarrollo sostenible a través de la ecoinnovación y mediante la ecología industrial.

En la actualidad, uno de los nuevos paradigmas del conocimiento en materia de diseño industrial es la Ecología Industrial; ésta es la disciplina que involucra a la ecoinnovación (Gonzales, 2013), es decir, la mejora tecnológica y medioambiental de procesos y productos a través de sus tres importantes estrategias: ecoeficiencia-ecodiseño; polígonos ecoindustriales; y por último, la implementación de los sistemas de gestión medio ambiental (Contreras *et al.*, 2009).

Esta producción se puede dividir en varias etapas de uno o varios sistemas técnicos estructurados. En este sentido el sistema productivo es el proceso mediante el cual se obtienen tanto bienes como servicios. El sistema se divide en los recursos que entran o *inputs (entradas)*, y los que se obtienen denominados *outputs (salidas)*. El objetivo de los sistemas productivos es aumentar el volumen de artículos producidos, disminuyendo de igual forma el costo de los recursos, para lo que interviene la eficiencia.

Para un cambio tecnológico, la innovación es fundamental, tiene una relación estrecha con la producción y el desarrollo económico, según el Manual de Oslo (2005) la define como: “La innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado producto o servicio, de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores.”

La innovación debe ir hacia las mejoras de los métodos o nuevos planteamientos donde se puedan hacer cambios estructurales, el diseño industrial deberá aportar en el sentido de mejorar el entorno, razón que involucra ya a la ecoinnovación.

Para que un material o producto sea sostenible se habla de una producción limpia (P+L), en la que se trata de optimizar o usar eficientemente bienes, energías, procesos o/y recursos, este uso responsable es llamado ecoeficiencia (González, 2013).

“ ...la ecoeficiencia se puede resumir en producir más con menos. Utilizar menos recursos y menos energía durante el proceso productivo, reducir desechos y atenuar al impacto ambiental. Sus beneficios se pueden traducir en la promoción de la innovación y en la disminución de costos” (González, 2013: 35).

En 1989 nace la definición de producción más limpia o P+L, en el Programa para las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU, 1996 citado por Rigola, 1998:12), definida como:

“La aplicación continua para una estrategia ambiental preventiva integrada dentro de los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la ecoeficiencia y reducir el riesgo para los seres humanos y el medio ambiente.”

La relación entre la ecoeficiencia y el diseño se establece con el Ecodiseño. Así el Ecodiseño es una metodología que toma este principio para plantear la importancia de la producción limpia en su quehacer, como su principal cualidad.

El diseño industrial puede influir en el impacto al medio ambiente de varias maneras: a través de la extracción de materias primas, de la selección de materiales, mediante la determinación del proceso de producción, determinando la manera en que un producto es utilizado, distribuido y desechado. En este sentido el diseñador debe pensar en el nivel de impacto que provoca su diseño dentro de los procesos asociados a éste y tratar de minimizarlos (García, 2008:25). Al abordar el diseño de productos bajo la visión del análisis del ciclo de vida, se determina el sistema producto (SP) conformado por un cumulo de subsistemas, donde la armonía y el respeto al medio ambiente es su principal fundamento.

El diseñador industrial, ha adquirido una toma de conciencia respecto a la influencia de su trabajo y el impacto ambiental que ejercen sus decisiones respecto a su entorno. Esta conciencia tiene diferentes niveles, Brenda García (2008) menciona que van desde el ecologismo profundo hasta una manera superficial de ver el diseño ecológico aprovechando su influencia comercial, lo explica mediante los tonos verdes de diseño; García hace referencia a la clasificación desde un punto de vista de conciencia ecológica en tipos de ecologismo, que fueron desarrollados durante los años ochenta con el concepto “verde” para mostrar una perspectiva ambiental, sin embargo, para identificar sus cualidades se adquirieron diferentes tonos que va del verde oscuro, los más radicales, verde medio, que busca un equilibrio con la industria y la responsabilidad “ecodiseño”, al verde claro, los menos comprometidos con la naturaleza (García, 2008:25).

“El diseño debe entenderse fundamentalmente como un proceso analítico, técnico y creativo conducente a un fin: la determinación completa de las características de un producto material, por lo que debe considerarse como una etapa previa e ineludible de la producción, (...) en la que se prefigura o representa anticipadamente el producto” (Galán, 2008). Hoy en día estas cualidades del diseño son fortalecidas con Ecodiseño, para así alcanzar los parámetros que puedan llevar a un producto a ser sostenible.

Por lo anterior es importante establecer que el enfoque de esta investigación va de acuerdo a los parámetros que marca el Ecodiseño, debido que se habla del diseño de productos con responsabilidad. No se trata de un ecologismo profundo, ni de un antropocentrismo, es un lugar intermedio entre estas dos corrientes, pues el Ecodiseño, es una herramienta que está orientada a tomar las problemáticas desde tres aspectos que son base de la sustentabilidad: la ecología, la economía y lo social.

Con este enfoque cambia la forma en la que se produce y la forma en la que se consume; pues se incluye la concientización y sensibilización del consumidor, pues la producción de productos desde un enfoque enriquecido por la información, ayuda a tomar la decisión de consumo.

Estos avances tecnológicos están dando lugar a nuevas formas de producción, que permiten al diseñador hacerse cargo de todo el proceso productivo: desde la concepción hasta la distribución del producto (Margolin, 2015).

En éste sentido, el desarrollo de estrategias que nos lleven a procesos más limpios y con ello a productos ecológicos, como ya se ha dicho, en el ideal hacia la sustentabilidad, es parte de una conciencia ecológica en la que los diseñadores debemos tomar parte y es el tema de esta investigación.

Los Ecomateriales

El termino ecomaterial hace referencia a aquellos materiales que resultan factibles tanto económica como ecológicamente. El empleo de los materiales tradicionales transformados mediante las nuevas tecnologías es una manera de bajar costos al activar las economías locales se disminuye el impacto ambiental del entorno.

Existen una serie de aspectos que evalúan a los materiales como “eco” estos criterios están definidos por una gama que van desde el verde oscuro al claro, aunque resulta difícil que un material sea cien por ciento verde. Lo principal es elegir materiales que estén desarrollados mediante la responsabilidad ambiental, el uso de estos materiales implica un gran paso para realizar cambios sustanciales y relevantes al crear una toma de conciencia de sus impactos hacia los ecosistemas, para lo cual la Ecología Industrial trabaja como parte del contexto de la generación de materiales y productos.

En las últimas décadas los diseñadores industriales se han tomado más en serio la Ecología Industrial, la meta es llegar a un ideal sustentable. El diseño de producto está orientado al desarrollo del objeto y a la selección del material. Pero ¿qué papel tiene el diseño en la creación del material? Los materiales en su generalidad se desarrollan a partir de una visión ingenieril, en donde el diseñador solo juega un papel como recolector o seleccionador de materiales y no como generador, de modo que debemos cambiar esta visión, involucrarnos más en los procesos de creación y contribuir al diseño del material de los productos que vamos a generar.

En el diccionario de diseño de Erinhoff (2008:257) dice: "...Los diseñadores deben considerar y sopesar todas las implicaciones antes de elegir un material: cómo se siente, se ve, se huele, se mueve, que tan pesado o liviano es, su durabilidad, costo, la estética y resonancia cultural, impacto ecológico, entre otros..."

El diseño industrial ha sido un generador de productos, en los que para su fabricación, el material siempre ha tenido gran importancia, sobre todo para la parte sensorial que causa éste en el usuario. Los materiales causan un efecto distinto para el usuario. Cada material tiene su propia historia, su propia técnica y estética, deja su propia huella. Pero ésta huella no sólo queda en el usuario, también se extiende al ambiente, con el gasto energético, y el consumo de recursos en la producción de un material y sus desechos, residuos y vertidos, entre otros. De ahí que el tema ambiental, es un factor que en estos tiempos es un requerimiento fundamental.

Con esta investigación se consigue la realización de un proyecto sostenible desde la elaboración del material hasta la realización del producto final y su posible reutilización. Dando como resultado un beneficio mayor, tanto en su fabricación, como en su uso y en mayor proporción al medio ambiente, respetándolo y previniendo los daños que se ocasionan en éste.

En el capítulo 2 se describirán los pasos que se siguieron en conceptualización y en el desarrollo de los tableros de partículas aglomeradas usando bambú *Bambusa vulgaris*, para seguir con una evaluación de estos tableros mediante el análisis de ciclo de vida (ACV).

Tableros

Los tableros son materiales que surgen como respuesta a la fuerte demanda de productos forestales, debido a la necesidad de una materia prima de fácil procesamiento y un eficaz aprovechamiento de este bien o recurso forestal.

Los tableros o paneles de madera son un producto forestal que se obtiene mediante procesos industriales y se presenta en forma de hoja. Un producto forestal, según Contreras es “aquel elemento de material lignocelulósico, que en su condición natural sólida, partículas o fibras, una vez extraído del medio ambiente y transformado a través de procesos artesanales o industriales (labrado mecanizado, aserrado, conservación, secado, prensado en frío o calor, lijado y acabado superficial) en elementos primarios, secundarios, de valor agregado y/o de alto valor agregado, puede ser usado solo o mezclado con otras materias primas de formas y condiciones físicas diferentes, que posteriormente son empleados en la elaboración de una diversidad de objetos de uso doméstico, y de componentes constructivos para sistemas de cerramientos y sistemas estructurales de un determinado bien mueble o inmueble” (Contreras et al, 2005).

Para establecer las diferencias entre los tableros, en especial entre los tableros de fibra y los aglomerados, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), mediante un documento difundido por la SEMARNAT, muestra una ejemplificación de estos tableros. Cabe señalar que como el uso del bambú dentro de estos materiales es relativamente reciente y no hay una industria que lo respalde en este país. Como se ejemplifica en la figura 1.1.

La FAO distingue tres tipos de tableros que se definen a continuación:



FIGURA 1.1. Vista de las texturas que generan el tipo de acabado superficial según sea de chapa de madera, fibras de pino y partículas. Fuente: Financiera rural (2013).

- 1) **Tableros contrachapados** están conformados por láminas de madera muy delgadas llamadas “chapillas o chapas” que son encoladas y acomodadas, según la dirección de la

fibra en dirección perpendicular a la consiguiente, siempre en números impares, el número de chapas dependerá del grosor al que se quiera llevar el tablero, finalmente se unen mediante un proceso que utiliza alta presión, tiempo y temperatura.

- 2) **Tablero de fibra** es un producto forestal formado por fibras de madera seca (astillas molidas de las cuales se elimina la lignina – pegamento natural), aglutinadas con resinas sintéticas, que son compactadas en un proceso controlado que utiliza alta presión, tiempo y temperatura.

- 3) **Tablero de partículas.** Este producto forestal está formado por un colchón de partículas (pequeñas hojuelas también llamadas “chips” de diversas materias primas como el pino, el eucalipto, entre otros). A estas partículas, una vez secas, se les agrega un adhesivo sintético para conformar un colchón que posteriormente será llevado a un proceso que utiliza alta presión, tiempo y temperatura (Financiera Rural, 2013).

Según Maloney los tableros aglomerados de partículas son paneles manufacturados de materiales lignocelulósicos (usualmente madera), en forma de piezas discretas o partículas combinadas con resinas sintéticas u otros adhesivos, sometidos a presión y calor en una prensa caliente, en un proceso en el cual los enlaces entre partículas son creados por el adhesivo o aglutinante añadido. (Maloney, 1996)

Entre las investigaciones se encuentran diversos tipos de clasificación de los productos forestales, se encuentra la realizada por Contreras et. al. (2005), que interpretado por los autores, ha permitido plantear una propuesta de definición y clasificación de los productos forestales lignocelulósicos siguiendo, en la medida de lo posible las establecidas por la FAO (1992), FAO (1999) y FAO (2002) debido a las circunstancias actuales. Por lo que la clasificación en esta investigación de los productos forestales es más amplia y profunda, de la cual se desprenden:

1. **Producto forestal primario;** aquel que se obtiene directamente del árbol o planta, según sea la especie, en condición bruta o basta, como los troncos o fustes, rollos, rolas.

2. **-Producto forestal secundario;** Cuando a partir de los troncos y rolas, se puede obtener otro producto forestal con un mayor grado de procesamiento. Existen cuatro tipos:

Tipo A. Aquellos productos forestales secundarios que han sido obtenidos de los troncos y rolas, por medio de procesos de transformación de aserrado y labrado mecanizado mediante la técnica del corte ortogonal con disco o cinta, como la basa (pieza de madera enteriza), semibasa, cuartón (Madero que resulta de aserrar longitudinalmente con medidas de 4x4" una pieza enteriza), tabla, forro, machihembrado², molduras, chapas, chapillas, etc. Existe el procesamiento para las dos últimas, a partir del corte periférico del tipo torno y por medio de tranchas. Se incluyen aquí también los residuos del corte con cinta o disco, como el aserrín de diferentes tamaños.

Tipo B. Aquel producto forestal secundario, que igualmente puede ser obtenido, la mayoría de las veces, de las basas y semi-basas, es decir en la primera máquina de una línea de aserradero donde se encuentra la múltiple que puede tener incorporada o no una máquina astilladora del tipo *shiper canter*, que genera la basa y a su vez, produce los ships o partículas para ser empleados en la elaboración de pulpa de madera para papel y cartón, o producción de energía calorífica para los altos hornos de las fábricas de acero.

Tipo C. Aquel producto forestal secundario obtenido por corte ortogonal periférico de una máquina cepilladora (tambor y cuchillas).

Tipo D. Aquel producto forestal secundario como lo es la fibra natural de madera para la elaboración de papel y cartón. Esta fibra que se aglutina en grandes masas irregulares en forma de pulpa, generalmente de madera de pino por su fibra larga, es obtenida a partir del ship, mayoritariamente salido de la astilladora según sea su tipo, y que ha sido sometido a distintos procesos de desintegración de la madera, tradicionalmente el método químico, termoquímico, mecánico o termomecánico.

² Machihembrado: Es un sistema para ensamblar tablas de madera.

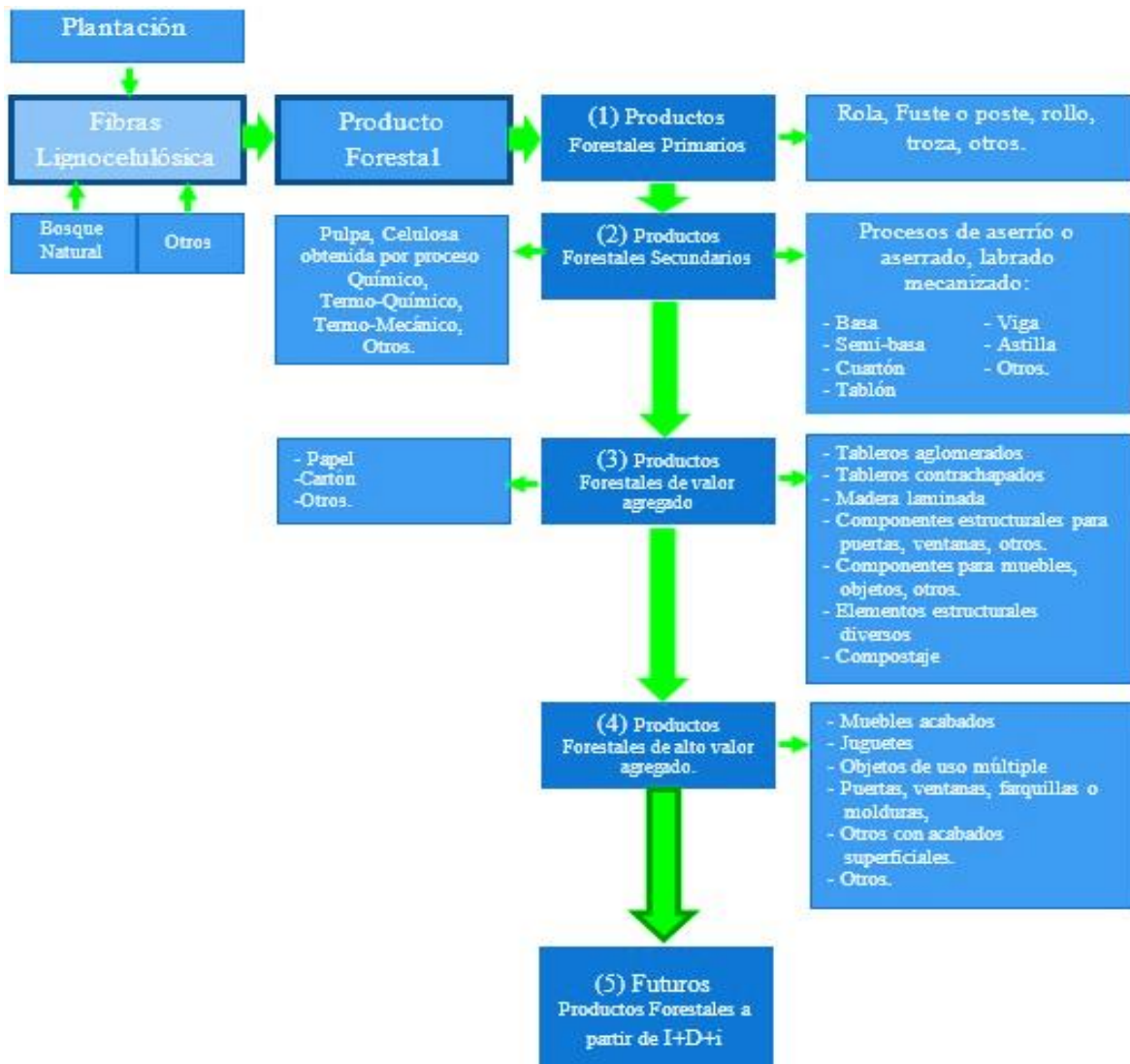


FIGURA 1.2 Conceptualización y propuesta taxonómica de productos forestales desde la visión del diseño ambientalmente integrado. Fuente: Contreras et. al., 2005.

Producto forestal de valor agregado. Es aquel derivado de los productos forestales secundarios (cuartón, tablón, tabla, forro, chapa, chapilla, micro-chapilla, tiras, etc.) pero que al ser encolados, mezclados, unidos entre sí (con dirección de grano paralela, perpendicular o angular aleatoria), luego prensados y por la acción del calor o temperatura ambiente, generan los tableros aglomerados, contrachapados, madera laminada, que serán los futuros componentes constructivos para la industria del mueble y afines, o de la construcción. A pesar de que el producto acabado del papel y cartón entra en esta categoría, los procesos de elaboración son distintos.

Producto forestal de alto valor agregado. Son todos aquellos productos que ya han cumplido su ciclo en el proceso de elaboración, acabados superficiales finales, acondicionamiento, embalaje y etiquetado: estando a la espera de su distribución, venta comercial y uso definitivo por el usuario o la edificación en construcción. Entran en esta categoría, entre muchos otros, los juguetes, los muebles, objetos de decoración y uso doméstico, los componentes constructivos, según sea el sistema constructivo industrializado tanto para muros divisorios y acabados (puertas, ventanas, molduras, entre otros.), y los componentes constructivos estructurales (elementos de madera laminada, elementos prefabricados de madera sólida con dimensiones finales para vigas, columnas, forjados que son los perfiles prefabricados, entre otros (Contreras et. al., 2005) (Figura 1.2).

Propuesta de Ecodiseño: Tablero aglomerado de partículas de bambú *Bambusa vulgaris* con adhesivo poli vinílico

Se propone utilizar el bambú que ya se cultiva en el estado de Puebla, así podría instalarse una planta donde se elaboren tableros aglomerados de partículas con la variedad *Bambusa Vulgaris*, la cual presenta buenas características en sus fibras para la obtención de los tableros (Moreno, 2007), en la actualidad algunos de estos cultivos de *Bambusa vulgaris* son utilizados por las empresas dedicadas a la elaboración de papel, por lo que nuevamente los lugareños venden sus cultivos por una ganancia mínima, con esta propuesta se da una alternativa para la producción de un material que pudiera utilizar las plantaciones de bambú en una planta productora de tableos aglomerados para dar un valor agregado a los cultivos de la localidad, además con estas medidas activar las economías locales pudiendo incorporar a cooperativas, micro o pequeñas empresas que generen trabajo para lugareños y personas que vivan en lugares adyacentes, también dentro del proceso de producción se siguen los parámetros establecidos dentro del ecodiseño, al utilizar productos que no son tóxicos, la menor cantidad de materia y energía sin sacrificar la calidad de los tableros, los productores podrán informar al consumidor sobre las particularidades de dicho material, para crear conciencia sobre el camino que se ha seguido éste producto para su obtención y así crear afinidad y conciencia en el consumidor para que al momento que decida desechar el material pueda

saber cómo disponer de éste y se cierre su ciclo de vida con éxito. Este proyecto pretende incluir la filosofía del ecodiseño al generar productos para minimizar los impactos ambientales, se podría involucrar a los lugareños en los proyectos de industrialización de un producto que ellos ya cultivan, lo que implicaría positivamente en elevar su nivel de vida y que a su vez su contribución impacte en la economía del poblado, y lo referiría como un producto sustentable, en varios niveles, desde el uso de agentes no tóxicos para su elaboración; hasta el desarrollo de una economía local, al dejar de importar materiales que se produzcan en la región.

Existen ya varias cooperativas en Puebla en particular la denominada Unión de Cooperativas Tosepan Titataniske, es una organización de campesinos de la sierra nororiental de Puebla, en México. Está conformada por organizaciones dedicadas a resolver algunos problemas de las comunidades, están comprometidos a elevar el nivel de vida de las comunidades integrantes de esta unión; fue creada en 1977 para enfrentar a los precios tan altos de los productos de vendedores locales, por estas circunstancias los campesinos deciden unirse para abastecerse de productos necesarios para ellos a precios justos, así nace la cooperativa teniendo como objetivo apoyarse mutuamente y combatir la pobreza. Dentro de su zona de influencia se encuentran los poblados de Tenanpulco, Acateno, Ayotoxco, Hueytamalco, Cuatzalan del progreso, entre otras, en donde el 75% de los habitantes son Nahuas y Totonacos (Pérez, 2011:123). Desde hace algunos años esta cooperativa decidió orientar sus esfuerzos a la siembra del bambú, como una barrera de los fuertes vientos y de esta manera proteger a los cafetales, con el paso del tiempo estos cultivos se han convertido en una alternativa como material de uso constructivo y para la fabricación de mobiliario artesanal o rústico, desarrollado por pequeños talleres que incrementan los ingresos de esta organización y de los productores del bambú.

Las cooperativas están involucradas no solo con las comunidades sino también con el entorno del territorio que habitan, tienen un gran potencial para desarrollar proyectos como el que se muestra en la presente investigación, proyectos que van enfocados a desarrollarse en el marco de la sustentabilidad ambiental y el compromiso social, solo hace falta el desarrollo tecnológico.

Sin embargo los productos forestales como la madera y el bambú, en la actualidad, se enfrentan a varios problemas, entre los cuales están: la difícil localización de la materia prima, sistemas obsoletos de transformación de productos, desconocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de las especies forestales, desconocimiento del mercado y de productos (Torres, 2004:15).

Con respecto a la pobre localización de la industria con relación a la localización de la extracción de la materia prima, el promedio de kilómetros que se desplazan las trazas es de 200 a 250 km, desde el lugar de la extracción hasta la industria por caminos difíciles, lo que origina costos extremadamente altos en la extracción y transporte, según Torres autor de documento "*Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo*" realizado para la SEMARNAT y la FAO, el costo del transporte representa del 40 al 60% del costo total de extracción de madera, dependiendo de las condiciones de los caminos forestales, aunado a ello, la poca o nula estrategia de distribución de los insumos genera altos impactos ambientales, motivo por el cual en esta propuesta se toma en cuenta este factor, como se ha dicho en párrafos anteriores se propone instalar una planta o industria de transformación dentro de la misma comunidad donde se cultiva el bambú, y con ello bajar no solo los costos por transportación, sino también el impacto ambiental que genera su distribución, con esta estrategia se optimizará este factor tan importante en la producción, lo anterior viene a reforzar los preceptos de la Agenda 21 del desarrollo endógeno-local versus lo globalizado. (Torres, 2004:15)

Respecto a la parte obsoleta o no adaptada, en la industria de producción de las materias primas, se propone un cambio en el proceso de producción de tableros aglomerados con el ahorro de energía eléctrica utilizada en la prensa a calor, sustituyéndola por prensas a temperatura ambiente, esto es posible si se emplea un adhesivo poli vinílico, el cual polimeriza a temperatura ambiente, y así se sustituye al adhesivo fenol formaldehído que es usual para la generación de estos tableros y con cambio también eliminar los niveles de riesgos de los trabajadores generados por la emisión tóxica de dicho adhesivo fenol formaldehído (Torres, 2004:18).

Entre las repercusiones que tiene el uso del formaldehído a la salud humana son: irritabilidad en los ojos, nariz y garganta por una exposición arriba de los 0.5 ppm³ a 1.0 ppm. En concentraciones por encima de 1.0 ppm, la exposición al formaldehído produce incomodidad extrema. Esto en una exposición a corto plazo y en una exposición a largo plazo está relacionada con cáncer, irritación y sensibilización de la piel y vías respiratorias, irritación de ojos y garganta, y toxicidad aguda. En junio de 2004, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), recomendó que el formaldehído debiera considerarse como un carcinógeno del Grupo 1. Aunque esta recomendación no es jurídicamente vinculante (Federación Europea de Construcción y Madera, 2010:9). Por este motivo es importante un cambio de adhesivo en la producción de tableros.

En la parte productiva se debe de considerar la capacitación de los trabajadores que sean parte de una cooperativa, micro o pequeña empresa, dedicada a la generación de tableros de partículas aglomeradas de bambú, con dicha capacitación se busca un mayor entendimiento del quehacer de la empresa, sus impactos ambientales, los beneficios para la comunidad además de que con la adquisición y comprensión del método empleado se puedan disminuir los riesgos para el trabajador, el método a seguir para la transformación de los culmos a tableros aglomerados, queda establecido y detallado en el capítulo 2.

Tomando el bambú que se cultiva en esta comunidad para su transformación a productos elaborados, se elimina la incertidumbre en el abasto de materia prima que contribuye al problema del cuello de botella en la industria forestal, dado su rápido tiempo de crecimiento y la disponibilidad del bambú en las plantaciones, esta materia prima nos da la posibilidad de enfrentar compromisos de calidad y de cantidad que requiere el mercado.

Una vez procesado el bambú en tableros aglomerados, se optimiza el espacio de transportación al lugar donde serán transformados en un producto de alto valor agregado, ya sean mobiliario, paneles divisorios, cielos rasos y otros productos.

³ Las siglas ppm hacen referencia a partículas por millón.

El problema del desconocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de la especie a utilizar, *Bambusa vulgaris*, se subsana con las pruebas de ensayo realizadas en el capítulo 2, el cual arroja datos que dan como resultado características para el uso de estos tableros, y así poder insertarlos en un mercado en específico.

Capítulo 2

Diseño Experimental

Metodología para la elaboración de un tablero aglomerado de Bambú con adhesivo Poli vinílico PVA

En esta investigación se obtuvo un tablero de uso no estructural del tipo de productos forestales de valor agregado, el cual puede servir para diversas aplicaciones. Se realizaron dos variedades de tableros aglomerados de partículas con adhesivo poli vinílico acetato o PVA con un entrecruzamiento a nivel molecular⁴, la variación consistió en dos porcentajes de resinosidad⁵ de los tableros.

El diseño experimental describe la elaboración del tablero aglomerado de bambú *Bambusa Vulgaris* de una capa homogénea como elementos no estructurales para la aplicación como muros divisorios, cielos rasos, mobiliario, entre otras. Para su elaboración se tomaron en cuenta diferentes características como el tamaño de las partículas, tipo y cantidad del adhesivo, distribución de las partículas, densidad del tablero y contenido de humedad (Nieto, 2003).

La mayoría de los tableros que se producen comercialmente tienen una densidad teórica⁶ intermedia de entre 0,400 gr/cm³ y 0,800 gr/cm³, por lo que en estos tableros se determinó usar una densidad teórica de 0,600 gr/cm³. El adhesivo que se usó fue un adhesivo poli vinílico por sus características de polimerización a temperatura ambiente y dos niveles R⁷:

⁴ El entrecruzamiento molecular se da al momento de la polimerización dentro de este proceso se tendrán estructuras con diferente grado de entrecruzamiento y diferentes viscosidades. Este proceso mejora las propiedades del adhesivo.

⁵ Resinosidad: referente al porcentaje de resina o adhesivo empleado.

⁶ La densidad teórica se basa generalmente en determinaciones de laboratorio, se supone que su valor se mantiene constante para todas las amasadas hechas con componentes idénticos y en las mismas proporciones.

⁷ R: Esta abreviatura hace referencia a la resinosidad del tablero o contenido en porcentaje de acuerdo al peso seco al horno de las partículas.

16% y 20%. Además los tableros fueron sometidos a diferentes pruebas, tanto de propiedades físicas como mecánicas y los resultados fueron comparados mediante un ANOVA para hacer un comparativo de la influencia de la resinosidad entre los dos tableros.

Para la realización de los ensayos se consideró, principalmente, a la norma DIN debido a que en la industria forestal es una de las más utilizadas, además de que en Venezuela, país donde se elaboraron estos tableros, se utilizan estas normas.

MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍA

Los tableros se elaboraron en colaboración con las pruebas en las Secciones de Aglomerados y Ensayos Físicos y Mecánicos de la Madera del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LABONAC), de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

a) Materiales:

1.- Culmos⁸ de *Bambusa Vulgaris*. Se utilizaron seis tallos de *Bambusa vulgaris* de cinco años de edad, cortados a 2,50 metros de longitud, procedentes del Instituto de Desarrollo Forestal (INDEFOR) de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

2.- Como adhesivo o aglutinante, se utilizó el adhesivo termoplástico acetato polivinílico entrecruzado con las siguientes características: contenido de sólidos de 51,11%, densidad de 1,161 g/ml, viscosidad de 552 cps⁹. (Contenido de partículas de sólidos).

3.- Agua. Se utilizó agua destilada al 5% con respecto al peso del adhesivo líquido.

⁸ Culmos: son los tallos o cañas de bambú

⁹ Cps: es una unidad de medida usada para medir la viscosidad y es equivalente a un milipascal por segundo o MPa·s.

b) Equipos, herramientas e insumos

Para la obtención de las partículas se utilizaron:

- Sierra circular marca Sanvick
- Viruteadora de disco marca Bezner.
- Tamiz vibratorio.
- Secadora de suspensión para partículas.

Para la obtención de los tableros:

- Balanza con una capacidad de 100 kg.
- Encoladora de partículas marca Drais.
- Encofrados (Formaletas de madera).
- Prensa hidráulica marca Becker van Huller con una capacidad de 50 Ton.

Para los ensayos físico-mecánicos:

- Sierra de disco para la elaboración de probetas
- Máquina universal para ensayos mecánicos.
- Horno de secado
- Balanza analítica y digital 2000g.

c) Metodología utilizada para la elaboración de los tableros aglomerados de partículas

1.- La selección de los culmos de Bambú. Los tallos de *Bambusa vulgaris* fueron seccionados con una sierra circular marca *Sanvick* en segmentos de 18 cm de longitud con espesores y anchos variables.

2.- La determinación de la densidad y contenido de humedad de la materia prima. Los segmentos de bambú seleccionados al azar se obtuvieron probetas con dimensiones de 3 x 3 x 10 cm. Para la determinación de la densidad en la condición verde, seca al aire y seca al horno, siguiendo la norma *DIN 52182*. La diferencia entre los pesos de la probeta

en la condición húmeda y seca al horno, se utilizó para el cálculo del contenido de humedad del bambú.

3.- El viruteado y tamizado de las partículas. Los segmentos de *Bambusa vulgaris* de 180 mm de longitud fueron procesados en la viruteadora de disco marca Bezner, obteniéndose partículas con dimensiones promedios de 20 mm de longitud, ancho variable y espesor de 0,25 milímetros. El proceso de viruteado y tamizado se efectuó por acople directo y sistemático de las máquinas respectivas, conectadas entre sí por un sistema neumático de ciclones.

4.- La determinación del contenido de humedad inicial de las partículas. Una vez obtenidas las partículas, se tomaron muestras al azar y se pesaron para determinar su peso verde, luego se colocaron en la estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 24 horas para determinar el peso seco al horno. El contenido de humedad inicial de las partículas se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$CH_{\text{inicial}}(\%) = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso seco al horno})}{\text{peso seco al horno}} * 100$$

5.- El secado de las partículas. Partiendo del contenido de humedad inicial se procedió al secado de las partículas a una temperatura de $90 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en la secadora de suspensión marca Drais, con la finalidad de obtener un contenido de humedad final aproximado de 4%.

6.- Especificaciones para la producción de tableros aglomerados:

- Partículas: virutas de aproximadamente 20 mm de longitud, ancho variable y 0,25 mm de espesor.
- Contenido de humedad de las partículas: 4%.
- Tipo de tablero: homogéneo de una sola capa de 19 mm de espesor (0,019 m).
- Dimensiones: 550 mm x 550 mm x 19 mm (0,55 m x 0,55 m x 0,019 m)
- Densidad: 600 Kg/m³
- Encolado: Por aspersion a 2 atm (202,6 kPa) de presión.
- Resinosidades de los tableros: 16% y 20% de adhesivo acetato polivinílico entrecruzado con respecto al peso seco al horno de partículas.

- Contenido de sólidos del adhesivo: 51,11%
- Contenido de humedad del tablero al momento del prensado: 12%
- Prensado: En prensa Becker Van Hullen durante 48 horas a temperatura ambiente.

7.- Los componentes definitivos para la fabricación de los tableros se pueden apreciar en el cuadro 2.1:

Cuadro 2.1. Componentes de los tableros

Componentes	Tablero 1	Tablero 2
Partículas:	2.760,50 gramos	2.668,48 g
Cola líquida:	832,73 g	1.006 g
Agua:	41,6 g	50,3 g
Contenido de humedad del colchón:	12%	12%
Resinosidad	16%	20%
Número de tableros:	4	4

Fuente: Elaboración propia

La formulación y dosificación de los tableros aglomerados consiste en calcular matemáticamente los componentes del tablero, los cuales van a estar correlacionados con el tipo de tablero y las propiedades del tablero a producir, tomando en cuenta el tipo de partícula y el espesor del tablero.

8.- El encolado de las partículas. El encolado de las partículas secas al contenido de humedad del 4% se realizó en la encoladora Drais por aspersion del adhesivo Acetato de Polí Vinilo con un entrecruzamiento a nivel molecular a una presión de 2 atm¹⁰ y tiempo aproximado de 10 minutos. Las resinosidades de los tableros fueron del 16% y 20% de sólidos con respecto al peso seco al horno de las partículas.

¹⁰ Atm: atmosferas

9.- La formación del colchón de partículas. Luego de encoladas las partículas fueron distribuidas manualmente dentro de las formaletas de madera y sobre las láminas de aluminio, previamente parafinadas, formando de esta manera un colchón de partículas.

10.- El pre-prensado. Después de formado el colchón de partículas en un encofrado se le aplicó un peso de aproximadamente 80 Kg sobre la superficie del mismo, con la finalidad de comprimir y disminuir el tamaño para evitar el desmoronamiento del colchón a la entrada de la prensa.

11.- El prensado. El prensado del colchón con partículas encoladas se efectuó en la prensa hidráulica marca Becker Van Huller, bajo los siguientes parámetros:

- Presión específica sobre el tablero: $31,14 \text{ kg/cm}^2$ ($3,057 \text{ MPa}^{11}$).
- Presión manométrica de la prensa simple: 150 kg/cm^2 ($14,724 \text{ MPa}$).
- Temperatura de la prensa: Temperatura ambiente
- Tiempo de prensado: 48 horas.
- Espesor del tablero prensado: 0,019 metros
- Dimensiones del tablero prensado: 0,55 x 0,55 x 0,019 metros.

12.- Acondicionamiento de los tableros. Los tableros fabricados fueron almacenados en el cuarto de acondicionamiento a una temperatura de $293,15 \pm 1 \text{ K}$ ($20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)

una humedad relativa de $65\% \pm 2\%$. Ahí permanecieron el tiempo necesario para que estos alcanzaran un contenido de humedad de equilibrio del 12% aproximadamente.

13.- Dimensionamiento de los tableros. En el momento en que los tableros alcanzaron un peso constante, se les cortó sus bordes con una sierra circular, para obtener las dimensiones de 0,55 m x 0,55 m x 0,019 m de espesor.

14.- La extracción de las muestras para los ensayos físicos y mecánicos de los tableros. Los tableros fueron recortados en los bordes a un tamaño de 0,55 m x 0,55 m x 0,019 m de espesor. Luego se seccionaron las probetas para los ensayos de evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo con lo estipulado por las Normas Alemanas

¹¹ MPa. Mega pascal usado en para medir la fuerza que se ejerce en una superficie

DIN 52361, 52362 y 52365, respectivamente. Se evaluaron las propiedades físicas de densidad y contenido de humedad y las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión (MOR) y tracción perpendicular a la superficie del tablero. Estos ensayos se realizaron en la Sección de Ensayos del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LABONAC). En el cuadro 2.2, se presentan los ensayos realizados.

Cuadro 2.2. Relación de la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica de 600 Kg/m³ y dos niveles de resinosidad de 16% y 20%.

Descripción del Ensayo	Norma DIN	Número probetas / Tablero
Contenido de humedad y densidad	52361	10
Resistencia a la flexión	52362	10
Tracción perpendicular	52365	10

Fuente: Elaboración propia

Para realizar las comparaciones de los resultados de cada propiedad se tomó como referencia la Norma Venezolana *Covenin 847-91* y la Norma Alemana *DIN 68761* para tableros de partículas de madera de uso general en prensado plano.

Las especificaciones pertinentes a la fabricación de los tableros aglomerados con partículas de *Bambusa vulgaris* se presentan en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Dosificación de los componentes que conforman los tableros de partículas de residuos de *Bambusa Vulgaris* a dos niveles de resinosidad de 16% y 20%.

Componente	Resinosidad del Tablero 16%	Resinosidad del Tablero 20%
Partículas al 4% de CH (g)	2760.50	2668.48
Adhesivo PVA-Entrecruzado al 51,11% de sólidos (g)	832.73	1006
Agua agregada (g)	41.6	50.3
Contenido de humedad del colchón al momento del prensado (%)	12	12

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

Para evaluar el efecto del factor resinosidad sobre las variables respuestas correspondientes a los ensayos físicos de densidad y contenido de humedad y ensayos mecánicos de flexión estática y tracción perpendicular, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) simple, con un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$, utilizándose el software de análisis estadístico STATGRAPHICS Centurion.

Por otra parte, cuando el análisis de varianza (ANOVA) indica que existe una influencia estadísticamente significativa entre el factor sobre las variables respuesta, se realizó una discriminación de medias mediante el test de Fisher LSD.

Densidad de la especie

Los valores promedios de densidad de los culmos de *Bambusa vulgaris* para la elaboración de tableros aglomerados de partículas, a un nivel de densidad teórica de 600 kg/m³ y dos niveles de resinosidad de 16% y 20%, se presentan en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Valores promedios de densidad y contenido de humedad de los culmos de *Bambusa vulgaris* para la elaboración de tableros aglomerados de partículas.

Densidad	Valor de la propiedad (g/cm³)	Contenido de Humedad (%)
Condición verde	0,825	80
Condición seca al aire	0,694	12
Condición seca al horno	0,635	4

Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC

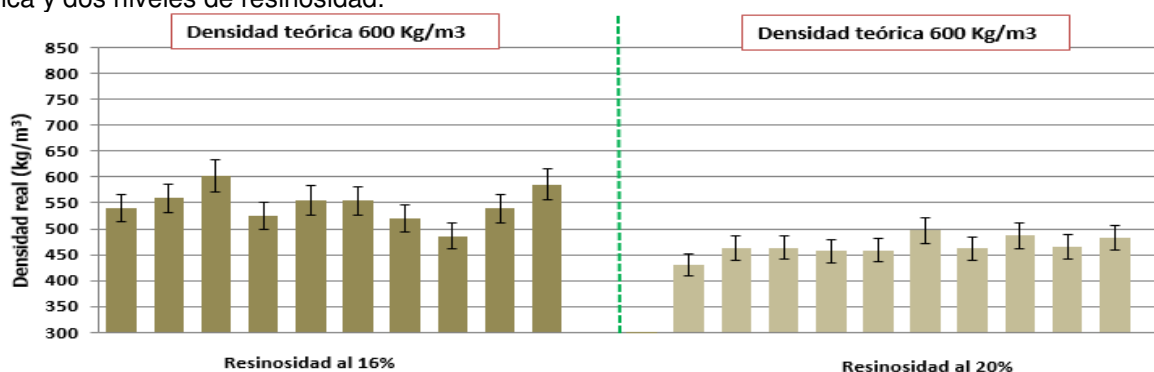
Propiedades físicas de los tableros aglomerados de partículas de Bambusa Vulgaris.

Densidad de los tableros

Según la norma Alemana DIN 52361 el ensayo se realiza con probetas que han estado en acondicionamiento, determinándose el volumen y el peso de la probeta. Los tableros aglomerados de densidad media se producen con densidad comprendida entre los 400 y 800 kg/m³.

En la Figura 2.1, se presentan los valores promedios de densidad de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica de 600 kg/m³ y dos niveles de resinosidad de 16% y 20% respectivamente. Para la densidad nominal de 600 kg/m³ y una resinosidad del 16%, los valores promedios se ubicaron en 486 kg/m³ y 602 kg/m³ y en el rango de 430 kg/m³ y 497 kg/m³ para los tableros con resinosidad del 20%. Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2.5), muestran que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95,0% de confianza, entre la media de densidad y las dos resinosidad. De igual manera, se puede apreciar en la figura 2.1, que para la Resinosidad del 20% la densidad real fue menor a la teórica (600 kg/m³), esto se dio debido a que al aplicar más Resinosidad, es decir más adhesivo, hubo mayor contacto entre las partículas y por ende menos espacios vacíos.

Figura 2.1. Valores promedios de densidad de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad.



Fuente: Elaboración el laboratorio de LABONAC

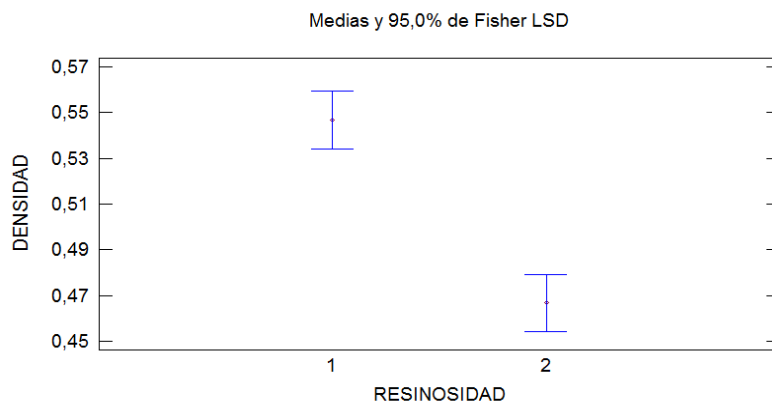
Cuadro 2.5. ANOVA y valor-P para densidad por resinosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,032	1	0,032	44,67	0,0000
Intra grupos	0,0128932	18	0,000716289		
Total (Corr.)	0,0448932	19			

Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

Como el análisis de varianza (ANOVA) determinó que existe una influencia estadísticamente significativa del factor sobre la variable respuesta, se llevó a cabo una discriminación de medias mediante el test de Fisher LSD (Figura 2.5.).

Figura 2.2. Comparación de medias resinosidad con respecto a la densidad real del tablero.



Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

A través del test de Fisher LSD, se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras y se pudo comprobar que si existe diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel de confianza del 95,0%.

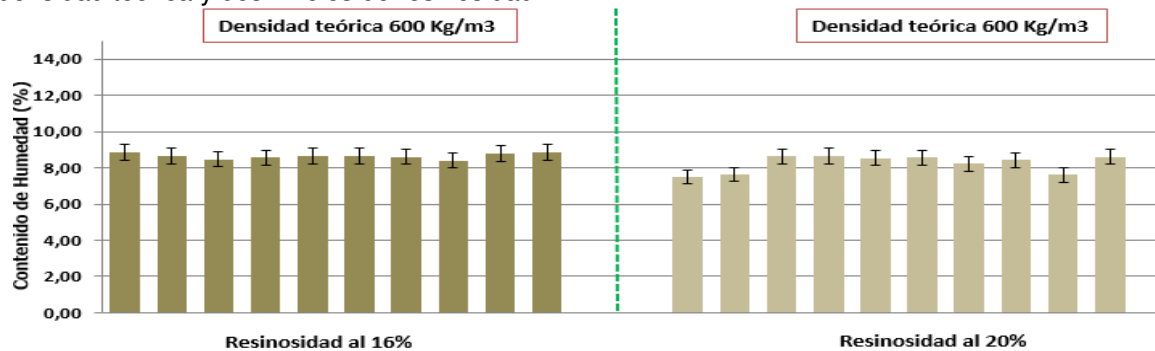
Contenido de humedad de los tableros

El ensayo de humedad consiste en tomar las diferencias de peso entre las muestras húmedas y secas, luego de ser introducidas a un horno hasta que su peso es constante. Norma Alemana DIN 52361.

Para la densidad nominal de 600 kg/m³ y una resinosidad del 16%, los valores promedios se ubicaron en el rango de 8,41% a 8,86%, y en el rango de 7,50% a 8,65% para los

tableros con resinosidad del 20%. Los valores promedios obtenidos de contenido de humedad se presentan en la figura 2.3. Los resultados del análisis de varianza expuesto en la Cuadro 2.6., mostraron que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de contenido de humedad entre un nivel de resinosidad y otro, con un nivel de confianza del 95,0%.

Figura 2.3. Valores promedios de contenido de humedad de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad.



Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

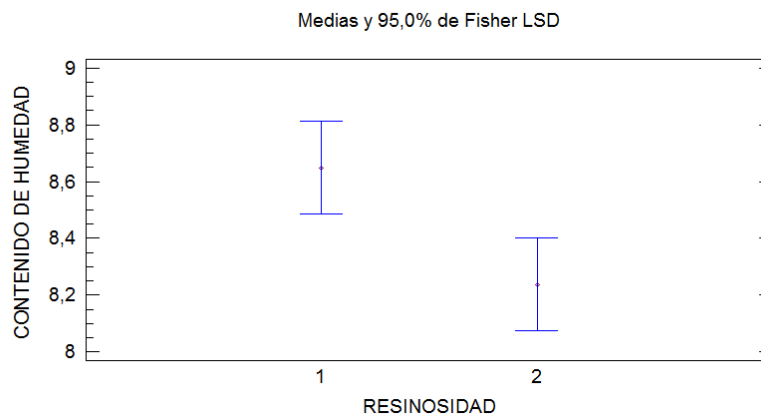
Cuadro 2.6. ANOVA y valor-P para contenido de humedad por resinosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,84625	1	0,84625	6,95	0,0167
Intra grupos	2,19069	18	0,121705		
Total (Corr.)	3,03694	19			

Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que existe una influencia estadísticamente significativa en la interacción del factor sobre el contenido de humedad (%), y para verificar esta diferencia se realizó una discriminación de medias mediante el test de Fisher LSD como se aprecia en la figura 2.4. Esta diferencia en el contenido de humedad, pudo haberse dado por el contacto entre adhesivo y partículas, al aumentar la resinosidad del 16 al 20%, estamos incorporando más adhesivo y se tendría mayor contacto posible entre las partículas y menor absorción de humedad, caso contrario para la resinosidad del 16%, teniendo menor contacto entre las partículas, permitiendo la formación de mayor espacios vacíos y por ende mayor absorción de humedad.

Figura 2.4. Comparación de medias resinosidad con respecto al contenido de humedad.



Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

Como se puede apreciar en el método empleado de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para la discriminación entre las medias, se pudo determinar que cada par de medias muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

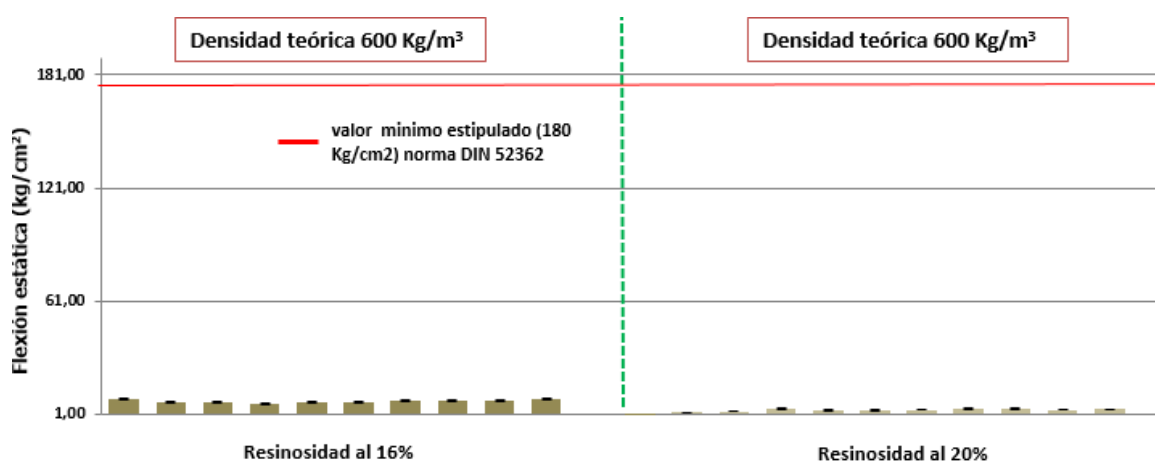
Propiedades mecánicas de los tableros aglomerados de partículas de *Bambusa vulgaris*.

Flexión estática (MOR)

En la figura 2.5, se presentan los valores promedios de flexión estática de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica de 600 kg/m^3 y dos niveles de resinosidad de 16% y 20% respectivamente. Para la densidad nominal de 600 kg/m^3 y una resinosidad del 16%, los valores promedios se ubicaron en $6,73 \text{ kg/cm}^2$ y $8,86 \text{ kg/cm}^2$ y en el rango de $2,01 \text{ kg/cm}^2$ y $4,09 \text{ kg/cm}^2$ para los tableros con resinosidad del 20%. Los resultados del análisis de varianza visto en el cuadro 2.6, muestran que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de flexión estática entre un nivel de resinosidad y otro, con un nivel de confianza del 95,0%. De la figura 2.5, se puede apreciar que los valores de la propiedad de flexión para ambas resinosidad están ubicados muy por debajo del valor

mínimo estipulado por las normas DIN y la Covenin Venezolana (180 kg/cm²), no cumpliendo con las normas para tableros aglomerados de uso estructural. Cabe resaltar que el acetato poli vinílico, es un adhesivo termoplástico, el cual se vuelve rígido a temperaturas ambiente y maleable al estar a temperaturas intermedias entre los 30°C y 50°C, de manera que no es un adhesivo estructural y no le confirió al tablero resistencia al someter esfuerzos en flexión. En los tableros de resinosidad 16%, presentaron mayor resistencia al esfuerzo de flexión, comprobando de esta manera el efecto de la humectación de las partículas: al aumentar los niveles de resinosidad se incorpora más humedad, trayendo como consecuencia menor resistencia a la flexión.

Figura 2.5. Valores promedios de flexión estática de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad.



Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

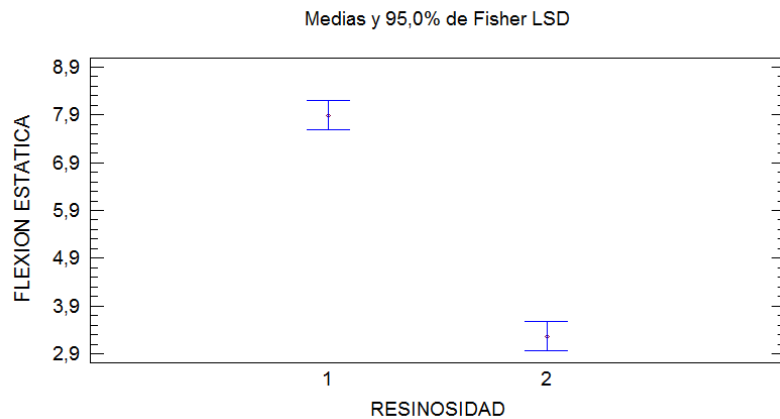
Cuadro 2.7. ANOVA y valor-P para flexión estática por resinosidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	106,399	1	106,399	247,98	0,0000
Intra grupos	7,72299	18	0,429055		
Total (Corr.)	114,122	19			

Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

Como el análisis de varianza (ANOVA) determinó que existió una influencia estadísticamente significativa del factor sobre la variable respuesta, se llevó a cabo una separación de medias mediante el test de Fisher LSD (Figura 2.7).

Figura 2.6. Comparación de medias resinosidad con respecto a la resistencia a la flexión estática.



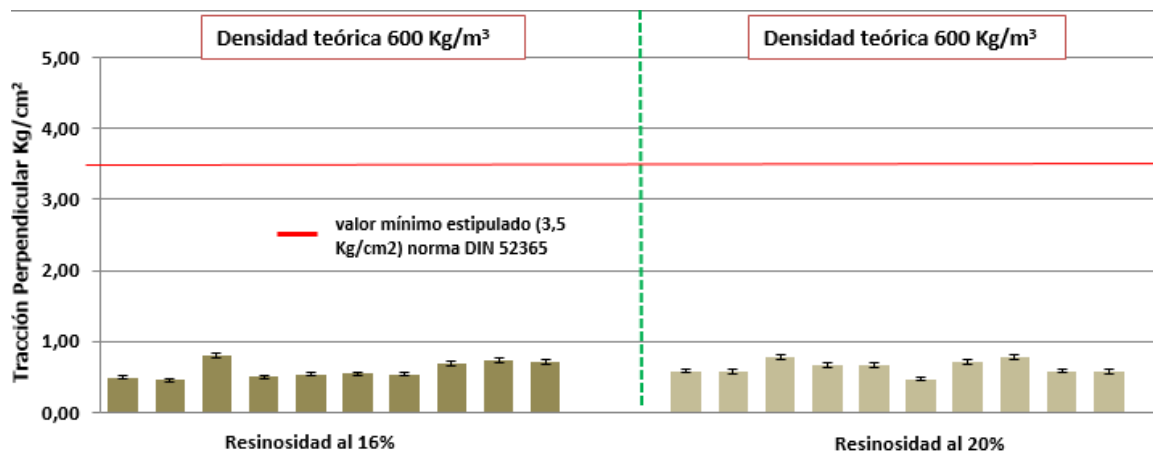
Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

Con el procedimiento de comparación múltiple aplicado mediante el test de Fisher LSD (diferencia mínima significativa), para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se puede afirmar que cada par de medias es significativamente diferente con un nivel de confianza del 95,0%, lo cual nos indica que existe un efecto significativo de la resinosidad sobre el módulo de ruptura.

Tracción perpendicular a la superficie del tablero

Los resultados promedios para la tracción perpendicular a la superficie en los tableros de densidad teórica de 600 kg/m^3 y una resinosidad del 16% se ubicaron en el rango de $0,46 \text{ kg/cm}^2$ y $0,81 \text{ kg/cm}^2$ y para los tableros con resinosidad del 20% se ubicaron en $0,46 \text{ kg/cm}^2$ y $0,78 \text{ kg/cm}^2$ como se expresa en la figura 2.7. Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2.8.), mostraron que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de tracción perpendicular entre un nivel de resinosidad y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Figura 2.7. Valores promedios de tracción perpendicular de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad.



Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

Comparando los valores obtenidos de tracción perpendicular a la superficie del tablero, con los valores mínimos de 3,5 Kg/cm² permitidos por la Norma Alemana DIN 52365 para tableros de 13-20 mm de espesor, se puede observar que los tableros de densidad 600 kg/m³ y en ambas resinosidades no cumplieron con lo estipulado por las Normas DIN y Covenin venezolana, ya que sus valores se ubicaron por debajo del valor mínimo requerido. Como en el caso de la propiedad de flexión, la resistencia a la tracción presentó el mismo comportamiento, resaltando que el acetato poli vinílico, es un adhesivo termoplástico, el cual se vuelve rígido a temperaturas ambiente y maleable al estar a temperaturas intermedias entre los 30°C y 50°C, de igual manera no es un adhesivo estructural que no le confirió al tablero resistencia al someter esfuerzos de tracción.

Cuadro 2.7. ANOVA y valor-P para tracción perpendicular por resinosidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00512	1	0,00512	0,40	0,5346
Intra grupos	0,22986	18	0,01277		
Total (Corr.)	0,23498	19			

Fuente: Elaboración del laboratorio de LABONAC

Se concluye que la densidad influye en las propiedades físico-mecánicas. El tablero 2 con el 20% de resinosidad fue el que presentó mejores características debido a que tienen la mejor adhesión interna, presenta una buena estabilidad.

CAPÍTULO 3.

La aplicación de Ecodiseño. Análisis de ciclo de vida ACV COCLOWEN

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue determinar la factibilidad tecnológica de *Bambusa vulgaris* como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados de partículas, con una densidad de 600 kg/m³, con adhesivo poli vinílico PVA con dos niveles de resinosidad de 16 % y 20%. Se presenta el análisis de ciclo de vida según el método COCLOWEN sobre el proceso de elaboración del material aglomerado de partículas de bambú *Bambusa vulgaris* donde se describen los pasos a seguir de este análisis y los resultados obtenidos.

El análisis de ciclo de vida es un instrumento que requiere ser situado en una región específica para determinar los impactos que causaría éste material dentro de sus etapas de vida: extracción, distribución, uso y descarte. Por lo que se tomó a la comunidad de San José de Acateno, Estado de Puebla, México, debido a que en dicha comunidad se siembra bambú de la variedad *Bambusa Vulgaris* y sería factible para la generación de una micro o pequeña empresa productora de tableros aglomerados de partículas.

El ACV-COCLOWEN es un análisis destinado para los productos forestales (industria de madera laminada, tableros y del mueble); Este simplifica los métodos de análisis y la disminución de la escala de dependencia tecnológica, complejidad y pragmatismo, implementa la herramienta técnica de decisión multi criterio llevado por expertos que tienen su ámbito de trabajo dentro de áreas en el sector forestal; dicha experticia permite eliminar la subjetividad en la manera de evaluar las etapas del proceso del sistema

producto, para desarrollar las técnicas y estrategias de desarrollo en todas las áreas del conocimiento así como productivas con decisiones acertadas y concertadas. Este análisis toma como base la norma *ISO 14040:1998, 14041:1998, 14042:2000, 14043:2000, 14048:2002, 140147/14049, 150041*, las cuales versan sobre el análisis de ciclo de vida.

Proceso metodológico del Análisis de Ciclo de Vida del tablero aglomerado de partículas con Adhesivo poli vinílico acetato (PVA)

Abordar un análisis de ciclo de vida según la norma ISO 14040 exige del cumplimiento de varios formatos que permitan tanto al equipo de expertos que lo realiza, como de quienes lo consultan, la incorporación de información técnica expuesta de forma precisa, clara, comparable y verificable. De ahí que se exponga en la cuadro 3.1, las características técnicas más importantes del sistema producto de los tableros de partículas de bambú y adhesivo base polivinilo PVA.

Los aspectos a evaluar se determinan en una escala que va de -3: Alto impacto negativo; -2: Impacto negativo medio; -1 Muy poco impacto negativo; 0: Neutro; 1: Muy poco impacto positivo; 2: Impacto positivo medio; 3: Alto impacto positivo, sobre ecosistemas naturales, beneficios socio económicos o seguridad industrial para los trabajadores y comunidades adyacentes a la industria, entre otros, en las 23 etapas que se especifican en la figura 3.2.

Cuadro 3.1. Aspectos técnicos del sistema producto de los tableros de partículas aglomeradas de bambú (*Bambusa Vulgaris*) y adhesivo PVA para la determinación del ACV a través del método ACV-COCLOWEN (Contreras, 2009).

Sector

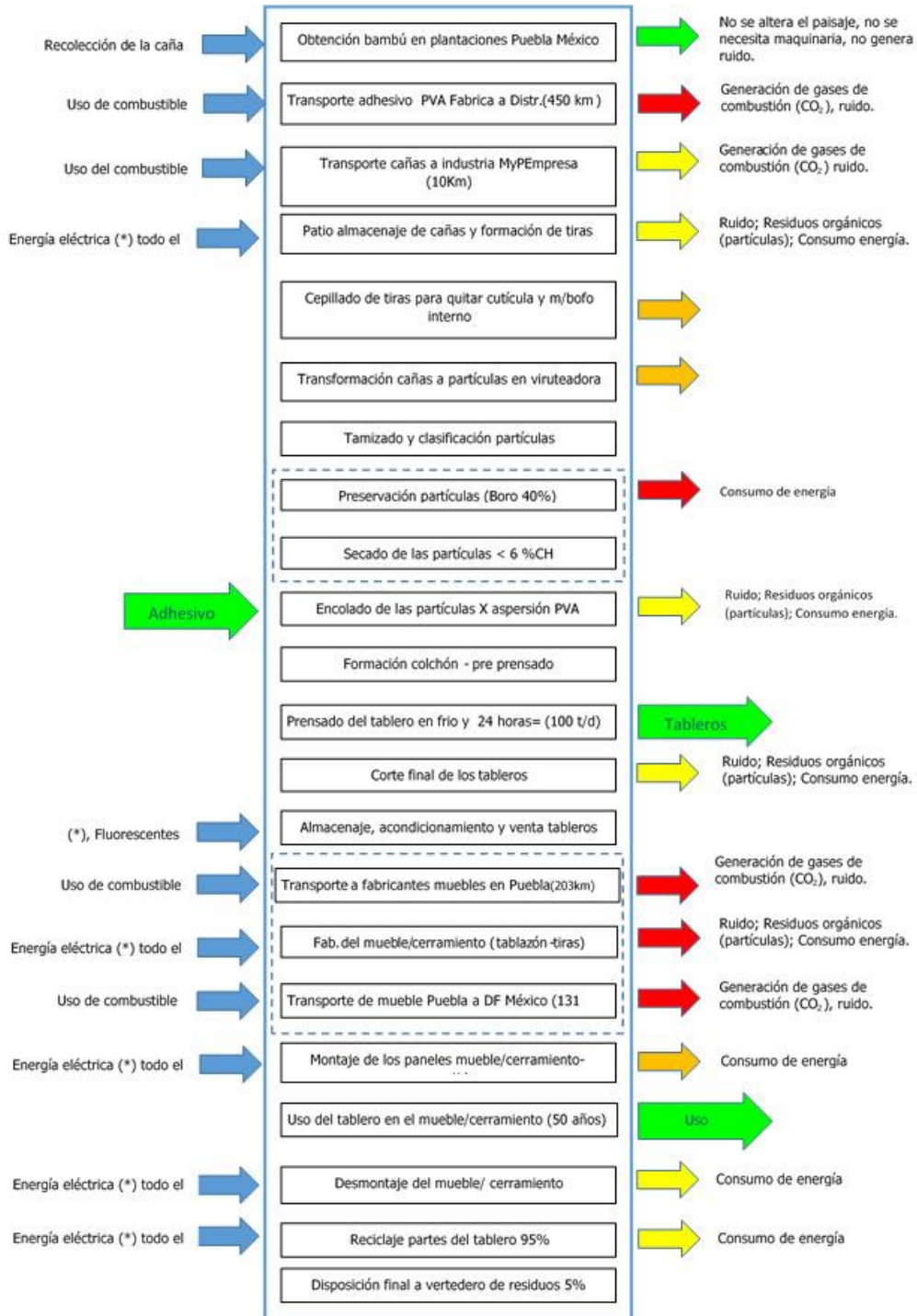
Forestal de México

Industria	Tableros aglomerados de partículas (industria forestal)
Objetivos	Realizar el estudio y determinación de los principales impactos económicos, sociales y ambientales para evaluar los niveles de sustentabilidad de un producto forestal, tipo tablero de partículas de bambú y adhesivo PVA, mediante un ACV a partir del método analítico y gráfico, ACV-COCLOWEN.
Procedimiento asignado en la asignación de cargas	Análisis de ciclo de vida a partir del método analítico y gráfico ACV-COCLOWEN
Tipo de impacto y metodologías usadas	Tipos de impactos ambientales, de daño a la salud humana, daños a los ecosistemas y daños a los recursos naturales; nivel de beneficios sociales, económicos y factores de riesgo en los proceso de manufactura.
Referencias y Origen (Bibliografía)	Contreras y cloquell (2006) norma <i>ISO 14040:1998, 14041:1998, 14042:2000, 14043:2000, 14048:2002, 140147/14049, 150041</i>
Método de recopilación	COCLOWEN
Generador de tratamientos de datos de su calidad	Dr. Wilver Contreras Miranda, Dr. Vicente Croquell Ballester, Dr. José Luis Vivancos Bono, Dra. Mary Elena Owen, Dr. Lucio Guzmán Mares.
Verificación	Dr. Wilver Contreras Miranda, Dra. Mary Elena Owen, Lic. Pamela Estrada
Comentarios	El presente trabajo ha permitido la definición de la Unidad Funcional ha sido sacado a partir de 1m ² de tablero de uso no estructural, homogéneo de partículas de bambú. El adhesivo empleado por criterios propios del proyecto fue poli vinílico con una resinosidad del 20%. Tipo de tablero desnudo, sin acabado.
Alcances	Determinar los principales impactos que causaría la producción de éste material.
Unidad funcional	Tablero experimental de 55 x 55 x 1.9 cm. Con una densidad teórica de 600kg/m ³ que presenta una composición de partículas de bambú <i>Bambusa Vulgaris</i> con adhesivo PVA al 20% y un contenido de humedad del 12%
Sistema producto	El sistema producto queda definido por el flujograma de entradas, etapas de proceso y salidas, expuesto en la figura 3.1. De las principales etapas del proceso del ciclo de vida del producto.

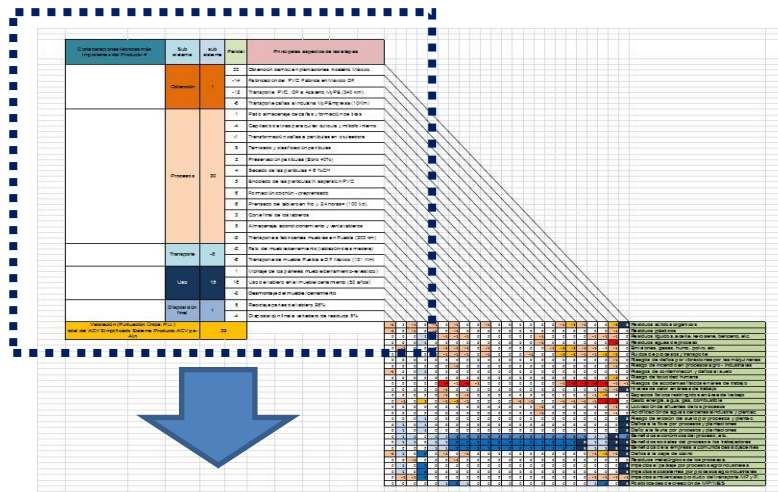
Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión del Análisis de Ciclo de Vida ACV – Coclowen del tablero aglomerado de partículas con Adhesivo poli vinílico acetato (PVA)

FIGURA 3.1 Vista del modelo global del sistema producto, de los tableros aglomerados de partículas con sus entradas, procesos y salidas.

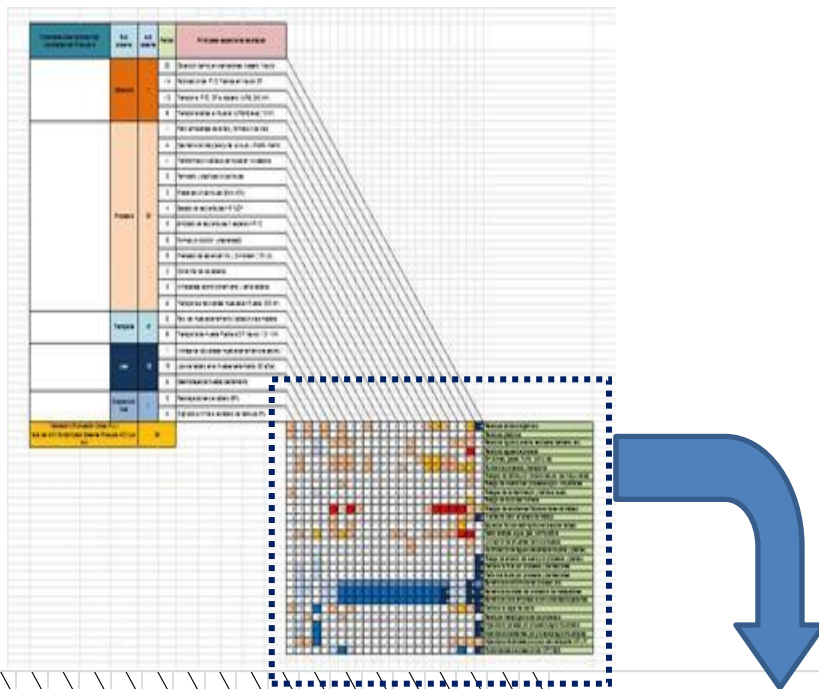


Fuente: elaboración propia.



Consideraciones técnicas más importantes del Producto #	Sub sistema	sub sistema	Parcial	Principales aspectos de las etapas
Los tableros aglomerados de bambú <i>Bambusa Vulgaris</i> con adhesivo Polivinilico Acetato PVA. Las materias primas se obtienen las cañas como	Obtención	1	33	Obtención bambú en plantaciones Acateno México
			-14	Fabricación del PVA Fábrica en México DF
			-12	Transporte PVA, DF a Acateno MyPE (340 km)
			-6	Transporte cañas a industria MyEmpresa (10Km)
	Procesos	30	1	Patio almacenaje de cañas y formación de tiras
			-4	Cepillado de tiras para quitar cuticula y m/bofo interno
			-1	Transformación cañas a partículas en virteadora
			5	Tamizado y clasificación partículas
			2	Preservación partículas (Boro 40%)
			4	Secado de las partículas < 6 %CH
			5	Encolado de las partículas X aspersión PVA
			6	Formación colchón - prensado
			6	Prensado del tablero en frio y 24 horas= (100 t/d).
			3	Corte final de los tableros
			5	Almacenaje, acondicionamiento y venta tableros
			-2	Transporte a fabricantes muebles en Puebla (203 km)
	Transporte	-8	-2	Fab. del mueble/cerramiento (tablazón-tiras madera)
			-6	Transporte de mueble Puebla a DF México (131 Km)
	Uso	15	1	Montaje de los paneles mueble/cerramiento-revestido)
			16	Uso del tablero en el mueble/cerramiento (50 años)
			-2	Desmontaje del mueble/ cerramiento
	Disposición final	1	5	Reciclaje partes del tablero 95%
			-4	Disposición final a vertedero de residuos 5%
Valoración total del ACV Simplificado Sistema Producto ACV ps-Atn		39		

FIGURA 3.3. Representación parcial de algunas de las características más importantes de las etapas que conforman el Sistema Producto – ACV: COCLOWEN del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido). Fuente: Elaboración del consejo técnico de expertos de ACV.



-1	2	-1	0	-1	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-1	0	0	-2	3	Residuos sólidos orgánicos	
-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	Residuos plásticos
0	0	0	1	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	Residuos líquidos, aceite, kerosene, benceno, etc.
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-3	0	Residuos aguas de proceso
0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	-1	-2	-2	-1	-1	-2	-1	0	0	0	Emisiones, gases, humo, polvo, etc.
0	-1	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	-1	0	-2	-2	-1	-1	-2	-2	0	0	0	Ruidos de procesos y transporte
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	Riesgos de daños por vibraciones por las maquinarias
0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	Riesgo de incendio en procesos agro - industriales
-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Riesgos de contaminación y daños al suelo
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	Riesgo de toxicidad humana
0	0	0	0	0	-3	-1	-3	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1	Riesgos de accidentes físicos en área de trabajo
0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	3	0	Niveles de calor en áreas de trabajo
0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2	0	0	0	0	Espacios físicos restringidos en área de trabajo
0	-1	0	2	0	-1	-2	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-3	-3	0	0	0	Gasto energía, agua, gas, combustible
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	Lixiviación de afluentes de los procesos
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	Acidificación de aguas cercanas a industria y plantac.
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Riesgo de erosión del suelo por procesos y plantac.
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Daños a la flora por procesos y plantaciones
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Daño a la fauna por procesos y plantaciones
0	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	Beneficios económicos del proceso, etc.
0	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	3	Beneficios sociales del proceso a los trabajadores
0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	3	Beneficios de la empresa a comunidades adyacentes
-1	1	0	2	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-1	3	0	Daños a la capa de ozono
0	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Residuos metalúrgicos de los procesos.
0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Impactos al paisaje por procesos agroindustriales
0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Impactos ecosistemas por procesos agroindustriales
0	-1	-1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	Impactos ambientales producto del transporte MP y P.
0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	Posibilidades de creación de MPYMES

FIGURA 3.4. Representación parcial de las valoraciones según escala (-1: Muy poco impacto negativo; -2: Impacto negativo medio; -3: Alto impacto negativo; 0: Neutro; 1. Muy poco impacto positivo; 2: Impacto positivo medio; 3: Alto impacto positivo, sobre ecosistemas naturales, los beneficios socio económicos o seguridad industrial de trabajadores y comunidades adyacentes a la industria, entre otros), de las 23 etapas descritas en la figura 3.1 y 3.2 que conforman el Sistema Producto – ACV: COCLOWEN del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido). Fuente: Evaluación realizada por el consejo técnico de expertos de ACV, Lic. Pamela Estrada De La Rosa, Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. Mary Owen de Contreras.

Al desarrollar el Análisis de Ciclo de Vida de los tableros aglomerados de partículas de bambú y PVA (R: 20%) a ser manufacturados en la población rural de San José de Acateno, Estado de Puebla, México, haciendo uso del Método ACV-Coclowen simplificado preliminar, se aprecia en las figuras 3.1. y 3.2. (Representación total del Sistema Producto-SP), 3.3. (Representación parcial de las etapas del SP) y 3.4. (Representación parcial de los indicadores y las evaluaciones respecto a las etapas del SP), las valoraciones de la totalidad de cada una de las etapas con los indicadores de impactos ambientales, beneficios sociales, económicos y las condiciones de riesgo de seguridad industrial, sucedidas a través de cada una de las etapas que conforman el Sistema Producto. Seguidamente el análisis resumido de los principales aspectos técnicos del ACV para los tableros aglomerados de partículas de bambú y PVA en cada una de sus principales etapas:

Etapas de Obtención de Materia Prima. En esta etapa se resalta la valoración positiva más alta del análisis sistémico (PU= +33: figura 3.4., figura 3.5. y figura 3.7.), en virtud de los altos beneficios ambientales que los expertos han sabido reconocer en el marco del Desarrollo Sostenible, que tiene el establecimiento de las plantaciones de bambú en el sector adyacente a la comunidad rural de San José de Acateno. Se resaltan los siguientes beneficios: la mejora estética del paisaje y del potencial hídrico; la captación de carbono, las plantaciones generan biomasa que sirve como abono al suelo, su rápido crecimiento permite cubrir la demanda de cañas de bambú para la actividad manufacturera de tableros y artesanías diversas. Esta etapa, se ve afectada por la valoración PU= - 14, del

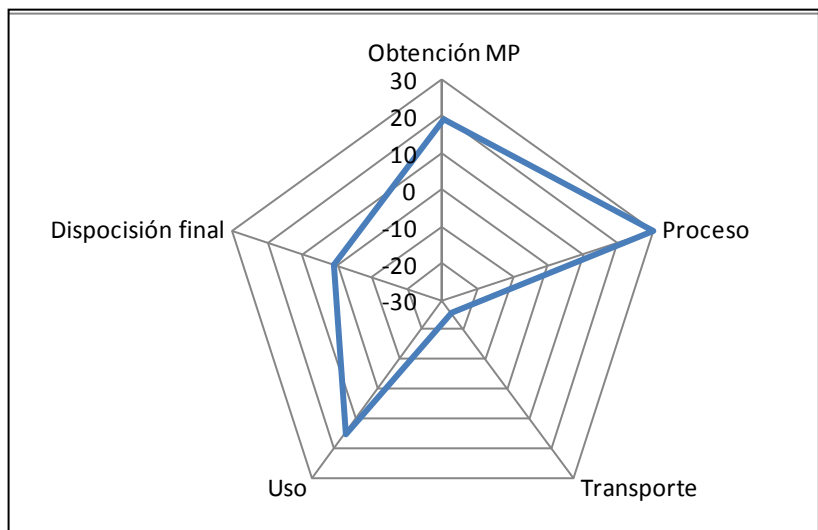


FIGURA 3.5. Representación de la totalidad de los impactos en cada una de las etapas del Sistema Producto de tableros aglomerados de partículas de bambú con adhesivo PVA. Fuente: Elaboración propia.

proceso de manufactura del PVA en la planta industrial localizada en México DF, especialmente definidos por los niveles de toxicidad de sus procesos químicos, los vertidos-emisiones-residuos de los procesos industriales. La matriz de la figura 3.7 incluye en la etapa de obtención de materia prima al transporte, siendo sólo referencia para el análisis de la etapa ya que la suma total de la valoración de impactos por esta actividad en las diversas etapas del SP (obtención y transporte de cañas; obtención y transporte de PVA; transporte para la distribución y venta, así como la disposición final), se unifican en la etapa correspondiente a transporte analizada más adelante.

La etapa de obtención de materia prima confirma los aspectos positivos del establecimiento de plantaciones forestales de bambú, su aprovechamiento, transformación y fabricación de paneles divisorios (muros y entre muros), techos, mobiliario y diversidad de artesanías, estas últimas elaboradas por las comunidades indígenas del Estado de Puebla, lo cual viene a ser un alto valor agregado de la cultura de la región y los claros beneficios socio económicos que ello implica para sus creadores. Es motivación espiritual ver sus obras artesanales de alto colorido, geometrismo y texturas incorporados como tejidos de esterillas de tiras de bambú en el diseño de muros y entre muros, muebles y artesanías.

Por otro lado, se hace énfasis en la valoración de PU= - 1 respecto al indicador de riesgos en las áreas de trabajo, siendo el de mayor particularidad en esta etapa, el de riesgo de accidentes en el mantenimiento y extracción de cañas en las plantaciones de bambú debidas a picaduras de serpientes, machucones y cortes con herramientas filosas.

Los beneficios socio-económicos son: la incorporación de mano obra local y regional de las poblaciones indígenas; mejores ingresos económicos a trabajadores y a las comunidades adyacentes a las plantaciones (+3 en etapa de obtención de materia prima y proceso: figuras 3.1 y 3.2), así como, la formación de micro empresas para cada uno de los primeros procesos del SP (plantación-obtención de cañas, transporte de cañas, formación de pseudo-esteras de las cañas y la diversidad de tejidos artesanales de estereras como acabado final de muebles y muros divisorios, pared-techos). Estas microempresas cubrirían la demanda de materia prima a la producción de la pequeña empresa manufacturera de los tableros aglomerados de partículas y fortalece el

desarrollo local o endógeno, uno de los preceptos de la Agenda 21. Ratifica los criterios de valoración expuestos en la figura 3.2 donde se alcanza la segunda mayor valoración positiva (PU: +19) en lo que respecta a beneficios socio económicos en la etapa de obtención de materia prima.

Etapas de procesos de manufactura de los tableros. Al concluir el ACV del Sistema Producto de los tableros de partículas de bambú con PVA, permitió llegar a inferir que: es un producto afín a los principios de las dimensiones del Desarrollo Sostenible. Su valoración parcial en esta etapa (PU:+33), es producto de las consideraciones que en su conjunto vienen a generar las actividades positivas socio productivas artesanales referidas a la promoción y desarrollo de plantaciones forestales de gramíneas, la incorporación de mano de obra campesina, formación de organizaciones productivas, incorporación de los valores culturales endógenos, que entre otros, se suman a procesos semi industriales que tienen previstos la implementación del uso de tecnología ecoeficiente en la MiPyME, sistemas de gestión medioambiental y el ecodiseño en la concepción de los productos manufacturados. Éstos preceptos deben llegar a generar mínimos impactos por menor consumo de energía y racionalización de procesos; pocos residuos-vertidos-emisiones que representen riesgos de toxicidad y contaminación a personas y medio ambiente; daños por vibración y calor en cada etapa de los procesos del Sistema Producto; además de la generación de oportunidades de trabajo, mejores ingresos y beneficios socio económicos a trabajadores y comunidades involucradas.

En las figuras 3.4; 3.5; 3.6, se denota que existen valoraciones negativas de PU: -3 para varias etapas del SP referidas al indicador de riesgos para los trabajadores en el área de trabajo. Se considera factible la posibilidad de accidentes por corte de herramientas, vibraciones, polvo y ruidos en el proceso global de manufactura en las instalaciones de la MiPyME.

Etapa de procesos de transporte de materias primas y de los tableros. En referencia a la etapa de transporte, como se puede ver en la figura 3.6 y todas las antes señaladas, se resaltan iguales valores negativos por los altos riesgos de accidentes en la carretera de autopistas y vías rurales, haciendo la acotación de que los expertos consideraron el uso de unidades de transporte modernas con aire acondicionado y buen mantenimiento, garantía de seguridad y confort al chofer.

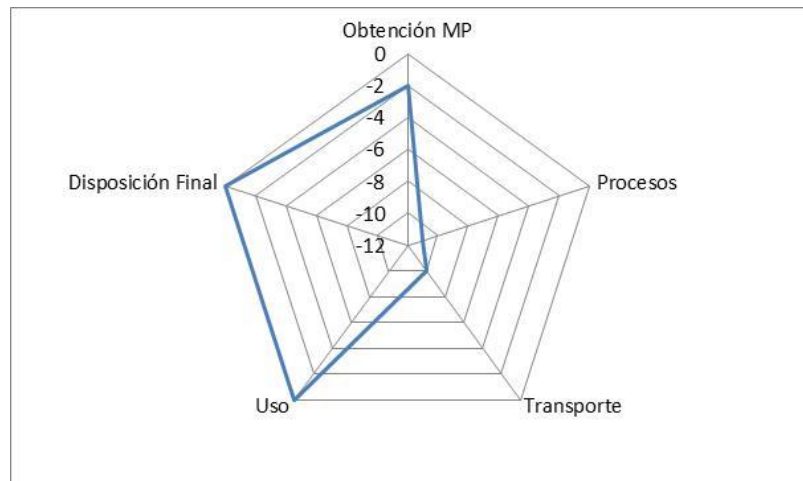


FIGURA 3.6. Representación de los impactos referidos al indicador de riesgos de accidentes físicos en el área de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Los valores negativos más altos de esta etapa por riesgo y emisiones de CO₂ fue el de

PU=-12: Figuras 3.3 y 3.5, el cual corresponde al proceso de traslado del adhesivo desde la Ciudad de México hasta la MyPE localizada en San José de Acateno con una distancia de más de 340 km, seguido de los valores iguales de PU=-6: Figuras 3.3 y 3.5, de las dos etapas de transporte de cañas desde la plantación hasta la MyPE y la de tableros a la industria manufacturera de muebles en la ciudad de Puebla.

Etapa de uso de los tableros de partículas de bambú y PVA. La puntuación única parcial de esta etapa (PU=+15: Figuras 3.3, 3.4. y 3.5.), permite inferir que una vez entregado el tablero de partículas por la MiPyPE de San José de Acateno a las diversas pequeñas empresas localizadas en la ciudad de Puebla, los expertos evaluadores definieron en su conjunto claros beneficios ambientales en la fijación de carbono y disminución de uso de materia prima natural de las plantaciones forestales con un tiempo de uso estimado en 50 años de los muebles, muros divisorios y artesanías como cobertura de necesidad del usuario para el confort en sus hábitat residenciales o de trabajo. Una de las nuevas concepciones del Ecodiseño es procurar productos que parezcan clásicos para aumentar el nivel de querencia y pertenecía en el tiempo de los

objetos industriales, ya que la mayor prolongación de uso, viene a representar menor requerimiento de materias primas, nuevos procesos e impactos al medio ambiente.

En esta etapa se da una valoración de $PU=-2$ para la totalidad de la sub etapa de desmontaje del mueble, ya que se han considerado los pocos residuos generados de tipo metálico, partículas de tableros y revestimientos diversos; riesgos de daños físico como cortes y machucones; y el transporte desde la residencia hasta el vertedero.

Etapa de disposición final de los tableros. Esta etapa alcanzó una puntuación única parcial de $PU=+1$: Figuras 3.3, 3.4 y 3.5, ya que se reconoce la disposición de material destinado al proceso de reciclaje en un 95% de los tableros y demás componentes de un mueble residencial. Esto deviene fundamentalmente en disminuir el uso de materias primas de la fuente ($PU=+5$) y que viene a ser disminuido por el restante 5% de material destinado al vertedero ($PU=-4$) genera poca cantidad de emisiones de metano, así como de residuos y posibles lixiviados.

Por consiguiente, el desarrollo del ACV para el Sistema Productos del tablero aglomerado de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris*) con adhesivo poli vinílico acetato (PVA-R:20%), abre una perspectiva cierta con más fortalezas que debilidades, tal como lo define el cuadro 3.2 y figura 3.7, en procurar establecer el Desarrollo Sostenible a partir de una red de MyPE en el sector rural que tiene como epicentro de la actividad socio productiva, a la población de San José de Acateno y las comunidades indígenas que habitan en el Estado de Puebla. De igual forma existe la oportunidad de rediseño de nuevos tipos de tableros fundamentados en la ecoinnovación, como garantía de mejora continua, sostenibilidad y desarrollo endógeno que tiene grandes posibilidades de ofertar y colocar productos ecológicos, con alto valor cultural y competitivo por su notable belleza en el diseño industrial y de artesanías, costos y calidad en el medio popular urbano mexicano. De ahí que al evaluar la globalidad del Sistema Producto total del tablero en referencia a la escala de sostenibilidad (Figura 3.7.), se determina que la $PU=+39$, queda establecida en el rango positivo de procesos y productos sostenibles en el marco de los principios del Desarrollo Sostenible. Es decir, se ubica en la escala de $PU (+25$ a $+125$: Valoración 1 Moderadamente Positiva), representando un 17,5% de Cobertura de Impactos Ambientales de todo el Sistema Producto y que debe ser

evaluado en sus diversas etapas que han arrojado valoraciones negativas a las cuales deben proyectarse objetivos y estrategias de ecoinnovación-ecodiseño, con la finalidad de procurar mejorar los niveles de sostenibilidad y alcanzar escalas superiores del rango de Excelencia del Sistema Producto.

En conclusión, el producto estudiado es sostenible en las dimensiones del Desarrollo Sostenible, sin embargo permite rediseño y mejoras de ecodiseño. En la escala del Sistema Producto total, las etapas de transporte y algunas sub etapas en obtención de materias primas, especialmente el tipo de adhesivo, proceso de fabricación y distancias del fabricante respecto a la MiPyME, requerirán estrategias mayores de mejoras en su manufactura que sea ecoeficiente y cambios del tipo de movilidad y seguridad industrial, que involucra la disminución de riesgos por accidente en las áreas de trabajo, entre otros indicadores evaluados.

CUADRO 3.2. Resumen de fortalezas y debilidades más resaltantes del ACV-Coclowen de las etapas que conforman el Sistema Producto del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA-R20%). Fuente: Elaboración propia.

FORTALEZAS	DEBILIDADES	ETAPAS	VALORACIÓN (PU)
Mejor la estética del paisaje; calidad del suelo; incorporación de mano de obra local y beneficio socio-económicos.	Riesgo de accidentes por cortes de herramientas; mordeduras de serpientes o alimañas; incendios.	Obtención materia prima	+ 19
Aprovechamiento de una materia prima natural alternativa; incorporación de mano de obra local y beneficio socio-económicos a las comunidades adyacentes a las plantaciones de bambú.	Riesgo de accidentes por cortes de herramientas; incendios; en las etapas de cepillado existen impactos menores de ruido y generación de polvo.	Procesos de manufactura tableros	+ 30
Generación de trabajo y posibilidad de creación de microempresas prestadores de servicio.	Riesgo de accidentes en las autopistas y vías rurales; emisiones CO ₂ a la capa de ozono.	Transporte total	- 26
Captura de carbono; disminución de uso de materia prima de bambú o madera para elaborar muebles, artesanía solventando una necesidad sentida.	Riesgo de que el tablero sea sometido a daños físicos en su uso y que éste no haya cumplido con los requerimientos de la norma.	Uso de los tableros	+ 15
El tablero tiene la fortaleza de que el 95% es reciclable.	Hay un 5% de residuos del tablero de partículas y elementos metálicos componentes del mueble que van al vertedero.	Disposición final	+1
Puntuación Único Total			39 PU



Ponderación de la importancia de los aspectos técnicos en los procesos del ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA).

Las técnicas de decisión multi-criterio son una herramienta técnica de gran importancia en los tiempos modernos tan dinámicos, complejos, cambiantes y globales, que exigen, de la definición de sus objetivos y estrategias de desarrollo en todas las áreas del conocimiento y productivas, tomas de decisiones acertadas y concertadas para alcanzar logros trascendentales. De ahí, que existan diversas metodologías, siendo la de procesos de estructura jerárquica (AHP) desarrollada por Saaty (1980), una de las más empleadas por su pragmatismo y disponibilidad de empleo a través de software como el Expert Choice y sus diversas versiones.

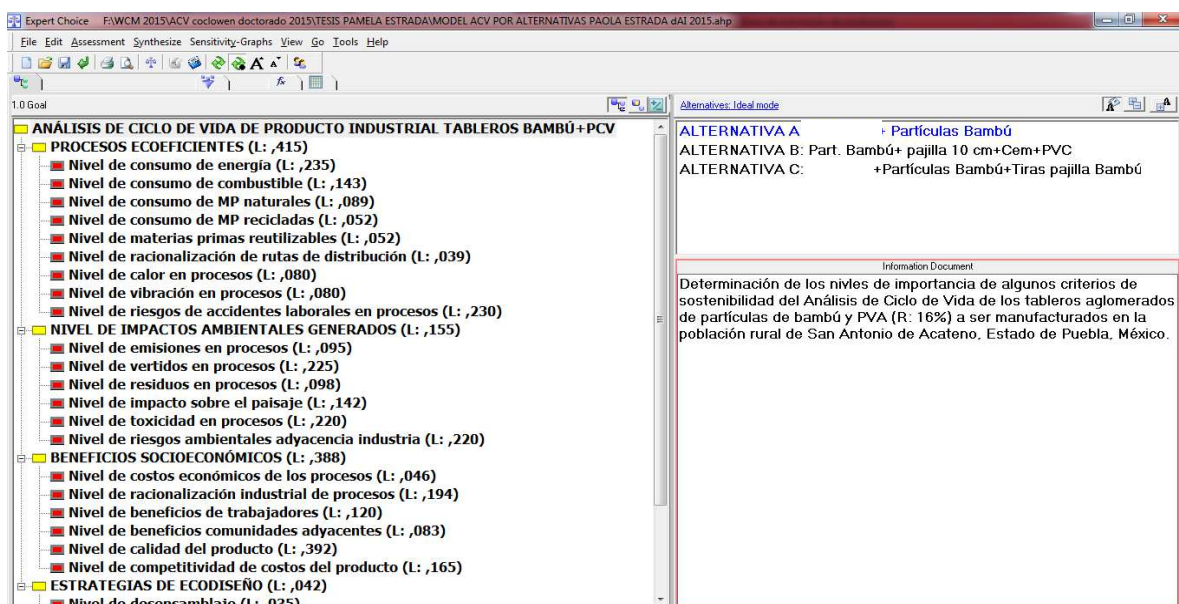


FIGURA 3.8. Representación del flujo total de los tres primeros criterios (Procesos ecoeficientes; nivel de impactos ambientales generados; beneficios socio-económicos) y sus principales aspectos técnicos de importancia a ser valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). No están desplegados los aspectos técnicos del criterio estrategias de Ecodiseño por limitaciones de la pantalla. Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que para poder determinar el nivel de importancia de los principales aspectos técnicos aplicables al Sistema Producto que estructuran algunos de los criterios

de Ecodiseño y ecoeficiencia, referidos a procesos ecoeficientes, impactos ambientales, beneficios socio económicos y estrategias de Ecodiseño del ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA) (Figura 3.8).

Al introducir la información y estructurar los criterios y aspectos técnicos, el software arrojó las distintas valoraciones realizadas por los expertos (Figura 3.8), obteniéndose el nivel de importancia sobre una valoración total de 1 y según los objetivos de la investigación, como lo es, lograr detectar las estrategias prioritarias que permitan a los diseñadores industriales e ingenieros en las distintas disciplinas, alcanzar un producto sostenible. Los niveles de importancia determinados, son los siguientes: Primer nivel de importancia el criterio de *procesos ecoeficientes* (PU=0,415)

Segundo nivel de importancia el criterio de *beneficios socio económicos* (PU=0,388)

Tercer nivel de importancia el criterio de *impactos ambientales* (PU=0,155)

Cuarto nivel de importancia el criterio de *estrategias de Ecodiseño* (PU= 0,042).

Existió, por parte de los expertos, un sentido de profundizar la investigación en la fase de selección, adquisición, montaje y mantenimiento continuo del conjunto de maquinarias y procesos ecoeficientes que vienen a consolidar el proceso de manufactura de los tableros. Maquinaria que tenga la mejor función, robustez y menor consumo de energía eléctrica, procurando el establecimiento de paneles solares; acompañado de un sistema de extractores de residuos, planta de tratamiento de vertidos y filtros de depuración de gases, todo en el marco de un sistema de control de calidad de procesos y productos y de seguridad industrial con el uso de guantes, botas de seguridad, cascos y máscaras de ser necesario. Las naves industriales de dimensiones pequeñas, con excelente ventilación e iluminación para poder ganar la mayor cantidad de luz y disminución de luminarias del tipo led.

Respecto al segundo criterio de nivel de beneficios socio económicos, se procura una mayor producción con el mayor y mejor beneficio socio económico para los trabajadores y comunidades adyacentes, siendo un factor técnico prioritario, una vez establecida con éxito la MyPE, aumentar en área las plantaciones de bambú.

Si los procesos son ecoeficientes, los niveles de impacto ambiental negativos son proporcionales con todos los criterios establecidos en el párrafo anterior. Si hay que prestar mayor atención y vigilancia al cumplimiento de los manuales de conducción por parte de los choferes, normas de control de velocidad en autopistas y carreteras, así como del mantenimiento de los vehículos de transporte para disminuir de manera significativa los niveles de accidentes viales, emisiones de gases CO₂ y vertidos de gasoil y aceites de hidrocarburos a las vías, entre otros.

En referencia a las estrategias de ecodiseño, éstas se contextualizan sólo en la fase creativa del diseño de nuevos productos ecoinnovadores, razón por la cual es requerimiento imprescindible, estar en un proceso continuo de mejora para la generación de una familia nueva de eco productos de tableros a partir del material de gramíneas de bambú, otras mezclas de materiales componentes a fin de ofertar mejores precios, calidad y cumplimiento con las normas.

Aspectos técnicos referidos a procesos ecoeficientes

Se analizaron los cuatro primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 3.7 que definen los resultados obtenidos con un nivel de buena confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.10 referida a los aspectos técnicos de los procesos ecoeficientes, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de consumo de energía* (PU=0,235); Segundo nivel de importancia el *nivel de riesgos de accidentes laborales en los procesos* (PU=0,230); Tercer nivel de importancia el *nivel de consumo de energía* (PU=0,143); y el Cuarto nivel de importancia el *nivel de consumo de materias primas naturales* (PU=0,089).

Son coincidentes los resultados reflejados en la figura 3.8 y de manera más detallada en la figura 3.9, siendo el aspecto técnico de la disminución del consumo de energía el de mayor valoración (PU= 0,235), razón por la cual se recomienda la evaluación y selección de equipos afines a los objetivos de la ecoeficiencia. Le sigue con menor diferencia cuantitativa y en orden de importancia el nivel de riesgos de accidentes laborales en procesos (PU= 0,230), aspecto técnico que ya ha sido tratado y que exige de un proceso continuo, una vez instalada la MyPE en San José de Acateno, del fiel cumplimiento de las normas de seguridad industrial en procesos industriales.

El consumo de combustibles (PU= 0,143), tiene gran importancia especialmente por el

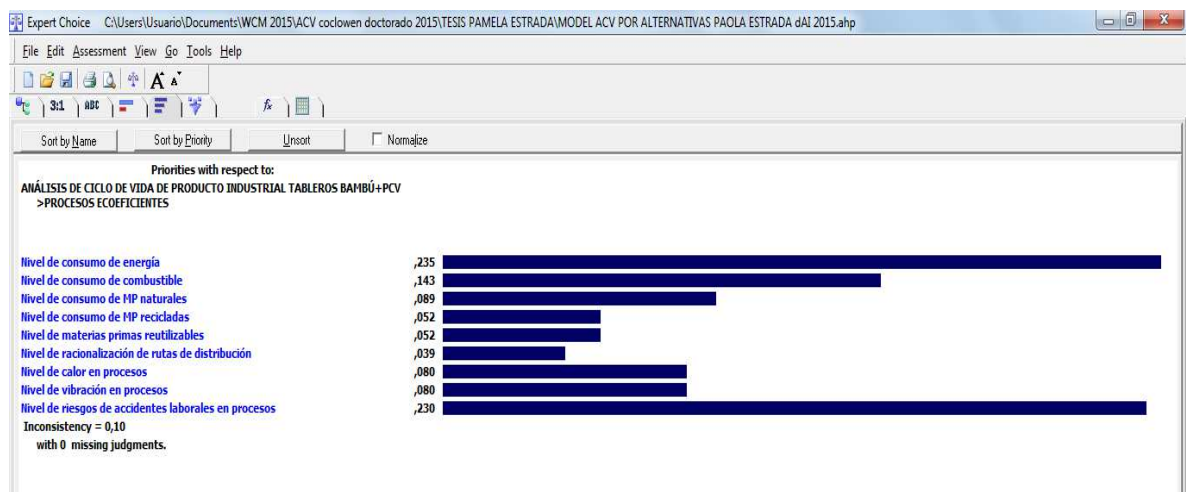


FIGURA 3.9. Representación de la valoración parcial del criterio Procesos ecoeficientes y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

uso de la gasolina, gasoil y aceites, los cuales deben ser los más amigables con el medio ambiente, usados en equipos de transporte y maquinarias de procesos continuamente calibrados para disminuir su consumo, emisiones y vertidos, así como de un seguimientos y chequeo que permita determinar su efectividad y calidad de trabajo mecánico. Este aspecto técnico tiene gran relación con el aspecto menos evaluado, el nivel de importancia en procurar la mayor racionalización de rutas de distribución (PU=0,039), tanto de materias primas, transporte de trabajadores y de productos manufacturados, entre otros, lo cual redundará en ahorro de combustible y desgaste de llantas.

Se reporta en nivel de importancia el disminuir el consumo de materias primas naturales (PU=0,089), una estrategia de ecodiseño como la mayoría de las anteriores y el nivel de empleo de materias primas reciclables y reutilizables, ambas con PU=0,052; es decir, el uso de cañas de alta calidad para fines de construcción de edificaciones y muebles, mientras que las obtenidas del sistema de aclareo serían las ideales para la elaboración de los tableros propuestos en el ACV; mientras que las de menor tamaño y las ramas pueden ser usadas para artesanías, que sumadas a las hojas pueden procurar un nuevo tipo de tablero.

Los niveles de calor y vibración de las maquinarias, ambas en penúltimo nivel de importancia y valor igual a PU=0,080, deben tener todas las condiciones de disminución de este tipo de efecto sobre los trabajadores y espacios de trabajo definidos en el flujograma industrial de la manufactura de los tableros.

Aspectos técnicos referidos a beneficios socio-económicos.

Se analizaron, solo los cuatro primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 3.10 que definen los resultados obtenidos con un nivel de buena confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.08 de los aspectos técnicos referidos a los beneficios socio económicos, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de calidad del producto* (PU=0,392); Segundo nivel de importancia el *nivel de racionalización de los procesos* (PU=0,194); Tercer nivel de importancia el *nivel de competitividad de costos del producto* (PU=0,165); y el Cuarto nivel de importancia el *nivel de beneficios de los trabajadores* (PU=0,120).

Se ratifican las inquietudes técnicas realizadas en el trabajo de experimentación de los tableros de partículas de bambú y PVA (R: 20%) y en el ACV-Coclowen para el Sistema Producto. Es fundamental aumentar la calidad de los productos experimentados, se propone para futuras investigaciones realizar nuevos tableros eco innovadores generados a partir de partículas y pajilla de bambú en diferentes tamaños, aplicación de PVA evitando usar urea formaldehído para evitar emisiones de formaldehído en procesos semi industriales, y como opción de aumentar la densidad y resistencia al agua, se usará cemento. Una forma de uso para los tableros realizados en el Laboratorio Nacional de

Productos Forestales, y como se expuso en el apartado del ACV – Coclowen, es que se refuerce con un alma la cual podría ser de madera en las estructuras de tablarón para realizar muebles, muros divisorios y artesanías.

Resulta como prioritario el considerar el nivel de racionalización de procesos de manufactura con la implementación de los principios de la ecoeficiencia. El lograr procesos racionales, eficientes, bajo impacto y consumo de energía-materia prima natural y de bajo costo, con productos manufacturados de calidad, resistentes y estéticos, harán consolidar los niveles de competitividad en el mercado nicho de manufactura de muebles, paneles divisorios y artesanías en México, siendo retribuido y proporcional propiciar un mejor nivel de beneficios económicos a los trabajadores, ya que se propone una MiPyME bajo la figura de cooperativa, así como para la comunidad de San José de Acateno y comunidades indígenas del Estado de Puebla al incorporar su labor creativa antropológica al diseño de los productos.

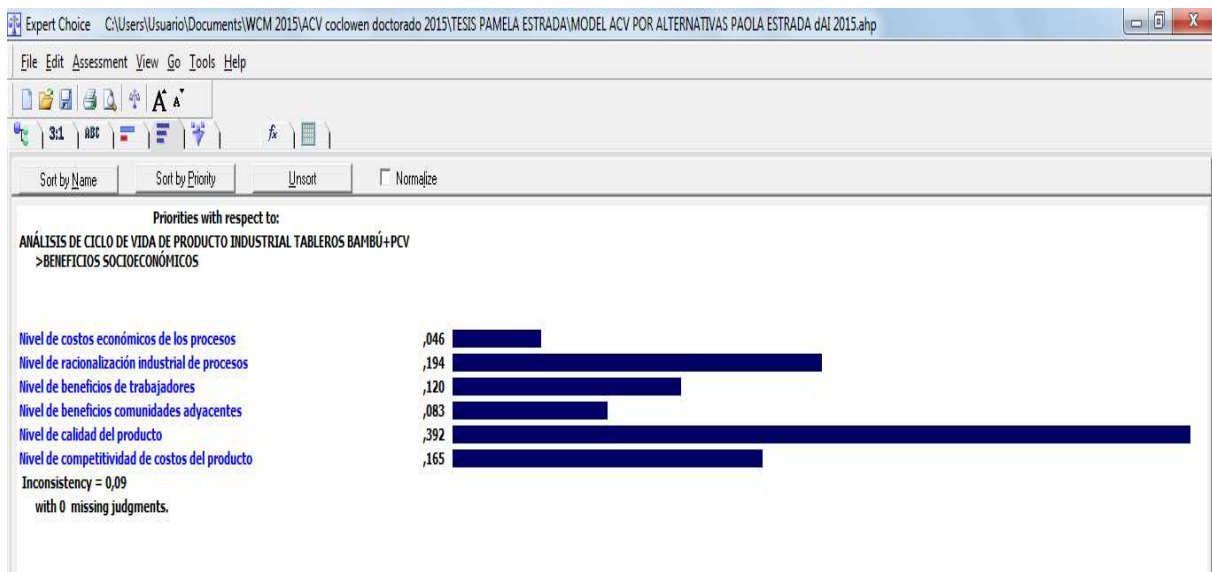


FIGURA 3.10. Representación de la valoración parcial del criterio Beneficios socio-económicos y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de Bambusa Vulgaris con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

Aspectos técnicos referidos a los impactos ambientales.

Se analizaron, al igual que en el apartado anterior, solo los cuatro primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 3.11 que definen los resultados obtenidos con un nivel de alta confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.01 de los aspectos técnicos referidos a los impactos ambientales, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de vertido de procesos* (PU=0,225); Segundo nivel de importancia el *nivel de toxicidad y de riesgos ambientales en las adyacencias de la industria* (PU para ambas=0,220); Tercer nivel de importancia el *nivel de impacto sobre el paisaje* (PU=0,142); y el Cuarto nivel de importancia el *nivel de residuos en procesos* (PU=0,098).

Estos resultados cuantitativos del nivel de importancia de los aspectos técnicos antes valorados por los expertos, coinciden con las preocupaciones la visión prospectiva de los expertos en el desarrollo de todas las etapas del Sistema Producto del ACV-Coclowen del tipo de tableros en estudio. La contaminación del agua, recurso de vida humana y fundamento para el establecimiento y sostenibilidad de las plantaciones de bambú, es prioridad en el establecimiento de procesos ecoeficientes. De ahí que la MiPyME

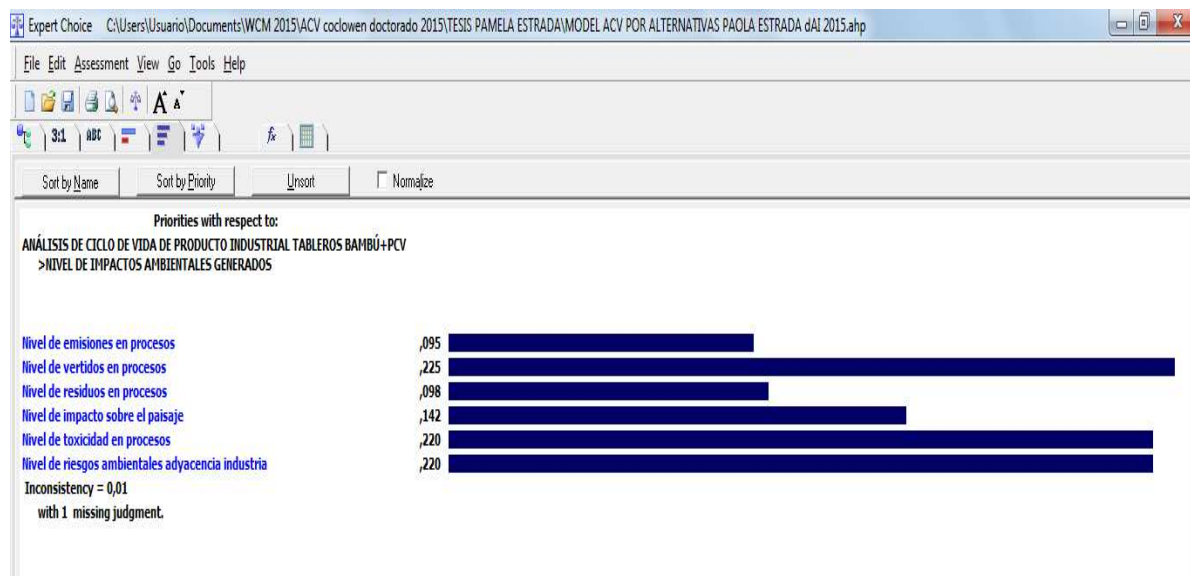


FIGURA 3.11. Representación de la valoración parcial del criterio Nivel de impactos ambientales generados y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de *Bambusa Vulgaris* con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

propuesta para ser establecida en San José de Acateno, exigirá de una pequeña planta de tratamiento, aún consciente de los pocos vertidos generados de los procesos, pero sí del uso humano como efluentes de aguas servidas, grises y negras.

Los segundos aspectos técnicos de toxicidad y riesgos ambientales en las adyacencias a la MiPyME, serán tomados en igual consideración para la implementación de normas de seguridad, plantas de tratamientos ecológicas con filtros de plantas acuáticas depuradoras; control de gases y disminución al mínimo de humo por incendio, entre otros, sin dejar de realizar de manera continua podas y limpiezas a las plantaciones para controlar y evitar que sea hábitat de serpientes y otras alimañas que pongan en riesgo la vida de los habitantes rurales y trabajadores. Por su parte los residuos tendrán estrategias de recolección para ser reciclados o que cumplan funciones de abono elaborado a partir de composteros orgánicos, enriqueciendo el suelo para la ampliación de plantaciones y garantizar la belleza del paisaje de la zona. Evitar la disminución por excesiva extracción de cañas, corte abrupto de plantas y sus follajes y el riesgo continuo de incendio, son prioridades para no disminuir el potencial escénico de las plantaciones de bambú.

Aspectos técnicos referidos a algunas estrategias del Ecodiseño

Se analizaron, solo los cinco primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 3.12 que definen los resultados obtenidos con un nivel de confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.08 de los aspectos técnicos referidos a las estrategias de Ecodiseño, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de funcionalidad del producto tablero de partículas de bambú (Bambusa Vulgaris) y PVA* (PU=0,421); Segundo nivel de importancia el *nivel de disminución de peso y volumen de los tableros* (PU para ambas=0,200); Tercer nivel de importancia el *nivel de estructura modular de los tableros* (PU=0,178); el Cuarto nivel de importancia el *nivel de multifunción del producto tablero* (PU=0,098); y el Quinto nivel de importancia el *nivel de estética del producto tablero* (PU= 0,71). El nivel de desensamblaje se realiza al momento de extraer el tablero del alma de

la tablación de un mueble, muro divisorio o artesanía, por último en razón de su nivel de poca significación.

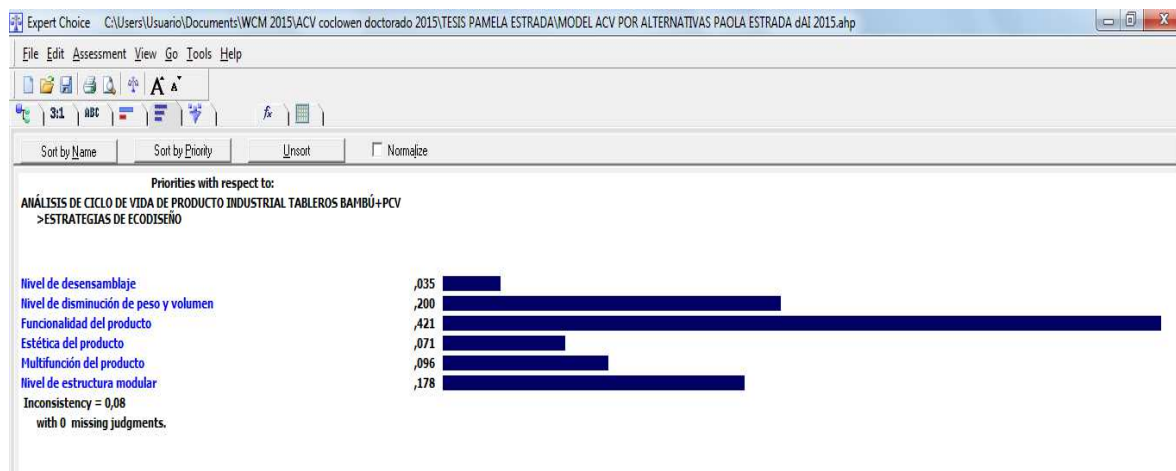


FIGURA 3.12. Representación de la valoración parcial del criterio estrategias de Ecodiseño y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las estrategias del Ecodiseño han sido incluidas y confirmadas como aspectos fundamentales de los tres criterios anteriores del Sistema Producto. Resalta el nivel de importancia de fabricar productos sostenibles funcionales y que cumplan con las normas y usos establecidos; la consideración de lograr menor peso por inclusión de materias primas naturales y promover el reciclaje en los procesos sin afectar su calidad; impera la manufactura de dimensiones modulares según normas ASTM, para poder garantizar mayor uso y posibilidades de crear nuevos tipos de muebles, muros divisorios y artesanías, mejora la dinámica de procesos en cortes, ensamblajes y disminución de residuos, entre otros. Ello conlleva principalmente, a diseños de productos sostenibles ortogonales y de tendencia minimalista, además de los producidos por diseñadores industriales

El desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida de los tableros aglomerados de partículas de bambú y PVA (R: 20%) a ser manufacturados en la población rural de San José de Acateno, Estado de Puebla, México, realizado en las instalaciones del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño UPV-ULA: CEFAP-LNPF, haciendo uso del Método ACV-Coclowen simplificado preliminar, dejó claro que su metodología sencilla pero pragmática

que exige altos niveles de conocimiento en el proyecto que se aborda y así lograr tener una visión sistémica e integradora de todo el Sistema Producto; exige altos requerimientos de conocimientos técnicos por parte de los expertos que le abordan para tener los mejores criterios de evaluación en las interrelaciones entre los indicadores y las múltiples sub etapas; pero en especial, evitar sesgos en las evaluaciones del Sistema Producto total y obtener la proyección clara para abordar la solución técnica y disminuir los impactos negativos detectados, al abrir la posibilidad de generar nuevos productos ecoinnovadores a partir del proyecto desarrollado.

Se confirma la importancia de aplicar las técnicas de decisión multi criterio de procesos de estructura jerárquica (AHP) con el uso del software Expert Choice, para poder determinar el nivel de importancia de los principales aspectos técnicos aplicables al Sistema Producto que estructuran algunos de los criterios de Ecodiseño y ecoeficiencia, referidos a procesos ecoeficientes, impactos ambientales, beneficios socio económicos y estrategias de Ecodiseño del ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato. Ha sido una herramienta pragmática y que contribuye a estructurar mejor la visión prospectiva de consolidar y desarrollar mejores tipos de productos industriales, con visión sistémica e integral de planificación en procesos, diseño de productos y servicios.

Finalmente, se confirma que los tableros de partículas de bambú con PVA – R:20%, es un material sostenible en el contexto de las sub etapas de obtención de materias primas de las plantaciones de bambú y de procesos de manufactura de tableros en la MiPyME, y con claras debilidades en los criterios del Desarrollo Sostenible en el apartado del Sistema Producto total, referido especialmente a transporte con los mayores impactos negativos ambientales generados por los servicios externos de dotación y traslado de productos y materias primas a la micro o pequeña empresa, sin dejar de mencionar el proceso de obtención y manufactura del PVA, como los más significativos.

Conclusiones y recomendaciones

El uso del adhesivo poli vinílico como adhesivo o matriz en los tableros investigados, permite que no se requiera prensado a calor, reduciendo de manera importante el gasto energético en su proceso de fabricación, otra de las ventajas de estos aglomerados es el precio, pues su costo es más bajo que los de otros materiales y su tiempo de vida es muy amplio debido a que al estar tratado no permiten la generación de organismos en el tablero, además dentro de esta investigación se pudo observar que este tipo de tableros tienen buenas características de aislante tanto térmico como acústico, también se pueden fabricar en distintos grosores, según lo requiera la aplicación a la que van destinados, un ejemplo de esto son los muros divisorios, en este caso se pueden fabricar tableros con grosores bastante amplios que pueden llegar a los 100mm e incluso hasta los 150mm según se requiera, aunque lo más recomendable es poner dos paneles de un grosor medio y entre ellos colocar un alma de madera o metal como se hace usualmente con los paneles de yeso.

Otra ventaja es que al ser expuesto a temperaturas superiores a 50°C se pueda moldear el panel o tablero con ayuda de un molde para obtener formas curvadas que darán como resultado más versatilidad a los productos que deseemos crear. Una alternativa para someter estos tableros a dichas temperaturas sin usar energía eléctrica, es la utilización de un horno solar. Otra de las peculiaridades de este material es que no genera emisiones tóxicas que impacten a los trabajadores como en el caso de los tableros aglomerados que se producen comercialmente.

Los acabados superficiales de estos insumos o materiales constructivos pueden ser a la vista natural del tablero, revestidos de aplicaciones de pintura a base de productos poliméricos transparentes o aplicada con colores para dinamizar la composición del diseño del mobiliario o muro divisorio; también pueden recibir elementos de chapas y micro chapas decorativas de diversas especies de madera y gramíneas diversas, en especial del bambú de las plantaciones nacionales, también se pueden usar esterillas manufacturadas de infinidad de tejidos artesanales con diseño populares originarios de

las culturas indígenas del Estado de Puebla o bien se puede usar melamina por su diversidad de acabados y texturas.

El estudio de ACV, permitió llegar a inferir que dada las características físico mecánicas de los tableros elaborados en la etapa de experimentación en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF) de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, en el cual se obtuvieron valores bajos referidos a las normas DIN y ASTM, se concluyó que puede ser destinados a usos estructurales, el presente trabajo permite inferir y corroborar su proyección de uso propuesto como alma para el sistema de entramado de tiras de madera para conformar una estructura de tablazón que permite la manufactura de mobiliario residencial, oficinas y diversas artesanías, así como muros divisorios (paredes internas y cielos rasos decorativos), entre otros.

Desde el punto de vista de rediseño para alcanzar un producto ecoinnovador a partir del proyecto en estudio y haciendo uso de los principios del Ecodiseño, el equipo de expertos que han realizado el ACV, bajo la coordinación del Dr. Contreras Miranda, visualizan la propuesta de elaboración de tableros de partículas de bambú mezcladas en diversas proporciones (1:1; 0.75:1.20; 0.50:1.50; 0.25: 1.75) con pajilla de caña de bambú (*Bambusa vulgaris*) o guadua (*Guadua angustifolia*) con largos diversos (10, 25 y 50 cm), poli vinil acetato (PVA) y cemento tipo portland con la posibilidad de aumentar su densidad, estabilidad y resistencia a la compresión, flexión y resistencia al agua.

El ACV, determinó que son las etapas de proceso de transformación y manufactura de tableros, obtención de materias primas, uso del producto y disposición final obtuvieron valoraciones positivas en las puntuaciones únicas interrelacionadas con los indicadores. Mientras que la etapa de transporte, sumando todas las etapas de movilización de bienes y servicios, es la que da valores negativos de sostenibilidad.

En conclusión y derivado del método utilizado para la elaboración de dichos tableros se califica viable tecnológica, como económica y ecológicamente la implementación de estas técnicas para la generación de una planta procesadora del bambú para la fabricación de tableros aglomerados con un adhesivo o matriz polimérico, dentro de las comunidades donde se siembra el bambú, y así darle un valor agregado a los culmos, lo que derivara

en un beneficio no solamente para las comunidades productoras, sino un beneficio a la industria forestal nacional, a los usuarios de los tableros, y al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo González, Francisco; Lama Ruiz, Juan Ramón; Peralta Álvarez, María Estela; Soltero Sánchez Víctor M., 2013, *Ecodiseño Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C)* Edit. Alfaomega.

Bunge, Mario, 1979, *La ciencia, su método y su filosofía*, Ed. Siglo Veinte, Buenos Aires.

Borsani, María Silvia, 2011, *Materiales ecológicos. Estrategias alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles*. Master arquitectura y sostenibilidad: herramientas de diseño y técnicas de control medioambiental. Línea en:

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13759/Borsani,%20Mar%C3%ADa%20Silvia.pdf> [Consultado en: 5/2/2015]

Cedeño Valdiviezo, Alberto y Jaime Irigoyen Castillo, 2011, *El bambú en México*. En Línea:

http://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf [Consultado en: 17/03/15]

Colegio Superior de Arquitectos, 2011, AITIM - ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA, Madrid, España, En línea: http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_4_Tableros_Generalidades_22.06.2011.pdf [Consultado en: 26/09/16]

CONAFOR, Comisión Nacional Forestal, 2013, *Boletín 39*, México. En línea: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/4517Pierde%20M%C3%A9xico%20155%20mil%20ha%20por%20deforestaci%C3%B3n%20cada%20a%C3%B1o.pdf> [Consultado en 20/03/2016]

Contreras Miranda, Wilver; Cloquell B., Vicente; Owen de Contreras, Mary E., 2009, *Determinación de los niveles de sostenibilidad del proceso de fabricación de tableros de caña brava (*Gynerium sagittatum*), a partir del método ACV-Coclowen*, Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación (DPI). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela.

Contreras M.; Owen de C. Mary. E; Darío A. Garay J.; Yoston Contreras M. 2005, *Elaboración De Tableros Aglomerados De Partículas De Caña Brava (Gynerium Sagittatum) Y Adhesivo Urea–Formaldehído*, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Laboratorio de Diseño con Maderas, Mérida Venezuela.

Cloquell, V., W. Contreras Miranda, M. E. Owen De Contreras Y J.L. Vivancos. 2006. *Evaluación del Nivel de Sostenibilidad de la Madera y los Productos Forestales. Método Análisis de Ciclo de Vida ACV-Coclowen*. Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación (DPI). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela.

Dávila Moreno, M. y Brugger Jakob, S., 2012, *"El aprovechamiento del bambú para impulsar el desarrollo económico sustentable en México"*. En Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 176, 2012. En línea: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2012/desarrollo-economico-sustentable-mexico.html> [Consultado el: 20/03/2016]

Erlhoff M, Marshall T (2008) De-sign Dictionary. Perspectives on Design Terminology. Birkhäuser. Basilea, Suiza.

Escorsa, Castells, P., 1997. *Tecnología e innovación en las empresas*. Dirección y Gestión, Edit. UPC, España.

FAO, 1959. *Tableros Contrachapados y Paneles a Base de Madera*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Roma, Italia.

FAO, 1960. *Tableros Contrachapados y Otros Paneles a Base de Madera*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Roma, Italia.

Federación Europea de Construcción y la Madera, 2010, *Reducción De La Exposición Al Formaldehído En La Industria De La Madera*. En línea en: http://www.cei-bois.org/files/Brochure_Spanish.pdf [Consultado en 23/02/2016]

Financiera Rural, 2013, Gobierno Federal, *Información sectorrural*, México. En línea: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaTableros\(jun13\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaTableros(jun13).pdf) [Consultado en 06/11/2014]

Francis, John K. 1993. *Bambusa vulgaris Schrad ex Wendl. Common bamboo*. SO-ITF-SM- 65. Nuevo Orleans, Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal del Sur. En línea: <file:///C:/Users/PAM/Downloads/Bambusavulgaris.pdf> [Consultado en: 20/03/2016]

Galán, María Beatriz, *Reto de una experiencia docente, Diseño y Complejidad en la Cátedra de Metodología de la Carrera de Diseño Industrial. Huellas, Búsquedas en Artes y Diseño, No. 6, año 2008, Mendoza, Argentina, ISSN 1666-8197.*

Garay, D. 1997. *Tableros aglomerados de partículas*. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela.

García Parra, Brenda, 2008, *Ecodiseño: Nueva herramienta para la sustentabilidad*, Edit. Designo, México.

González Madariaga, Francisco Javier, 2013. *Ecoeficiencia Propuesta de diseño para el mejoramiento ambiental*, Edit. Universidad de Guadalajara.

Imagen Agropecuaria, 2013, *Cultivo de bambú, alternativa productiva en zonas pobres de México*, Revista electrónica, Fecha de publicación: julio 19, 2013, En línea: <http://imagenagropecuaria.com/2013/cultivo-de-bambu-alternativa-productiva-en-zonas-pobres-de-mexico/> [Consultado en: 20/06/2016]

Informe Bruntland, 1987, Informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo, En línea: <https://es.scribd.com/doc/105305734/ONU-Informe-Brundtland-Ago-1987-Informe-de-la-Comision-Mundial-sobre-Medio-Ambiente-y-Desarrollo> [Consultado en: 23/6/2015]

ISO 14040/ 14041: 1997. En línea: <http://web.stanford.edu/class/cee214/Readings/ISOLCA.pdf> [Consultado en 12/07 2015]

ISO 14040, 2006. En línea: http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/std/iso_14040-2006.pdf [Consultado en 6/07/2015]

ISO 14042/ 14043, 2000. En línea:
http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1019Ref1019 [Consultado en:6/07/2015]

ISO 14048, 2002. En línea:
http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1019 [Consultado en: 15/02/2016]

ISO 14006, 2011, En línea: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14006:ed-1:v1:es:fig:1>
[Consultado en 20/09/2015]

Maloney, Thomas, 1993. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Inc. San Francisco, US.

Maloney, Thomas, 1996. La familia de materiales compuestos de madera. Productos Forestales Journal. 46 (2): 19-26.

Margolin, V. 2015. El diseñador como productor. En línea: <http://foroalfa.org/articulos/el-disenador-como-productor>. [Consultado en: 07/07/2015]

Medellín Milán, Pedro, 1999, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, En línea: <http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP990211-EcologiaIndustrial.pdf> [Consultado en: 07/07/15]

Moreno P., Pablo A. et. al., 2007. Rev. For. Lat. N° 42/2007 Utilización de Bambusa vulgaris como una alternativa en la fabricación de tableros aglomerados de partículas. Venezuela.

Nieto R., Richard A.; Trejo P. Shakespeare S., 2003. Utilización de la Madera de Fraxinus Americana (Fresno) En la Fabricación de Tableros de Partículas. Universidad de los Andes Venezuela. Mérida, Venezuela.

Norma DIN (Deutsche Normen). Números 52182/52360/ 52361/52362/ 52363/52364/ 52465/68761.

Norma Venezolana COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). N° 847-82 (provisional) / 847-91. Tableros de partículas. Ministerio de Fomento.

Oslo Manual, 2005, Guidelines for collecting and Innovating Data. Third Edition. OECD and Eurostat. En línea:

https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/palomas/Traduccion%20%20espanola%20del%20Manual%20de%20Oslo.pdf [Consultado en: 7/7/15]

Papanek, Victor, 1977, *Diseñando para el Mundo Real*, Ecología humana y cambio social, Editorial H. Blume, España.

Pérez Forniés, Mireia, 2011, *La diversificación y la integración productiva como alternativa de desarrollo para los socios de la cooperativa Tosepan Titataniske: Alcances y limitaciones en el contexto económico actual*, Universidad Nacional Autónoma de México. En línea: http://132.248.9.195/ptd2012/enero/0676612/0676612_A1.pdf [Consultado en: 12/07/16]

Rigola, Miquel, 1998, *Producción + Limpia*, Editorial Rubes, Barcelona.

Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill. RWS Publications. New York, USA. 134 p.

Saaty, T.L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. Inderscience Enterprises Ltd. *J. Services Sciences* 1 (1): 83-98.

Segalás Jordi, 2002 Evaluación de la sostenibilidad del proyecto de fin de carrera, Universidad Politécnica de Cataluña y Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona. En línea: <http://www.epsevg.upc.edu/xic/ponencias/R0045.pdf> [Consultado en 18/03/2015]

SAGARPA, 2014, “*Estudio Estratégico. Evaluación de Alternativas y Potencial de Comercialización para los Productos y Especies de Unidades Productivas con Escala Mínima Rentable del Estado de Puebla*” En línea: http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/puebla/Documents/Difusi%C3%B3n/TAMA%C3%91O_M%C3%8DNIMO_RENTABLE-Puebla.pdf [Consultado en: 20/06/2016]

Torres Rojo, Juan Manuel, 2004, *Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo*, Roma, Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales De México (Semarnat) Organización De Las Naciones Unidas Para

La Agricultura Y La Alimentación. En línea:
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j2215s/j2215s00.pdf> [Consultado el 17/05/2016]

Zaragoza-Hernández et al., 2014, *Anatomía del culmo de bambú (Guadua aculeata Rupr)*, Madera y Bosques vol. 20, núm. 3: 87-96 Otoño 2014. En línea:
<http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/20.3/mb2038796.pdf> [Consultado el 23/06/2015]

Anexo 1

Lista de cuadros

Cuadro 2.1. Componentes de los tableros. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.2. Relación de la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros de *Bambusa Vulgaris* a un nivel de densidad teórica de 600 Kg/m³ y dos niveles de resinosidad de 60% y 20%. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.3. Dosificación de los componentes que conforman los tableros de partículas de residuos de *Bambusa Vulgaris* a dos niveles de resinosidad de 16% y 20%. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.4. Valores promedios de densidad y contenido de humedad de los culmos de *Bambusa vulgaris* para la elaboración de tableros aglomerados de partículas. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.5. ANOVA y valor-P para densidad por resinosidad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC

Cuadro 2.6. ANOVA y valor-P para tracción perpendicular por resinosidad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC

Cuadro 3.1. Aspectos técnicos del sistema producto de los tableros de partículas aglomeradas de bambú (*Bambusa Vulgaris*) y adhesivo PVA para la determinación del ACV a través del método ACV-COCLOWEN. %. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.2. Resumen de fortalezas y debilidades más resaltantes del ACV-Coclowen de las etapas que conforman el Sistema Producto del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA-R20%). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2

Lista de figuras

Figura 1.1. Vista de las texturas que generan el tipo de acabado superficial según sea de chapa de madera, fibras de pino y partículas. Fuente: Financiera rural (2013).

Figura 1.2. Conceptualización y propuesta taxonómica de productos forestales desde la visión del diseño ambientalmente integrado. Fuente: Contreras et. al., 2005.

Figura 2.1. Valores promedios de densidad de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC.

Figura 2.2. Comparación de medias resinosidad con respecto a la densidad real del tablero. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC.

Figura 2.3. Valores promedios de contenido de humedad de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC.

Figura 2.4. Comparación de medias resinosidad con respecto al contenido de humedad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC

Figura 2.5. Valores promedios de flexión estática de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC.

Figura 2.6. Comparación de medias resinosidad con respecto a la resistencia a la flexión estática. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC.

Figura 2.7. Valores promedios de tracción perpendicular de los tableros de *Bambusa vulgaris* a un nivel de densidad teórica y dos niveles de resinosidad. Fuente: Elaboración en conjunto con el laboratorio de LABONAC.

Figura 3.1 Vista del modelo global del sistema producto, de los tableros aglomerados de partículas con sus entradas, procesos y salidas. Fuente: elaboración propia.

Figura 3.2. Representación global del Sistema Producto – ACV: COCLOWEN del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido).

Fuente: Elaboración del consejo técnico de expertos Lic. Pamela Estrada De La Rosa, Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. Mary Owen de Contreras.

Figura 3.3. Representación parcial de algunas de las características más importantes de las etapas que conforman el Sistema Producto – ACV: COCLOWEN del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido). Fuente: Elaboración del consejo técnico de expertos de ACV.

Figura 3.4. Representación parcial de las valoraciones según escala (-1: Muy poco impacto negativo; -2: Impacto negativo medio; -3: Alto impacto negativo; 0: Neutro; 1. Muy poco impacto positivo; 2: Impacto positivo medio; 3: Alto impacto positivo, sobre ecosistemas naturales, los beneficios socio económicos o seguridad industrial de trabajadores y comunidades adyacentes a la industria, entre otros), de las 23 etapas descritas en la figura 3.1 y 3.2 que conforman el Sistema Producto – ACV: COCLOWEN del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido). Fuente: Evaluación realizada por el consejo técnico de expertos de ACV, Lic. Pamela Estrada De La Rosa, Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. Mary Owen de Contreras.

Figura 3.5. Representación de la totalidad de los impactos en cada una de las etapas del Sistema Producto de tableros aglomerados de partículas de bambú con adhesivo PVA. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6. Representación de los impactos referidos al indicador de riesgos de accidentes físicos en el área de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7. Modelo explicativo de la posible ocurrencia en la valoración de los impactos ambientales que se desarrollan en la fase de producción del producto semi- industrial a partir del ACV del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Las valoraciones pueden definirse con tendencia a la baja o alta de un indicador determinado, en la medida en que se acerca la Puntuación Única a los límites de cambio de rango. Fuente: Cloquell *et al.*, 2006.

Figura 3.8. Representación del flujo total de los tres primeros criterios (Procesos ecoeficientes; nivel de impactos ambientales generados; beneficios socio-económicos) y

sus principales aspectos técnicos de importancia a ser valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). No están desplegados los aspectos técnicos del criterio estrategias de Ecodiseño por limitaciones de la pantalla. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9. Representación de la valoración parcial del criterio Procesos ecoeficientes y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.10. Representación de la valoración parcial del criterio Beneficios socio-económicos y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de *Bambusa Vulgaris* con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.11. Representación de la valoración parcial del criterio Nivel de impactos ambientales generados y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de *Bambusa Vulgaris* con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.12. Representación de la valoración parcial del criterio estrategias de Ecodiseño y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA). Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3

Glosario

Adhesivo: Sustancia capaz de mantener unido entre si materiales por contacto superficial. El termino abarca la aglutinación de materiales laminados y sinónimo de cola.

El término aglutinante se emplea para designar materiales empleados en la unión de fibras, partículas, entre otros. (Garay, 1997)

Bambusa vulgaris Schrad. ex Wendl: conocido como bambú común o simplemente bambú, es un tipo de bambú alto, sin espinas y que forma macizos que comparten rizomas. La especie se originó probablemente en el sur de Asia, en donde ha sido cultivada por miles de años. El bambú común se cultiva hoy en día en los Trópicos húmedos para una gran variedad de productos y usos, incluyendo papel, materiales de construcción y muebles (Francis, John K., 1993).

Densidad. La densidad expresa la masa del tablero por unidad de volumen, normalmente, en kilos por metro cúbico (kg/m^3). La norma UNE-EN 323 especifica la forma de realizar las mediciones. La gama de densidades de los tableros de madera es muy variada, desde los muy pesados (tableros de fibras de alta densidad) hasta muy ligeros (contrachapado de chopo, por ejemplo). Es una propiedad que afecta al peso del elemento y al arranque de tornillos. (Colegio Superior de Arquitectos, 2011)

Diseño y desarrollo. Conjunto de procesos que transforma los requisitos en características especificadas o en la especificación de un producto, proceso o sistema.

Los términos “diseño” y “desarrollo” algunas veces se utilizan como sinónimos y algunas veces se utilizan para definir las diferentes etapas de todo el proceso de convertir una idea en un producto.

El desarrollo de productos es el proceso en el que se toma la idea de un producto desde su planificación hasta su lanzamiento al mercado y la revisión de los productos, en la cual las estrategias de negocio, las consideraciones de *marketing*, los métodos de investigación y los aspectos de diseño se usan para lograr un producto utilizable. Esto incluye mejoras o modificaciones a los productos o procesos existentes.

Ecodiseño. Integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida de un producto (ISO 14006).

Ecoeficiencia: “Para sus características, la ecoeficiencia se puede resumir en producir más con menos. Utilizar menos recursos y menos energía durante el proceso productivo, reducir desechos y atenuar al impacto ambiental. Sus beneficios se pueden traducir en la promoción de la innovación y en la disminución de costos” (González, 2013: 35).

Ecoinnovación: “La ecoinnovación es una parte importante del desarrollo sustentable debido a su cuidadosa planificación y atención al proceso. Ecoinnovación es cualquier forma de innovación que persiga un avance significativo y demostrable hacia la meta del desarrollo sostenible, a través de la reducción de los impactos sobre el medio ambiente y logrando un uso más eficiente y responsable de los recursos naturales (incluida la energía)” (Aguayo, 2013: 7).

Ecología Industrial: La ecología industrial es un nuevo enfoque del diseño industrial de productos y procesos, así como de la definición de estrategias de manufactura sostenible (Medellin, 1999).

Eficacia: Se puede aplicar como sistema de monitoreo a posteriori, para verificar la correlación entre objetivos enunciados y resultados objetivamente obtenidos (Aguayo, 2013: 106).

Innovación: “El proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad se desarrolla un producto, técnica o servicio útil [...]” (Escorsa, 1997).

Melamina: Es un polímero sintético, resistente al calor en forma de lámina delgada que es usado para el revestimiento de muebles.

Panel: Lamina de tablero contrachapado, fibra, partícula, entre otros, de cualquier tipo de construcción (Garay, 1997).

Partícula: porción bien definida de madera u otro material lignocelulosico producido mecánicamente para construir la masa con la que se fabrica los tableros (Garay, 1997).

Sustentabilidad: El universo de la sustentabilidad es tan amplio que para entenderlo es necesario un pensamiento multidimensional como lo plantean los sistemas complejos. En este contexto es indispensable conocer su definición.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) define el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (Informe Bruntland, 1987).

El concepto de desarrollo ecológicamente sostenible fue mencionado por primera vez en 1967 en la Conferencia Intergubernamental de la UNESCO para el Uso y Conservación Racional de la Biosfera.

Tecnología: “Es el desarrollo de la actividad científica aplicada al mejoramiento de nuestro medio natural y artificial, a la invención y manufactura de bienes materiales y culturales” (Bunge, 1979:6).

Tiempo de prensado: Tiempo que transcurre desde que el colchón es puesto en la prensa hasta que el proceso es terminado y se libera la presión de la prensa.(Garay, 1997)

Tableros de partículas. Se obtienen aplicando presión y calor a partículas de madera o de otros materiales lignocelulósicos (cañamo, lino, bagazo y similares), a las que se les ha añadido previamente un adhesivo. Según sus condiciones de aplicación se clasifican como:

- P1 utilización general en ambiente seco
- P2 no estructural interior (incluyendo mobiliario) en ambiente seco
- P3 no estructural en ambiente húmedo
- P4 estructural en ambiente seco
- P5 estructural en ambiente húmedo
- P6 estructural de alta prestación en ambiente seco
- P7 estructural de alta prestación en ambiente húmedo

Producto. Cualquier bien o servicio.

- servicios
- software
- hardware
- materiales procesados

Anexo 4

Registro fotografico del proceso de elaboración de tableros aglomerados de partículas de bambú *Bambusa vulgaris* con matriz polivinilica.

Este documental es un complemento para ilustrar el proceso de fabricación de los tableros elaborado en esta investigación.





Viruteado de los culmos (Una vez seccionados los culmos de bambú son introducidos a una viruteadora marca Bezner).





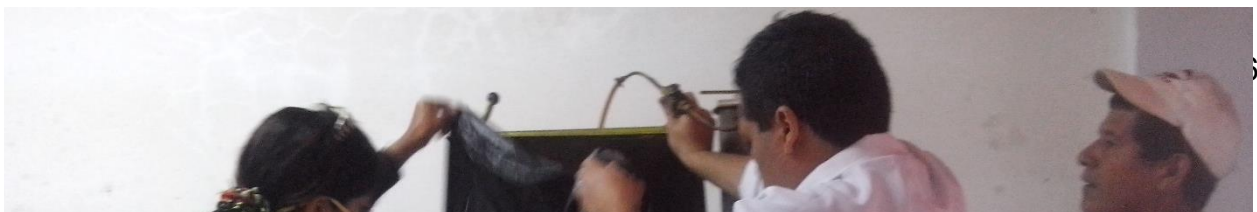
Tamizado de las partículas para la elaboración del tablero



Pesado de las partículas para la elaboración del tablero.



Secado de las partículas





Distribuir las partículas dentro de la maquina encoladora



Se agrega el adhesivo a la maquina encoladora



Partículas encoladas



Formación del colchón de partículas en el encofrado



Retiro del encofrado



Colchón de partículas de *Bambusa Vulgaris*



Placas para prensado



Prensado



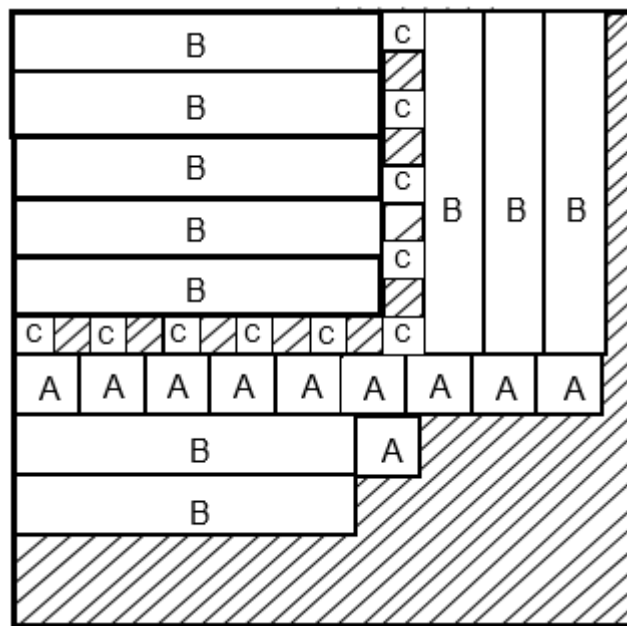


Acondicionamiento de los tableros de partículas

Pruebas de ensaye

Anexo 5

Distribución de las probetas de ensayo del tablero



PROPIEDAD

DIMENSIONES

Densidad y Tracción perpendicular (A)

5 cm x 5 cm x 19 mm

Flexión Estática (B)

5 cm x 30 cm x 19 mm

Absorción de Agua y Verificación de Espesor (C)

2.5 cm x 2.5 cm x 19 mm



Desperdicios del Tablero