

Fundamentos técnicos para la creación de una red nacional de fábricas de madera laminada encolada en Venezuela

Technical basics to give raise to national network of glued laminated timber manufacturers in Venezuela

ERIC BARRIOS PÉREZ¹,
WILVER CONTRERAS MIRANDA²,
MILENA SOSA GRIFFIN³,
MARY OWEN DE C.⁴
y MARÍA RONDÓN SULBARAN⁵

- 1 Universidad Nacional Experimental de Guayana, Centro Biotecnológico de Guayana, Upata, estado Bolívar, E-mail: ericjbarrios@yahoo.com
- 2 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Mérida, Venezuela, E-mail: wilver@ula.ve
- 3 Universidad Central de Venezuela, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Caracas, Venezuela, E-mail: milenasosa@idec.arq.ucv.ve
- 4 Universidad de los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Mérida, Venezuela, E-mails: marowen3@hotmail.com, mowen@ula.ve
- 5 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela, E-mail: mariat@ula.ve

Recibido: 05-10-09 / Aceptado: 12-02-10

Resumen

La Madera Laminada Encolada (MLE), es un elemento estructural de ventajas competitivas, con mayor resistencia respecto a un producto forestal hecho de madera maciza que esté cumpliendo la misma función, dado que su composición es a partir de láminas de dimensiones largas y/o cortas, de espesores que fluctúan desde el tablón hasta una chapilla, recomendablemente libre de defectos; y su proceso de fabricación, según su método de ensamblaje, permite formas rectas o curvas por medio del encolado de las láminas que conformarán el elemento estructural. Además, se logra racionalizar la materia prima por el uso de residuos de la industria del aserrío, consiguiendo un mejor aprovechamiento del bosque natural y de las plantaciones forestales, obteniéndose un producto forestal más sostenible comparado con otros materiales de construcción tradicional. A pesar de esto, en Venezuela no se hace uso intensivo de este tipo de elementos, por no contar, entre otros: con personal técnico calificado, adhesivos estructurales, normas y el parque industrial adecuado para su elaboración. Este trabajo pretende orientar a promotores industriales, siendo una guía con los fundamentos más importantes a tomar en cuenta a la hora de instalar una planta para la fabricación de la MLE en el país; considerando una serie de requisitos y especificaciones más resaltantes al momento de implementar esta tecnología; lo que permitiría promocionar y fomentar, con calidad, este tipo de productos en la manufactura de componentes estructurales para edificaciones, básicamente de interés social.

Palabras clave: madera laminada encolada, producción, transferencia de tecnología, mercados, comercialización.

Abstract

Glued laminated timber (GLULAM), is a structural member with competitive advantages over similar forest product made from solid wood due to properties such as: greater resistance -- given that it is composed of sheets of long and/or short dimensions with thicknesses that could vary from veneers (1-3mm thick) to planks (5cm thick), materials that are free of defects, and the possibility of producing straight or curved shapes by means of the gluing of the sheets that form the structural member. It also allows for the better use of raw materials by employing residues from the lumber industry, thus profiting more from the same natural forests and plantations while obtaining a forest product that is more sustainable as compared to other materials of traditional construction. In spite of this, Venezuela does not make extensive use of this type of structural members due to the lack of qualified technical personnel, structural adhesives, the absence of proper regulations and the industrial infrastructure appropriate for its elaboration, among other reasons. This work aims to guide industrial promoters by dealing with the most basic and important steps to take into account at the time of installing a plant for GLULAM fabrication in the country, considering the most important series of requirements and specifications needed to implement this technology in order to promote and develop quality structural members for of social interest housings.

Key words: glued laminated timber, GLULAM, production, technology transfer, markets, commercialization.

1. Introducción

El presente trabajo expone una breve contextualización y conceptualización de los principales esfuerzos por mantener, establecer y difundir la tecnología de la madera laminada encolada en Venezuela en los últimos tiempos; así como la definición de los principales aspectos técnicos que se deben conocer a la hora de querer establecer una *Red Nacional de Industrias de Madera Laminada Encolada en Venezuela*, propuesta que la transforma en fundamento técnico básico a los decisores del gobierno, que tienen la responsabilidad de promover y consolidar industrias forestales, para la manufactura de sistemas constructivos que permitan lograr un mayor aprovechamiento racional del recurso boscoso, tanto natural como de plantaciones forestales, en procura de contribuir a la solución del déficit de viviendas sociales que existe en el país.

2. Análisis contextual y visión prospectiva de la creación de la red nacional de industrias de madera laminada encolada en Venezuela

La madera laminada encolada tiene su origen en Europa entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, este tipo de elementos estructurales causó mucha impresión, pues fueron los primeros elementos laminados que no utilizaban ningún tipo de herraje para mantener juntas las piezas de madera que lo conformaban y, además superó la longitud de un árbol, pues en ese tiempo el tamaño del elemento estructural de madera estaba limitado a la forma y longitud de los árboles que se disponían en aquel entonces (Freas y Selbo, 1954).

Con esto se dio un gran adelanto en la tecnología de la madera, pues ya no era preciso seleccionar un árbol específico según su forma y longitud, por ejemplo para la construcción de barcos, grandes vigas y columnas de sección variable y arcos para edificios. También permite fabricar, entre otros: cualquier tipo de elemento estructural con la forma que requiera el proyecto arquitectónico o de ingeniería, bien sea con estructuras parciales (columnas, vigas y cerchas) o completas (entramados de soporte, columnas, vigas y cerchas); elaboración de piezas de gran

longitud con láminas de madera libre de defectos, a partir de láminas de pequeñas dimensiones mediante uniones dentadas o *finger joint*, lo que incrementaría la estabilidad y resistencia del elemento estructural (del Caño y de la Cruz, 2010). Por razones de secado y economía LIMUS (2007), recomienda que las láminas tengan un espesor entre 19 mm a 50 mm, siendo las especies de madera más empleadas las coníferas; debido a la abundancia de éstas en los países del mundo más desarrollados industrialmente, razón por la cual en Venezuela se usa en la actualidad el pino caribe (*Pinus caribaea var. hondurensis*) de la Orinoquia y en Chile el pino radiata o insigne (*Pinus radiata* D. Don), el cual fue introducido a finales del siglo XIX.

De ahí que, la tecnología de madera laminada encolada (MLE) fuera aprovechada principalmente por los países europeos y el norte de América, donde se fueron desarrollando, mejorando y perfeccionando los métodos y las técnicas de producción; entre otros, los adhesivos estructurales como el fenol-formaldehído, resorcinol-formaldehído o metil-diisocianato (MDI), utilizados para la elaboración de estos elementos. A medida que los arquitectos e ingenieros fueron tomando confianza en estos componentes estructurales, por la cantidad de estudios realizados en una gran diversidad de laboratorios a nivel mundial, caso del Laboratorio Nacional de Productos Forestales de Estados Unidos o el Forintek de Canadá, se fueron fabricando elementos estructurales cada vez más grandes y más largos, desafiando toda lógica con lo cual se ha logrado conseguir estructuras que jamás se pensó pudieran ser obtenidas con otro material constructivo.

Además, aunado a todo esto y tomando en cuenta todas las ventajas que se tiene al construir con este tipo de material, tal como lo exponen Pellican (1994), Contreras *et al.* (2005); Barrios *et al.* (2006); Herrero *et al.* (2007) y Barrios *et al.* (2007a), se ha abierto un abanico de posibilidades arquitectónicas inexploradas hasta ahora, permitiendo realizar construcciones más sostenibles respecto a los materiales constructivos tradicionales, como el acero y el concreto armado, entre otros; los cuales se han caracterizado por su alto consumo energético e impactos ambientales negativos, tanto en la obtención de materias primas, pasando por su producción, como en la disposición final de los residuos generados en todo su proceso productivo.

Contreras *et al.* (2005) y Barrios *et al.* (2007b), definen de manera similar a la madera laminada encolada “*como un producto estructural elaborado mediante el encolado, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, de dos o más capas individuales de madera, modificadas previamente por un proceso de labrado mecanizado adecuado, de modo que la dirección de las fibras de todas las capas o láminas, sean aproximadamente paralelas y en el mismo sentido del eje principal del miembro estructural*”, pudiendo ser el tamaño, la forma, el número, espesor de las láminas y disposición variables. Con este tipo de elemento estructural se consigue, como se dijo en un principio, un mejor aprovechamiento del recurso boscoso, permitiendo el uso de madera de pequeñas dimensiones, conformando elementos estructurales de alta resistencia.

Por ello, el objetivo principal del presente trabajo es orientar a promotores industriales, guiándolos en los fundamentos más importantes a tomar en cuenta a la hora de instalar una planta para la fabricación de la MLE en el país, teniendo en consideración una serie de requisitos y especificaciones más resaltantes al momento de implementar esta tecnología, lo que permitiría promocionar y fomentar, con calidad, este tipo de productos en la manufactura de componentes estructurales para edificaciones, básicamente, de interés social.

Fundamentándose de esta forma el establecimiento de una *Red Nacional de Industrias de Madera Laminada Encolada*, la cual trasciende en el hecho de que el Estado Venezolano pueda encontrar en esta tecnología, el desarrollo de un plan estratégico de primer nivel con pertinencia de sostenibilidad, a través de sus instituciones inherentes a los sectores de comercio, industria forestal y de la vivienda (Ministerio del Poder Popular para el Comercio; Ministerio del Poder Popular para el Ambiente; Ministerio del Poder Popular para la Vivienda y Hábitat, Ministerio para el Poder Popular para la Economía Comunal, entre otros), fundamentado en:

- El aprovechamiento racional de los residuos de la industria mecánica forestal del aserrío y del gran recurso de bosques naturales y plantaciones forestales, con las cuales aún cuenta Venezuela;
- La promoción de esta tecnología, concretaría la inserción y capacitación de buena parte del gremio de profesionales de la arquitectura e

ingeniería que están interesados en participar y desarrollar edificaciones prefabricadas con estos materiales, contribuyendo eficazmente a disminuir el déficit habitacional de viviendas del país;

- La posibilidad cierta de que el gobierno nacional, motorice la economía de una población con el apoyo del establecimiento de medianas empresas productoras de sistemas constructivos con MLE y, a su vez, la consolidación de empresas constructoras de edificaciones con sentido social-comunitario, es decir: las Empresas Populares Socialistas (EPS); primero en las ciudades pilotos como El Tigre (estado Anzoátegui), por su cercanía a las plantaciones forestales y sus aserraderos. En el caso de Barinas (estado Barinas), se propone el transporte fluvial de la madera en barcazas o chalanas, a través del eje Orinoco-Apure. Para la ciudad de Valencia (estado Carabobo) y Maracaibo (estado Zulia), por medio de barcos, a través del eje fluvial Orinoco-Mar Caribe. Todo ello desencadenaría la generación de una segunda red de empresas de MLE en las ciudades periféricas a éstas, caso de El Vigía (estado Mérida) y Valera (estado Trujillo), para cubrir el Sur del Lago de Maracaibo, los Andes y sus zonas de influencia; Barquisimeto (estado Lara), para cubrir la zona centro occidental y, aprovechando el eje ferroviario (en proyecto) la ciudad de Tinaco (estado Cojedes); así como, la ubicación de industrias en cada capital de estado. Estas empresas y medianas industrias garantizarían la oferta de insumos constructivos de MLE industrializados de alta resistencia y variados diseños, que permitan el levantamiento de viviendas unifamiliares y multifamiliares sociales de forma racional, rápida; así como, segura ante riesgos de incendios y fenómenos naturales;
- La generación y desarrollo de micro y pequeñas industrias de muebles y objetos domésticos de MLE, en paralelo y adyacentes a las medianas empresas de MLE para sistemas estructurales de edificaciones, con el fin de suplir las necesidades de confort de las familias de menores recursos económicos;
- Además, y quizás el aspecto más importante en estos tiempos de crisis energética que atraviesa el país, la tecnología de la MLE, por ser un

producto fundamentalmente hecho con madera, proyecta construcciones sostenibles de bajo impacto en lo que respecta a la demanda de energía tanto en su proceso de manufactura como de montaje. Cosa contraria ocurre con los materiales constructivos tradicionales como el acero y el concreto armado; es decir, tal como lo ha planteado Contreras *et al.* (2002; 2009) y Barrios *et al.* (2006), dando un paso importante en la consolidación de la cultura constructiva con madera en Venezuela.

Todas estas iniciativas de consolidación del plan de una *Red Nacional de Industrias de Madera Laminada Encolada para sistemas estructurales de edificaciones*, viene a fortalecer los esfuerzos realizados por instituciones, empresas e individualidades, en los últimos cincuenta años en el país y que han sido reportados por Owen de Contreras y Contreras (1997), Contreras y Owen de Contreras (1999), Barrios *et al.* (1999), Contreras *et al.* (1999; 2000), Barrios *et al.* (2007b) y Barrios *et al.* (2010), resaltándose de manera especial el desconocimiento de las formas adecuadas en la fabricación de los elementos laminados; así como del uso y selección del adhesivo correcto, lo que ha llevado a problemas técnicos en la mayoría de los casos, razón por la cual la sociedad venezolana ha tendido a desconfiar de este tipo de producto. De hecho, sigue permaneciendo en el mercado venezolano, por más de 12 años, la Industria Kondor como la única empresa que está desarrollando estos elementos laminados, reconociéndose que ha hecho un gran esfuerzo a nivel nacional, aún con limitaciones en la adquisición del adhesivo MDI que consiguen en el exterior, especialmente de Alemania; así como de su tecnología, ya que sólo fabrica elementos rectos y de una longitud limitada, haciendo que los arquitectos o ingenieros que requieran de elementos un poco más largos y complejos, tendrían que hacer gastos adicionales e innecesarios en herrajes para unir cada pieza, hasta obtener la dimensión y forma deseada.

Igualmente, en el horizonte tecnológico de la MLE en la actualidad, es preciso mencionar a CVG Proforca, empresa estatal que ha venido estudiando la posibilidad de establecer una fábrica de estos componentes en el oriente del país. De manera similar y, con una concepción más modesta, el Laboratorio Nacional de Productos Forestales

(LNPF) de la Universidad de Los Andes (ULA), está elaborando el proyecto de una pequeña línea de MLE que permita aprovechar los cortos y angostos de su aserradero, que es coincidente con la misma visión formulada hace varios años atrás mediante un proyecto propuesto por Rosso *et al.* (1998), que incluían la creación de una mediana industria de MLE en la ciudad de Barinas en el estado Barinas.

Estas ideas han tenido como norte el poder abrir las perspectivas positivas de la investigación y difusión de la tecnología de MLE en el occidente del país y en el contexto nacional, todo en procura del diseño de productos innovadores bajo la concepción del ecodiseño; ya que el LNPF cuenta con las secciones de aserrío, preservado y secado; así como, de personal profesional y obrero calificados para elaborar un producto de calidad, acorde a las necesidades constructivas de la nación, con el fin de poder llevar a cabo proyectos de vanguardia coherentes con las exigencias constructivas y controles de calidad nacional e internacional, para dar un mayor valor agregado a las maderas venezolanas.

3. Principales consideraciones técnicas en la concepción para la creación de una industria de madera laminada encolada (MLE)

Para fabricar elementos estructurales de MLE, se deben considerar una serie de requisitos y especificaciones técnicas, que brinden una guía para conseguir el éxito en su elaboración, por lo que algunos de los más importantes se nombran a continuación:

3.1 Diseño y cálculo de la Madera Laminada Encolada

Este apartado supone la existencia de un departamento o asesores de diseño e ingeniería de productos de MLE, a fin de facilitar el trabajo consensuado entre los arquitectos e ingenieros civiles que deben interactuar con los directivos de la industria, para que sus productos cumplan, no sólo con los requerimientos del proyecto sino con las medidas comerciales pre establecidas por la empresa, dado que su misión principal es la producción estandarizada y masiva de componentes estructurales. Las solicitudes de manufactura de elementos con

dimensiones y formas especiales quedarán a criterio gerencial del industrial, para que sean realizadas bajo la figura de *pedido especial*. De ahí, que las principales consideraciones se enmarquen a continuación:

- Diseño de un catálogo de productos, debidamente caracterizados e identificados según: su tipo, tamaño, forma y uso; esfuerzos de diseño; tipo de adhesivo; recomendaciones de montaje y mantenimiento; equipos de corte y labrado mecanizado; uniones; acabados superficiales; certificados de calidad; otros.
- Cada producto debe prever las cargas a la cual estará sometida la MLE, una vez puesta en servicio.
- Se debe considerar los esfuerzos permisibles, tanto del elemento, como de las uniones; las cuales, convienen comparar con las de la madera sólida o con investigaciones realizadas con patrones muy similares de métodos y materiales.

3.2 Materiales para la consolidación del elemento estructural de MLE

En Venezuela existe la posibilidad de importar materias primas o insumos fundamentales para la elaboración de los productos de la MLE con calidad, como lo son los adhesivos estructurales, proyectando aún más su producción masiva, lo que generaría en paralelo la dependencia tecnológica (situación no recomendada), aún a sabiendas de que en el país existen posibilidades ciertas de desarrollar los adhesivos requeridos, caso del Grupo CORIMON e Intequim, que actualmente ofertan fenol formaldehído y urea formaldehído, entre otros y además, cuentan con la infraestructura necesaria para cubrir las necesidades de las industrias que conformarían la red nacional de empresas de MLE. Por ello, las consideraciones de los materiales para la consolidación de este tipo de elemento estructural, son las siguientes:

a) *Tipo de adhesivo estructural.*

Debe desarrollar y retener la resistencia total de la madera, bajo las condiciones esperadas durante toda la vida útil de la estructura, ya sea en medio protegido o a la intemperie. Se contempla fundamentalmente el empleo de la resi-

na fenol formaldehído u otro adhesivo con calidad estructural, para los elementos que estarán expuestos a la intemperie, pudiendo usarse en los espacios internos la resina MDI. Ambas resinas pudieran ser fabricadas en Venezuela por el grupo CORIMON.

b) *Tipo de madera a emplear.*

La clasificación y el tipo de especie de madera a usar requiere del estudio y análisis de sus propiedades, tanto anatómicas, físicas y mecánicas; la trabajabilidad y el tamaño de cada pieza. Es importante, recalcar que el contenido de humedad (CH%) no debe tener una diferencia mayor al 5%, entre la fabricación y la puesta en obra. Por ello, se recomienda un embalaje adecuado a fin de evitar que la madera absorba humedad en el traslado y montaje en obra, principalmente por causa de lluvia.

*Para la elaboración de los elementos laminados, pudiera hacerse uso de maderas tradicionalmente catalogadas como “no comerciales” o “marginales”, siendo la madera de pino caribe de la Orinoquia, la especie que garantizaría la demanda y oferta de materia prima en el tiempo, para la sustentabilidad de las industrias que conformarán la red nacional de MLE. Y es que los porcentajes en la actualidad, respecto a la comercialización de la madera en Venezuela no se diferencian de otros tiempos, cambiando las especies maderables según la oferta y demanda, pues para el año 1969, según Eguía (1991), el 75% de las maderas blandas estaban destinadas fundamentalmente a la industria de los tableros contrachapados y aglomerados, el 17% de las maderas duras y el 8% de las maderas finas, se destinaban a la construcción de estructuras y muebles. En la actualidad se revierte la situación, estimándose que el 70% de la demanda de la producción nacional, incluyendo las importaciones, se centran en las maderas de mediana densidad, como son el caso de las maderas latifoliadas, por ejemplo: el saqui-saqui (*Bombacopsis quinata*), samán (*Pithecellobium saman*), mureillo (*Erismia uncinatum*), mijao (*Anacardium excelsum*), jobo (*Spondias mombin*), entre otras latifoliadas y el pino caribe (*Pinus caribaea*) como conífera; un 25% conformado por las maderas duras basadas en especies como drago (*Pterocarpus acapulcensis*), puy (*Tabebuia serratifolia*), algarrobo*

(*Hymenaea courbaril*), pardillo (*Cordia alliodora*), charo (*Brosimum alicastrum*), aceite cabimo (*Copaifera officianilis*), chupón (*Chrysophyllum caracasenum*), capure (*Pouteria caimito*) y jebe (*Lonchocarpus sp.*); y el restante 5% agrupa maderas finas como caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*), estos últimos vedados total e indefinidamente en todo el país, al igual que el pardillo (*Cordia thaisiana*) y el mijao (*Anacardium excelsum*), entre otros, como una medida de protección por el Ministerio del Ambiente según resolución 217 de fecha 23/05/06.

Lo importante de estas estadísticas es que alrededor del 30% del consumo nacional aparente, está constituido por maderas blandas de similares características a la del pino Caribe o al baramán (*Catostemma commune*). Pero, además, existe un fenómeno que motiva el empleo de maderas no comerciales, pues la concentración en pocas manos de los permisos y autorizaciones para explotar las reservas forestales, tierras baldías y plantaciones, permite la extracción selectiva de algunas pocas especies, generando el comentado fenómeno “*seudo escasez*”. Este fenómeno ha ocasionado que a través de los años de explotación de los recursos forestales en Venezuela, se incrementen significativamente los precios de las especies maderables en forma especulativa, reduciendo a su vez el campo de aplicación de las mismas. Pero no sólo termina aquí la pirámide de oferta y demanda, sino que el aumento de los precios por vía de la “*seudo escasez*”, conduce a la reducción de las dimensiones del mercado y a excluir a densos sectores de la población de las posibilidades de satisfacer sus principales necesidades con materiales abundantes y económicos.

Entre los requerimientos técnicos de mayor connotación a ser tomados en cuenta, es que al momento de seleccionar la madera, las láminas llámese tablones, tablas o chapas, deben estar libres de defectos, pudrición, concentración de nudos, manchas de resina o savia, agrietamientos, astillas, grano inclinado, etcétera. Debe ser clasificada y separada por distintos tipos de clases, de esta forma el constructor recibe componentes estructurales o las láminas que conformarán el futuro componente estructural, con garantía en el tiempo de

su efectividad, buen comportamiento, calidad de uso, estética referida a su forma, esbeltez y agresividad de los diseños arquitectónicos y de ingeniería; así como, su competitividad de costo respecto a otros sistemas constructivos.

Por igual, se puede hacer uso de las maderas no comerciales de baja durabilidad natural, como es el caso del pino caribe para la fabricación de elementos laminados, sólo que requieren de un tratamiento adecuado y efectivo usando las técnicas de conservación, de manera que se asegure su perdurabilidad en el tiempo una vez puestos en servicio. Pero además, cerciorándose de que este tipo de producto químico esté acorde con los códigos ambientales y ecológicos de la nueva era, caso de las sales a base de cobre, cromo y flúor (CCF); cobre, cromo y boro (CCB), en sustitución de las sales de cromo, cobre y arsénico (CCA), que siguen siendo promocionadas en Venezuela a pesar de las restricciones oficiales.

c) *Tipo de uniones para conformar la MLE.*

Se deben tomar en cuenta las técnicas empleadas en la fabricación del elemento laminado, el tipo de ensamble, como la junta de borde (*finger joint*) (Figura 1) y de canto; la calidad de las líneas de cola, el arreglo y distribución de las láminas en la fabricación del elemento para que se ajuste lo más preciso al diseño original.

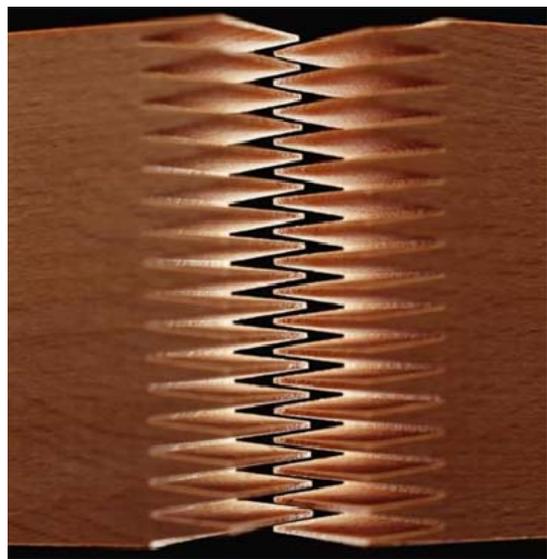


Figura 1. Detalle de una unión dentada –finger joints. Fuente: <http://www.maesma.es/antcatalogo.asp?nombre=2203&cod=2203&sesion=1>

Además, la junta *finger joint* permite reestructurar piezas cortas y angostas (recortes) para hacer las láminas de madera de buena calidad para conformar el elemento laminado y de esta forma revalorizar, aprovechar y racionalizar la materia prima de bajo costo, como lo son los recortes provenientes de los aserraderos industriales. En este tipo de unión se pueden utilizar adhesivos como el acetato polivinílico (PVA), entre otros; ya que es una unión sólo para la conformación de las láminas y facilitar su disposición final al momento del proceso de prensado hidráulico o con sistema de pernos manuales.

3.3 Conformación de la industria de la madera encolada

Para desarrollar una empresa que produzca de forma industrial elementos laminados, debe recurrir necesariamente al empleo de maquinarias muy específicas que permitan fabricar productos de alta calidad técnica y estructural; pero lastimosamente, la tecnología que garantice esos pormenores no se encuentra en Venezuela, sino en los países con una alta tradición en el uso de la madera como material de construcción.

Haciendo una proyección global de lo que se requeriría para desarrollar una empresa de fabricación de madera laminada encolada, en primera instancia se debe definir la ubicación de la misma. A modo de ejemplo, el caso de una industria piloto en la ciudad del Tigre en el estado Anzoátegui, por estar cercana de un centro proveedor de materia prima muy diversificado como lo es la Reserva Forestal Imataca del estado Bolívar y de las plantaciones de pino caribe al sur de los estados Monagas y Anzoátegui; además, de que se encuentra cerca de Caracas y de Puerto La Cruz, donde se concentra la mayor demanda del consumo de madera y productos secundarios de alto valor agregado en la actualidad, permitiendo tener una puerta franca a la exportación de los productos fabricados a los países de Centro América y del Caribe.

En el caso propuesto y, como industria piloto, la empresa desde el punto de vista de infraestructura se dividiría en dos grandes áreas:

- a) *Zona abierta de carga, descarga, seguridad y control*, donde funcionarían la garita de seguridad y control, los patios de carga y descarga;
- b) *Zona techada administrativa y de almacenamiento de insumos para la fabricación y almacenamiento de productos acabados*, propia de la administración y gestión de la compra, producción, implementación de los sistemas integrados de gestión de calidad - medioambiente y seguridad industrial, marketing y servicios post venta, u otros;
- c) *Zona techada de producción*, para el establecimiento de la o las líneas de producción de componentes constructivos estructurales, la cual requiere de un galpón que albergue las siguientes secciones (Figura 2):
 - c.1 *Sección de preservación y secado de las láminas de madera maciza*, la cual deberá estar cercana a la línea de labrado mecanizado a fin de facilitar el ingreso de las láminas de madera al proceso de encolado. Esta sección será necesaria, si lo amerita la industria, para el caso de las maderas latifoliadas de bosque natural provenientes de las reservas forestales del estado Bolívar o de plantación forestal. En el caso de la madera de pino Caribe, se prevé que sea suministrada por CVG Proforca, debidamente certificada con los tratamientos de conservación, aún así, se definen de la siguiente manera:
 - Planta de preservación que permita proteger la madera a emplear en la fabricación de la MLE de hongos e insectos.
 - Planta de secado que permite obtener un CH% uniforme, con ello una MLE de primera calidad y más estable dimensionalmente a las variaciones de humedad del ambiente a la cual estará sometida, tanto en el proceso de fabricación como una vez puesto en servicio el elemento laminado.
 - c.2 *Sección del primer procesamiento mecánico en la formación de las láminas de madera a través del labrado mecanizado y *finger joint**:
 - Área de afilado de las herramientas de corte.
 - Depósito central de herramientas.
 - Área de recepción de materia prima cercana al inicio de la línea de producción, para facilitar y racionalizar esfuerzos y tiempos en el flujograma de manufactura de elementos estructurales de la MLE.

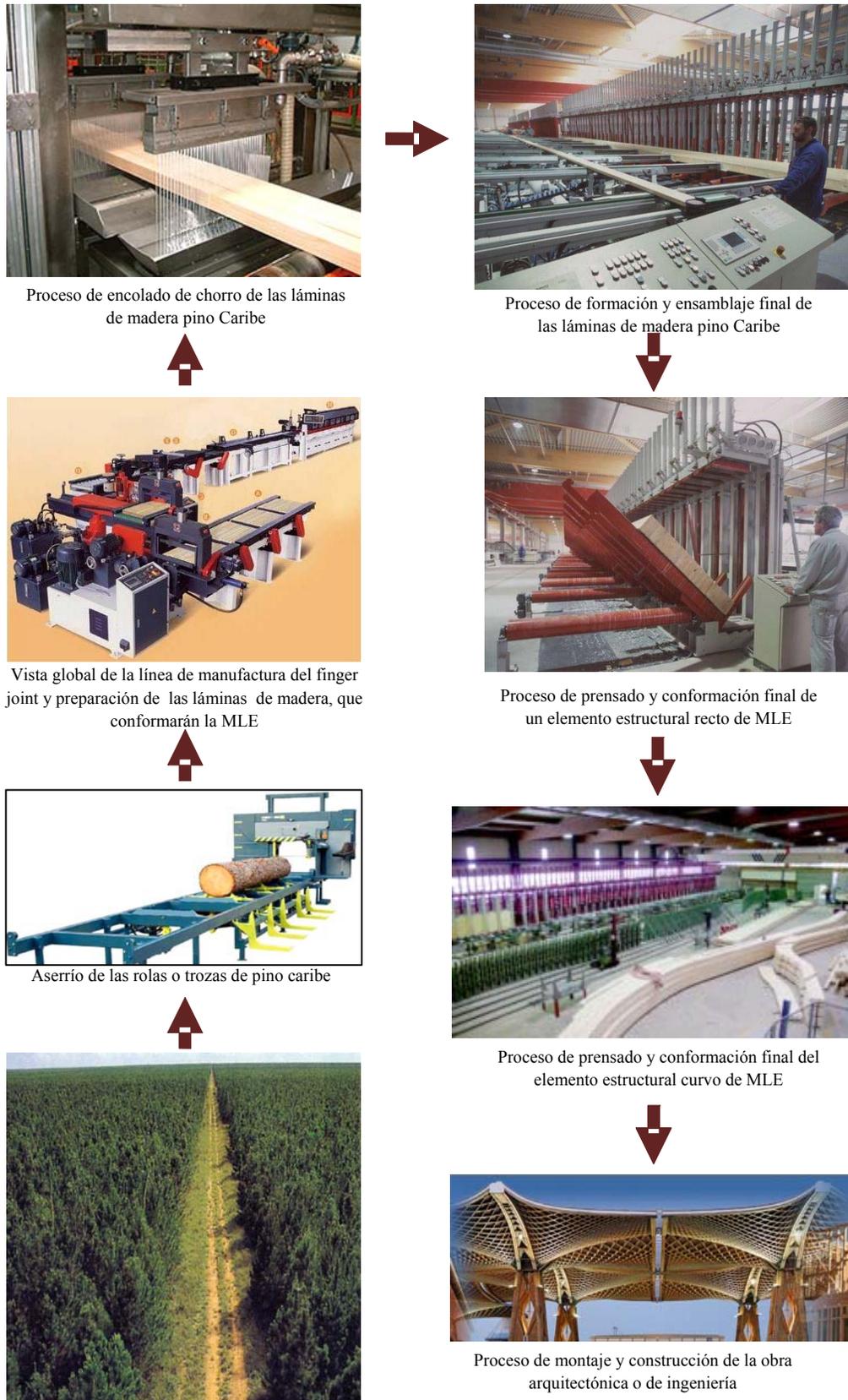


Figura 2. Ideograma productivo del proceso de fabricación de la madera laminada encolada, hasta llegar a la obra arquitectónica o de ingeniería final. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes tomadas de internet.

- Máquina para realizar el *finger joint*, la cual es una junta que permite alcanzar uniones de alta resistencia mecánica a los esfuerzos a que estarán sometidas las láminas de madera que conforman la MLE.
 - Montacargas, que permita la *movilización* de las láminas de madera una vez preparadas (si no se cuenta con una línea de producción lo suficientemente automatizada), desde la sección del primer procesamiento mecánico a la conformación final del elemento de la MLE. Este equipo puede hacer funciones en el movimiento de tablas, tablones, forros o chapas a la preservadora, secadora y sección de fabricación; así como, la movilización de los tambores de adhesivo de 200 Kg, etc.
- c.3 Sección de encolado de las láminas completas de los elementos de MLE:
- Encoladora industrial de rodillo, para la aplicación continúa del adhesivo a las láminas de madera.
 - Cuarto frío que alcance las temperaturas adecuadas, que permitan conservar y alargar la vida útil de los adhesivos, según las especificaciones del fabricante.
- c.4 Sección del segundo procesamiento mecánico en la formación final de los elementos de MLE y sus acabados superficiales:
- Disco múltiple para seccionar las trozas, cuarterones, tablas o tablones de grandes espesores a los tamaños requeridos.
 - Tronzadora que despunta y secciona las tablas de madera a los tamaños mínimos requeridos para la formación de las láminas.
 - Cepilladora, para uniformizar el espesor de las láminas a los lineamientos de producción.
 - Molduradora, que permita aprovechar los residuos del disco múltiple, para producir todo un compendio de componentes constructivos como farquillas para puertas y ventanas, bordes de mobiliario en general, etc.
 - Equipos menores (taladros, sierras de mano, juego de llaves, etc.).
- c.5 Sección de fabricación final de los elementos laminados.
- Prensas hidráulicas, que permiten el ensamblaje de las láminas de madera, una vez que éstas han pasado por el *finger*

joint y el encolado. Las láminas de madera son sometidas a presión uniforme por medio de rodillos; a las cuales se les aplica simultáneamente ondas de alta frecuencia, lo que permite el fraguado instantáneo del adhesivo y la producción continua de las vigas laminadas de distintos largos.

- Lijadora industrial manual, para uniformizar la superficie de la madera.
- Equipos para la aplicación de los tintes y acabado final.
- Grúa puente, para la movilización de los elementos laminados hacia la zona de depósito, carga y distribución final.

3.4 Inspección para los controles de calidad, gestión ambiental y seguridad industrial

Es de suma importancia inspeccionar los dos procesos principales en la línea de producción. Por lo que se requiere un ingeniero inspector, responsable de la clasificación de la materia prima que entra a la sección de procesamiento mecánico inicial, a fin de poderla clasificar y separar, según sus grados o clases, tomando en cuenta, entre otras: la calidad de los cortes en las juntas, acabados superficiales, etc. de los forros, tablas o tablones. Y, otro ingeniero inspector en la sección de fabricación de los elementos laminados, para coordinar todo lo concerniente al proceso de producción, permitiendo asegurar la calidad del producto terminado. Ambos profesionales desempeñarán las funciones para la aplicación del sistema integrado de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad industrial. Además de esto, se deben cubrir los siguientes aspectos:

- Calidad de todos los materiales que participan en el proceso de fabricación.
- Técnicas apropiadas de fabricación, con mínimos impactos medioambientales.
- Calidad de la línea de cola, para lo cual se deberá tener relación con el LNPF-ULA-Minamb, para la continua evaluación y certificación de los productos según las normas de calidad y seguridad técnica en los procesos de fabricación de la MLE.
- Ubicación apropiada de las juntas de extremo y borde.

4. Normalización

Aunado a todo lo dicho anteriormente, es necesaria la elaboración, difusión y aplicación de normas, pues, además de ofrecer importantes beneficios, como consecuencia de adaptar los productos, procesos y servicios a los fines a los que se destinan, también sirven para proteger la salud y el medio ambiente, para prevenir los obstáculos al comercio y facilitar la cooperación tecnológica, asegurando y garantizando de esta forma que el producto obtenido va a cumplir con todas las exigencias a que estará sometida (Gómez, 2005).

En ese sentido, es importante señalar que en Venezuela se adolece de normas actualizadas y en buena parte no existen en lo referente a la normalización y comercialización de madera maciza y sus productos forestales; además de que existen muy pocos expertos en el área, que puedan llegar a solventar esta situación y, mucho menos en el caso de la MLE, de la cual investigadores y fabricantes tienen que recurrir a las normas internacionales como las de la Comunidad Europea, caso España; así como las americanas y las chilenas. Entre las cuales, podemos mencionar como ejemplo algunas de la Comunidad Europea (CE): La Asociación Española de Normalización y Certificación (Aenor), entidad dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación (N+C) en todos los sectores industriales y de servicios (CISMADEIRA, 2009). Está reconocida en los ámbitos nacional, comunitario e internacional para el desarrollo de sus actividades, y acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). El *Deutsches Institut für Normung* (su marca empresarial es DIN), con sede en Berlín, es el organismo nacional de normalización de Alemania. Y por el continente americano El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute) es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. Y por Chile el Instituto Nacional de Normalización (INN).

De ahí que sea importante en este capítulo a modo de sensibilizar a los decisores del alto gobierno en materia forestal, en la urgente necesidad de la formación de personal calificado en esta área.

La elaboración de las normas, estarán basadas en los resultados de las experiencias previas y ac-

tuales, así como de los avances tecnológicos logrados, incorporando las aportaciones de los distintos agentes interesados (fabricantes, consumidores, administración pública, etc.) en un documento consensado. En el caso de Venezuela el organismo encargado es el Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad (Fondonorma) y, la actividad de Normalización para la madera y algunos productos derivados de la misma, se desarrolla a través del Comité Técnico estratégico *Fondonorma CT34 – Madera (documento en discusión pública)*, en el cual se agregaría lo referente a la MLE.

5. Aspectos de comercialización de la MLE en Venezuela

5.1 Estimación del mercado

Para analizar la estimación de mercado, se debe primero tener la seguridad de contar con la suficiente oferta de madera, para la implantación de una empresa de fabricación de elementos laminados, de manera que en los próximos años no se tenga que recurrir a una posible dependencia con importación de la madera como principal materia prima. Ya que el suministro del adhesivo es un factor seguro, pues existen en el país empresas nacionales que pudieran fabricarlos en caso de ser requerido.

La proyección del consumo aparente de la madera para el año 2000, según el crecimiento histórico que ha demostrado la Industria Mecánica Forestal Venezolana (IMFV) en los últimos años, tal como se expuso en el Plan Nacional de Desarrollo de los Recursos Forestales de 1988, se ubicaba sobre el millón de metros cúbicos en madera rolliza, en función de un crecimiento sostenido a una tasa de 2,8% interanual, todo dentro de un conjunto de factores que determinan la fluctuación de esta proyección entre los que se encuentran: el contexto político-económico-social de la Nación, la oferta del recurso, los desequilibrios del desarrollo industrial forestal y las limitaciones tecnológicas. Estos criterios, en forma similar se mantienen sobre la potencialidad de la oferta de la madera en Venezuela que, según estimaciones del Minamb (2009), para la última década del siglo XX, la participación de las reservas forestales y lotes boscosos (ABRAE que cubren en la actualidad casi el 68% de la demanda

de la producción nacional), estaría en el orden de 500 mil m³ oficiales (745 mil m³ rollizos).

De igual forma el Minamb, estima para corto plazo un total de 2,6 millones de hectáreas bajo manejo con fines de producción permanente, amén de las importaciones, por lo que los especialistas pronostican y garantizan una fuente segura de suministros a la demanda de los requisitos totales de la IMFV, de la construcción y del mueble. Esto se denota con mayor fuerza, en el IX Plan de la Nación, donde se han destinado por concesión, varios millones de hectáreas de las principales reservas forestales al sur del río Orinoco y las plantaciones de pino caribe, con la finalidad de que estos inmensos recursos forestales generen divisas al fisco nacional y sean incorporadas a los programas habitacionales de interés social del estado venezolano para las familias más desposeídas.

Entonces, podemos definir, de forma precisa, que se cuenta con un potencial de recursos forestales seguro capaz de suministrar la más diversa variedad de especies maderables, para un vasto programa social de edificaciones con madera y diversos sistemas industrializados que permitan la masificación, estandarización y normalización de los productos. Dentro de este programa, encaja la tecnología de la MLE, con los criterios antes expuestos, además, con una posibilidad de ofrecer paquetes tecnológicos de sistemas estructurales racionales, modernos y de rápido ensamblaje, que emplean esta tecnología tan particular dentro del campo forestal a mediano plazo y, así poder cubrir en buena medida las claras exigencias del mercado de la vivienda social.

Además, se tiene un mercado cautivo como el de las islas del Caribe y los países de Centro y Sur América, con el cual se puede competir a buenos precios y calidad, pues se cuenta con todos los recursos necesarios.

El proyecto de una fábrica de MLE, no es fácil, requiere de la plena participación y concientización de los empresarios, promotores, inversionistas y del pueblo en general, que sean capaces de asimilar, promover y contribuir con desarrollar una tecnología que en los países industrializados ya es propia de la cultura constructiva; así como también lo es el uso de la madera en general, con la debida certificación de garantía y calidad en el tiempo por los debidos tratamientos conservacio-

nistas de los productos lignocelulósicos, susceptibles al ataque de hongos, insectos y deterioro ambiental, como un verdadero punto de partida hacia una auténtica Agenda Madera de la Venezuela del siglo XXI.

5.2 Comercialización

Para una buena comercialización de este producto de alto valor agregado, la MLE, se requerirá información cuantitativa y cualitativa pertinente de manera regular y fidedigna de: los mercados (demanda, usos finales, oferta), los factores de comercialización (productos, canales de comercialización y distribución, promoción y precios), la competencia, el entorno comercial (que incluye el entorno social, económico, político, tecnológico, normativo, jurídico, cultural, infraestructural, etc.) y las instituciones relacionadas con la comercialización (Contreras, 2002).

El éxito que busca esta industria de MLE es utilizar modernos procedimientos y maquinarias para la fabricación de este producto. Lo cual permitirá aumentar el nivel de productividad de las empresas, poder ofrecer un producto a menor costo y aprovechar la ventaja competitiva que tiene el país al contar con la materia prima adecuada y abundante; evitando así los sistemas artesanales con los cuales se obtendría un producto de mediana calidad y, evitando también los procesos no estandarizados, que implican mayor costo. Esta industrialización permitiría entregar en los menores tiempos los elementos constructivos, variable muy determinante para que las constructoras a la hora de decidir qué material usar, puedan optar por esta alternativa. Otro factor relevante es que tanto los procesos y resultados estarían sometidos a controles y revisiones por entidades externas, que certificarían el cumplimiento de las normas.

De esta forma se enfatizaría el desarrollo de la industria de la madera laminada, con el fin de transformar a Venezuela en un país maderero, siguiendo el ejemplo de otros productos, derivados de la madera, que han impulsado centros de transferencia tecnológica, caso de Forintek en Canadá, al incorporar mayor valor agregado y calidad de exportación a través de la introducción de la innovación en la ingeniería y arquitectura con el uso elementos constructivos.

6. Costos aproximados para la implantación de una industria piloto moderna de MLE en Venezuela

En el cuadro 1, se expone, los principales costos aproximados en dólares americanos, para la implantación de una industria piloto. Se puede apreciar la definición del terreno y del costo del galpón o nave industrial, la maquinaria principal y el capital de trabajo.

Cuadro 1. Costos más importantes para el establecimiento de una industria de MLE.

Terreno y galpón			
Terreno	4.000 m ²	8,33 \$/m ²	33.333,33 \$
Edificio	2.500 m ²	104,17 \$/m ²	260.416,7 \$
Maquinaria			
01	Montacargas		33.333,33 \$
01	Cepilladora		10.416,67 \$
01	Tronzadora		10.416,67 \$
01	Sierra múltiple		27.083,33 \$
01	Finger joint		110.416,67 \$
01	Lijadora		14.587,33 \$
01	Molduradora		47.916,67 \$
02	Prensas hidráulicas		75.000,00 \$
01	Encoladora de rodillo		10.416,67 \$
01	Planta de preservación		137.500,00 \$
01	Planta de secado		131.250,00 \$
01	Puente grúa		41.666,67 \$
	Equipos menores		2.083,33 \$
Capital de trabajo			
	Materiales, materia prima, personal, servicios, combustibles, mantenimiento, promoción del producto, varios		104.166,67 \$
	Total aproximado de la inversión		1.050.000,00 \$

Como se puede observar, la inversión para desarrollar la empresa de fabricación de MLE es relativamente alta, por estar considerados en su totalidad equipos importados, proveniente de países como Italia, Finlandia y Alemania; ya que son los más importantes fabricantes en este ramo en Europa. Además que, importar equipos norteamericanos el costo sería hasta un 70% más alto. Desde el punto de vista técnico, los equipos seleccionados cumplen con las exigencias solicitadas para la fabricación de MLE con maderas tropicales latifolias y coníferas.

7. Conclusión

La madera laminada encolada (MLE), es un producto de valor agregado derivado de piezas pequeñas de madera encoladas entre sí, que requieren de una selección y cuidado especial para poder obtener un producto de calidad, de este modo se puede diseñar un elemento estructural con la forma más adecuada para soportar de manera eficiente la carga a la que va a estar sometido. Además, la selección de cada pieza en la etapa inicial de la fabricación es muy importante, porque dependiendo de éstas va a ser la calidad, durabilidad y comportamiento del elemento estructural en servicio. Otra etapa crítica, es la selección del adhesivo de acuerdo a las condiciones a la que va a estar expuesta, si el adhesivo no es el adecuado todo el elemento estructural puede fallar, trayendo terribles consecuencias con la posibilidad de pérdidas de vidas. Y, por supuesto, es importante seleccionar la maquinaria especializada para que el proceso de producción se lleve de la mejor manera posible.

Además, con este producto se puede hacer un aprovechamiento integral, tanto de los bosques naturales, como de plantaciones; así como, de la madera de aclareo y residuos de los aserraderos, por lo que la materia prima para la producción de estos elementos, está garantizada en el tiempo y el producto final sería un producto más sostenible que cualquier otro material de construcción.

Todo ello, condujo a definir la propuesta de una *Red Nacional de Industrias de Madera Laminada Encolada para sistemas estructurales de edificaciones*, lo que facilitaría la promoción y el fomento de este tipo de productos, de alta calidad, a mediano plazo en Venezuela, siendo una verdadera alternativa tecnológica que permitirá dinamizar con materiales constructivos estructurales y con enfoque de sostenibilidad, el aportar soluciones efectivas al problema de la vivienda social en el país, quedando sólo de parte del Estado venezolano el estar consciente de su importancia y trascendencia.

8. Referencias bibliográficas

- BARRIOS E., O. ENCINAS, W. CONTRERAS, y A. RIVERA. 1999. Evaluación del efecto de las sales CCA sobre la línea de cola en probetas hechas con pino caribe utilizando resina fenol-formaldehído e isocianato. *Revista Forestal Venezolana* 44 (1): 17-26.
- BARRIOS E., W. CONTRERAS y M. OWEN DE CONTRERAS. 2006. Repercusiones energéticas y económicas del uso de la madera como elemento constructivo para viviendas de interés social en Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana* 40: 1-28.
- BARRIOS E., W. CONTRERAS, M. SOSA y M. OWEN DE CONTRERAS. 2007a. Análisis cualitativo de los principales impactos ambientales en el ciclo de vida de la madera laminada encolada de pino caribe del sur de los estados Anzoátegui y Monagas. *Revista Forestal Venezolana* 51(2): 245-258.
- BARRIOS E., M. SOSA y W. CONTRERAS. 2007b. La experiencia venezolana en la fabricación de vigas laminadas encoladas. *Tecnología y Construcción* 2(23): 75-88.
- BARRIOS, E., M. SOSA y W. CONTRERAS. 2010. *El Laboratorio Nacional De Productos Forestales (LNPF) y su rol histórico en la investigación tecnológica de la madera como material de construcción en Venezuela*. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 120 p.
- CISMADEIRA. 2009. *Normalización en el sector forestal*. En línea: <http://www.cismadeira.com/especies/downloads/normalizacion13.pdf> [Consultado: 12/12/2009].
- CONTRERAS, W. 2002. *Tres prototipos de viviendas de bajo costo: con madera y acero para el medio rural venezolano*. Uforga. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 124 p.
- CONTRERAS W. y M., OWEN DE CONTRERAS. 1999. Análisis sobre la evolución de la madera laminada a través de su historia y su trascendencia para Venezuela en el siglo XX. *Revista Forestal Latinoamericana* 13(25): 47-62.
- CONTRERAS W., M. OWEN DE CONTRERAS, F. ROSSO y Y. CONTRERAS. 1999. El desarrollo de la tecnología de la madera laminada, y sus perspectivas de uso en Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana* 14 (26): 17-37.
- CONTRERAS, W., M. OWEN DE CONTRERAS y Y. CONTRERAS. 2009. Evaluación y rediseño de dos proyectos de casas, realizados por la gerencia proyecto vivienda madera de CVG Proforca. Parte I. *Revista Forestal Venezolana* 53(1): 85-101.
- CONTRERAS W., M. OWEN DE CONTRERAS, F. ROSSO y Y. CONTRERAS. 2000. Las resinas fenólicas y su importancia en Venezuela para la fabricación de estructuras de madera laminada. *Revista Forestal Latinoamericana* 15(27): 1-13.
- CONTRERAS, W., L. NININ, M. OWEN DE CONTRERAS y Y. CONTRERAS. 2005. Propuesta para la creación de la red urbana de unidades comunales para la manufactura de componentes constructivos con madera de pino Caribe en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 52(2): 189 – 200.
- CONTRERAS, W., V. CLOQUELL y M. OWEN DE CONTRERAS. 2005. *La madera, productos forestales, industria forestal: conceptos y clasificación*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 96 p.
- DEL CAÑO A. y M.P. DE LA CRUZ. 2010. Materiales Composites de Madera: Madera Laminada Encolada. Universidad de La Coruña, España. En línea: <http://www.ii.udc.es/CAI/docs/Capitulo04/CAI-Mats05-2MaderaComposites.pdf> [Consultado: 20/01/2010].
- EGUÍA C. 1991. Venezuela. I. Geografía.3. Economía. En línea: http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=7381&cat=Geografia [Consultado: 20/01/2010].
- FONDEF, 2001. *Proyecto de fabricación de madera laminada encolada, de bajo costo, para el sector construcción nacional e internacional*. Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles. Universidad de Santiago de Chile. Santiago de Chile, Chile. 67 p.
- FONDONORMA. 2010. Normas para el sector forestal en Venezuela. En línea: <http://www.fondonorma.org.ve> [Consultado: 23/02/2010].
- FREAS, A. D. y M. L. SELBO. 1954. *Fabrication and Desing of Glued Laminated Wood Structural Members*. Forest Products Laboratory. Madison, U.S.A. 346 p.
- GÓMEZ, L. 2005. *Fundamentos de Normalización, Metrología y Control de Calidad*, Madrid, España. 76 p.
- HERRERO M. E., R. ARGÜELLES ÁLVAREZ, F. ARRIAGA MARTITEGUI, G. ÍÑIGUEZ GONZÁLEZ y I. BOBADILLA MALDONADO. 2007. Estado actual de la investigación sobre madera estructural en España. *Informes de la Construcción* 59 (506): 15-27.
- LIMUS. 2007. Madera Laminada. En línea: <http://www.ccquito.org/content/view/102/54/> [Consultado: 25/01/2010].
- OWEN DE CONTRERAS M., y W. CONTRERAS. 1997. Elaboración de un elemento laminado, tipo Parallam, con tiras de *Pinus caribaea var. hondurensis*, y adhesivo fenol-formaldehído. *Revista Forestal Venezolana* 41(2): 25-36.

PELLICANE, P. J. 1994. Finite element analysis of finger-joints in lumber with dissimilar laminate stiffnesses. *Forest products journal* 44 (3): 17-22.

ROSSO F., W. CONTRERAS y O. ENCINAS. 1998. *Propuesta de una línea de producción en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales y una planta de madera laminada encolada para la ciudad de Barinas, estado Barinas*. LNPF-ULA-MPPA. Mérida, Venezuela. 34 p.