

ELABORACION DE UN ELEMENTO ESTRUCTURAL LAMINADO, TIPO PARALLAM, CON TIRAS DE CAÑA BRAVA *Gynerium sagittatum* Y ADHESIVO FENOL -FORMALDEHIDO

Wilver Contreras Miranda¹ y Mary E. Owen de Contreras²

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

¹ Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado.

² Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Tecnología de Productos Forestales. Mérida - Venezuela

RESUMEN

Con el fin de elaborar un elemento laminado tipo PARALLAM con tiras de caña brava (*Gynerium sagittatum*) y adhesivo fenol-formaldehído, se realizó una investigación en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LABONAC), de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Se procesaron mecánicamente los tallos de caña brava y se obtuvieron tiras con espesores promedios de 3 mm, largo 3100 mm y ancho aproximado de 30 mm. La resina empleada fue RESIFEN 4429 y Catalizador ADIPOL 2039 de la compañía RESIMON C.A. Los ensayos de propiedades físico-mecánicas de las vigas, se realizaron de acuerdo a las Normas DIN y ASTM respectivamente. Se utilizó como referencia principal la Tabla de Esfuerzos de Diseño para Parallam (PSL) del Centro de Materiales de Construcción Canadiense CCMC 11161-R y como punto de comparación, el Manual de Esfuerzos de Diseño para Maderas Venezolanas del IFLA y el Cuadro de Clase y Categorías en Propiedades Mecánicas para Maderas Venezolanas. Los valores de los ensayos a escala natural de las vigas laminadas tipo parallam, fueron menores que las exigencias de las normas de referencia consultadas. Se observa estrecha relación entre la calidad de las líneas de cola y los valores bajos obtenidos en las propiedades mecánicas para probetas y vigas. La causa negativa determinante fue la mala humectación de la cola en las superficies de las tiras cuando coincidían las caras impermeables externas de las tiras de caña brava.

ABSTRACT

An experiment was undertaken at the Venezuelan Forest Products Laboratory in order to determine the feasibility of producing a laminated member Parallam type using bitter cane (*Gynerium sagittatum*) and a phenol-formaldehyde adhesive. The cane stems were first ripped into quarters to produce ribbons of about 30 mm wide, 3100 mm long and 3 mm thick. The glue used was RESIFEN 4429 catalized with ADIPOL 2039 produced by RESIMON C.A. Testing of test samples and real size members was carried out following DIN and ASTM standards specifications. Allowable Design Stresses for Parallam (PSL), Canadian Construction Materials Centre CCMC 11161-R, the Manual de Esfuerzos de Diseño para Maderas Venezolanas and Cuadro de Clases y Categorías en Propiedades Físicas y Mecánicas para Maderas Venezolanas were used as references for comparison purposes. Some values are at a level of acceptance but some others are far below this level as compared with the references. Natural size tests show results below specifications. These unsatisfactory results are related to the quality of the glue line. Whenever the glue line was between two external faces of the cane (the ones carrying the cuticle) a total glue line failure was produced indicating lack of wetting in the gluing process.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es el resumen de todo un compendio técnico como Trabajo de Grado bajo la tutoría del Prof. Adolfo Rivera O., insigne catedrático de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, donde se define el proyecto de la realización de un elemento estructural

laminado, tipo "Parallam", con tiras de caña brava y adhesivo fenol-formaldehído, donde se determinó sus propiedades físico-mecánicas y sus posibles usos para la industria de la construcción.

Se espera con esta investigación dinamizar, aportar y contribuir a la cultura tecnológica actual de la Industria Forestal nacional e internacional, partiendo del uso de materiales ligno-celulósicos no

tradicionales como la caña brava, que es un material empleado en la actualidad de forma exclusiva a nivel artesanal. Con el aprovechamiento integral de esta gramínea, aumentarían las perspectivas de insumos constructivos para la industria de la construcción y del mobiliario, en forma de tableros aglomerados para cerramientos, parasoles, mobiliario, entresijos y en forma de laminados para fines estructurales, como el “Parallam”,

“Parallel Strand Lumber (PSL)” ó madera en tiras paralelas, según lo reportado por el Instituto de Investigación de la Construcción de Canadá (CCMC 1993) (Figura 1).

El Parallam es realizado con tiras de espesor de 2 mm a 4 mm, longitud de 2,5 metros y contenido de humedad entre el 8% - 12%, provenientes de chapas de desarrollo de Douglas Fir ó pino del sur, las mismas son encoladas con resina de fenol-formaldehído sometidas a presión y calor, permitiendo alcanzar un elemento de alta resistencia en las propiedades físicas y mecánicas, así como a las inclemencias del medio ambiente (FORINTEK, 1993).

El Parallam, en Canadá, está permitido para usos constructivos residenciales y comerciales, además es una alternativa para la madera aserrada en vigas, columnas, correas, cerchas, etc. Es importante resaltar, que la tecnología del “Parallam” es la mayor y más reciente innovación en materia de productos laminados a nivel mundial, siendo desarrollado por la compañía Truss Joist MacMillan.

Se considera importante realizar un elemento laminado, partiendo del concepto canadiense de “Parallam”, pero adaptándolo a nuestras propias necesidades y exigencias técnicas, además del empleo de un material ligno-celulósico como lo es la caña brava, perteneciente a la cultura constructiva tradicional de Venezuela y América Latina.

REVISIÓN DE LITERATURA

Breves consideraciones sobre la madera laminada

En 1900, un desconocido en Alemania originó la construcción de madera laminada, con un amplio desarrollo para el resto de Europa en muy corto tiempo. En la década de los treinta en el Laboratorio de Productos Forestales de Estados Unidos, Madison Wisconsin, se desarrollaron técnicas de manufactura, diseño de estructuras y criterios de diseños para elementos estructurales para maderas laminadas (Bohannon, 1972).

Según Chugg (1964), la construcción de madera laminada, o de fibra paralela, se refiere a dos o más láminas de madera unidas mediante un adhesivo adecuado de modo que la dirección de las fibras de todas las capas o láminas es aproximadamente paralela. El tamaño, la forma, el número y espesor de las láminas pueden variar ampliamente. Muy similar es la definición dada por Freas y Selbo (1954), donde el término madera laminada se refiere al material encolado de pequeñas piezas de madera en forma recta o curvilínea, con el grano de todas las laminaciones paralelas a la longitud del elemento.

Los productos laminados son generalmente similares a los de la madera sólida de igual calidad. La manufactura mediante el encolado permite la construcción de artículos largos, anchos y gruesos, partiendo de material más pequeño y menos costoso, a menudo, con menos pérdida de madera que cuando sólo se usa ésta en forma sólida.

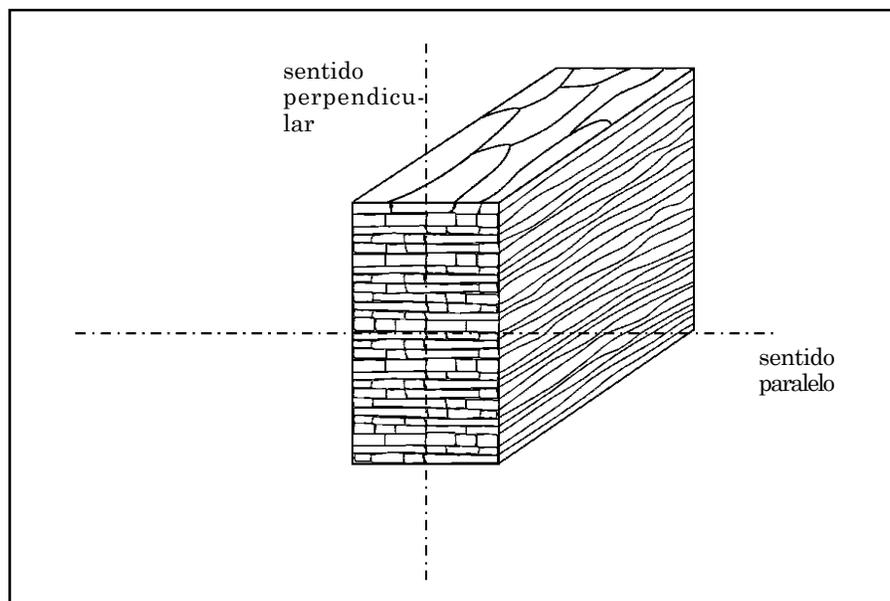


FIGURA 1. Distribución de las cargas en el sentido paralelo y perpendicular a la cara ancha de las tiras del PARALLAM (PSL).

El alto espectro de investigación de la madera laminada en todos los laboratorios forestales del mundo en los últimos años, ha permitido que esta tecnología se proyecte y asocie al aprovechamiento racional de los recursos de la biomasa del bosque, tal como lo refleja la producción estandarizada en masa de elementos estructurales modulares y su economía respecto al uso de otros sistemas constructivos. Ellos permiten un concierto de usos para la manufactura de vigas, arcos y cerchas laminadas, siendo ésta la causa por la que han llegado a ser un segmento muy importante en la industria de la madera.

En la última década del Siglo XX la madera laminada continúa descubriendo nuevos campos, por ser considerado un material de construcción de características únicas. Por esta razón MOELVEN (1993), reseña que la madera laminada por sus características técnicas y estéticas ha permitido con éxito su aplicación en construcciones grandes o pequeñas, desde hangares hasta interiores de viviendas, desde puentes peatonales, perfectamente integrados al entorno rural o urbano, hasta grandes construcciones de uso público como algunas de las que albergaron los Juegos Olímpicos de Invierno de Lillehammer.

Una de las principales características técnicas de la madera laminada es que presenta menos tensiones internas por la no continuidad de la fibra, creando elementos más estables y con menos deformaciones, en otras palabras la madera laminada presenta mejores características de estabilidad y resistencia que la madera sólida (FORINTEK, 1993). Sumándose a esto, Arroyo (1983), señala que los cambios dimensionales que pueden ocurrir como resultado de los aumentos de temperatura, son menos significativos en los elementos estructurales de madera que en los de metal.

El desarrollo e innovación de la investigación del FORINTEK CANADA CORPORATION, ha permitido generar una variedad de productos laminados, tales como: MICROLAM, es la primera realización industrializada en el mundo de piezas estructurales de hasta 24 mts., de chapas paralelas encoladas; el Skrimberg; forjados silenciosos viguetas T.J.I que son elementos estructurales ligeros de hasta 24 mts. de longitud, empleados en forjados y cubiertas, los cuales son un híbrido entre contrachapado y un elemento laminado tipo MICROLAM, también denominado LVL (Laminated

Veneer Lumber) de múltiples aplicaciones entre lo que se encuentra los postes de sección octogonal; por último, el PARALLAM (PSL) (FORINTEK, 1993).

Finalmente, para la fabricación de la gran variedad de elementos laminados se tiene que considerar un gran cantidad de factores, entre los mas importantes podemos definir las de cargas vivas y muertas a la cual estará sometido el elemento laminado; luz entre soportes; tipo de madera; pero fundamentalmente su ubicación en obra, la cual define el tipo de adhesivo a emplear, como es el caso de las resinas fenólicas para uso exterior ó resina urea-formaldehído en espacios internos de la edificación (Parker 1972), (Hansen 1972), (Youngquist 1979).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en las instalaciones la Sección de Contrachapados del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LABONAC), de la Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela.

Los materiales y equipos empleados para la realización de la presente y particular investigación, fueron en su gran mayoría los mismos empleados por Slooten (1964) para la fabricación de los arcos laminados, con madera de samán para la estructura que cubre actualmente el techo de la Sección de Contrachapados de LABONAC, con una luz entre apoyos de 22 metros.

Se realizaron ensayos preliminares a las resinas de fenol-formaldehído para determinar el tiempo de vida útil, tiempo de ensamblado abierto y cerrado, temperatura de fraguado según los requerimientos técnicos de los equipos existentes y no como lo expone la avanzada tecnología de fabricación del Parallam que es con micro-ondas y que por razones económicas se usó la aplicación del calor por la radiación de calor con resistencias eléctricas, coberturas de lona y una cámara de calefacción forrada en chapas de madera de bucare.

Las resinas fenólicas evaluadas fueron la RESIFEN 4429 y la 4439 con el Catalizador ADIPOL 2039, fabricados por la Empresa RESIMON C.A. ubicada en la Ciudad de Valencia Estado Carabobo.

La caña brava *Gynerium sagittatum*, fue obtenida de las riberas del Río Mocotíes, Santa Cruz de Mora, Capital del Municipio Pinto Salinas del Edo. Mérida; transformada en tiras, seleccionadas y cortadas a 4 metros de longitud.

Se fabricó un encofrado metálico perforado en sus caras laterales, para que almacenara las tiras de caña brava y poder consolidar la estructura física de las futuras vigas laminadas.

El proceso metodológico fue el siguiente:

1.- Ensayos preliminares:

2.- Elaboración de las vigas laminadas:

Exposición esquemática de la secuencia de operaciones, según los objetivos planteados en la presente investigación:

a.- Obtención, selección y procesamiento de la caña brava .

b.- Se sometieron las tiras al proceso de secado, en la cámara de secado (Burgos 1995).

c.- Las tiras de caña brava, se encolaron con el adhesivo del tipo de uso exterior (fenol formaldehído RESIFEN 4429) en la encoladora de rodillos (Figura 2). Se formó una manta con las tiras orientadas en la dirección longitudinal, dentro del encofrado propuesto para el elemento a fabricar (Figura 3).

d.- Mediante presión continua de 72 horas y calor (cámara de calefacción por conducción de calor) a temperaturas entre los 60 y 70°C, la cola fraguó y se obtuvo una pieza continua con las dimensiones de 120mm*240mm*3900mm



FIGURA 2. Encolado de las tiras

e.- La pieza obtenida, se cortó a las dimensiones requeridas para ser sometida a los ensayos de flexión estática a escala natural para el elemento L (120 mm * 240 mm * 3100 mm).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se presenta un resumen de resultados de los ensayos de Flexión Estática para vigas a escala real, según el Programa y Metodología para Ensayo a Escala Natural de la JUNAC (1982).

Los resultados obtenidos fueron evaluados a través de análisis estadísticos, y el empleo del Programa CRICKET, bajo el Sistema Operativo WINDOWS, el cual permitió elaborar las gráficas de los ensayos de flexión estática, compresión paralela y perpendicular para obtener la carga límite y la deformación, con el fin de poder calcular el E.L.P., M.O.E. y M.O.R. permitiendo así comparar con las normas empleadas, para luego llegar a conclusiones y recomendaciones confiables.

Ensayos Preliminares de los Adhesivos

En los ensayos preliminares realizados para estudiar la línea de cola hecha con resina fenol-formaldehído RESIFEN 4429 y catalizador ADIPOL 2039, de la Compañía RESIMON C.A., se determinó que la vida útil (5 horas), tiempo de ensamblado abierto (2,45 horas) y tiempo de ensamblado cerrado (4 horas), fueron tiempos suficientes para trabajar de forma holgada en la fabricación del elemento laminado tipo parallam, con tiras de caña brava de densidad 0,82 gr/cm³.

Los ensayos de cizallamiento, que permitieron evaluar las líneas de cola fenol-formaldehído en las distintas superficies de las tiras de la caña brava, se determinó que el 95% de la falla principal fue en la caña, ya que existió en la fabricación de las probetas una excelente aplicación de calor (120°C) y presión (150 kg/cm²).

Se pudo apreciar que con la Resina 4439 y catalizador ADIPOL 2039 no se mezclaron en ninguna de las condiciones ensayadas, aún con la aplicación de hasta un 30 % del catalizador ADIPOL 2039. Después de los tres minutos recomendados de agitación, se formaban dos cuerpos acuosos muy bien definidos según el color rojo muy oscuro de la resina y el color crema por alguna reacción química del catalizador.



FIGURA 3. Tiras encoladas dentro del encofrado

De acuerdo a lo descrito, se concluye que queda excluida la Resina RESIFEN 4439 para ser utilizada en la presente investigación.

Propiedades Físicas

Densidad del elemento laminado tipo Parallam, con tiras de Caña Brava

CUADRO 1. Valores de Densidad seca al aire en gr/cm^3 de las probetas extraídas de las vigas laminadas tipo parallam de caña brava.

Vigas	1	2	3	4	5	Promedio Total
X	0,82	0,80	0,83	0,81	0,82	0,82
CHX %	9,2	9,2	9,2	10,1	9,3	9,4
Nº Prob.	10	10	10	10	10	10

El valor promedio de densidad seca al aire de las probetas del elemento laminado tipo parallam, se registró en $0,8210 \text{ gr}/\text{cm}^3$. De acuerdo a Ninin (1986), citado por Taquire (1995), en el Cuadro de Clases y Categorías en propiedades físico-mecánicas de las maderas venezolanas, se puede clasificar al elemento laminado realizado en la presente investigación, en la Clase III, Categoría Media, por estar en el intervalo de $0,65 < D < 0,85 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

De acuerdo al cálculo para la fabricación final del elemento laminado, en el cual se considera el peso de la caña brava y la cola, la densidad teórica de $1,00 \text{ gr}/\text{cm}^3$, fue la misma que se empleó en la simulación del elemento laminado realizado en los ensayos preliminares. Se debe acotar que esta diferencia de densidad entre la final ($0,8210 \text{ gr}/\text{cm}^3$) y la teórica ($1 \text{ gr}/\text{cm}^3$), se debe al imprevisto en el momento de la fabricación de las vigas, ya que el volumen de las tiras de caña brava era

demasiado grande para ser depositadas dentro del encofrado metálico, impidiendo así el poder colocar la tapa que por sometimiento a presión con los pernos, la llevaría al tope y así llegar a la dimensión nominal de los 25 cm de profundidad del elemento laminado.

El encofrado metálico falló a pesar de ser fabricado con elementos estructurales, sin poder soportar las grandes presiones internas, ya que se apreció en el transcurso del sometimiento a presión que todas sus caras se deformaron (reflejándose en las vigas una vez desencofradas), con el riesgo de colapsar la estructura del encofrado, además de la continua falla de los pernos que ejercían la presión constante. Por la razón descrita en el párrafo anterior, se pudo apreciar en toda la estructura física de las vigas, por consiguiente en las probetas, que sus caras laterales presentaban un alto porcentaje de espacios vacíos.

Propiedades mecánicas de las 5 vigas del elemento laminado, tipo Parallam, con tiras de Caña Brava

Los resultados de las propiedades mecánicas de las vigas a escala natural, sometidas al ensayo de flexión estática del elemento laminado, fueron comparados primero con los valores de las cargas paralelas a la cara ancha de las tiras (plano radial) y los valores de la carga perpendicular a la cara ancha de las tiras (plano tangencial), del Cuadro 2 extraído de la Tabla de esfuerzos de diseño para parallam



FIGURA 4. Falla en bloques de los extremos de la viga laminada

(PSL) del Centro de Materiales de Construcción Canadiense, CCMC 11161-R, por considerar que es la única referencia de comparación más fidedigna, debido a que son elementos laminados de similar concepto y características, pero con la debida consideración de que se han trabajado con materiales ligno-celulósicos muy diferentes, como lo son la madera del Douglas Fir y Southern Pine, respecto a la caña brava. Segundo, según los Esfuerzos de diseño para madera de calidad estructural del Cuadro 3, realizado por Centeno (1983), a fin de tener una visión comparativa más cercana con las maderas venezolanas y dar una posible clasificación estructural del elemento laminado.

Valores resumen de las propiedades mecánicas del elemento laminado tipo Parallam con tiras de Caña Brava

El cuadro de clases y categorías en propiedades físico-mecánicas, según la clasificación de materiales ligno-celulósicos con densidad seca al aire citados por Taquire (1995), permitió ser la guía para clasificar los elementos laminados de caña brava elaborados, cuya densidad básica promedio fue de $0,82 \text{ gr/cm}^3$. Clase: III; Categoría: media; Valores densidad: $0,66 < D(0,82) < 0,85 \text{ gr/cm}^3$

CUADRO 2. Tabla de Esfuerzos de Diseño Parallam (PSL) del Centro de Materiales de Construcción Canadiense CCMC 11161-R.

PROPIEDAD	GRADO 2,0 E	GRADO 2,0 E (Convertido)
Flexión	20,0 MPa	203,73 Kg f/cm ²
VIGAS= 241mm	20,6 MPa	209,73Kg f/cm ²

CUADRO 3. Esfuerzos de diseño para madera de calidad estructural (Kg/cm²) (Centeno 1983).

Grupo Básica	Densidad g/cm ³ .	Flexión PAR(Fb)	Compresión PERP(Fp)	Compresión (Vigas)	Cizalla E 0,5	MOE
A	D>0,71	200	150	50	15	140.000
B	0,70>D<0,56	140	110	35	12	120.000
C	0,55>D<0,40	100	80	25	10	90.000
D	0,39>D<0,32	75	60	15	8	80.000

Segun Centeno (1983), de acuerdo a su densidad básica permite ubicarlos en: Grupo Estructural A Db >/ 0,70 gr/cm³

Los valores obtenidos para ELP, MOR y MOE, expuestos en el Cuadro 4, en los ensayos de flexión estática realizados a escala natural, al ser comparados con las normas canadiense y venezolana para madera sólida, no cumplen con las exigencias planteadas debido a la falla generalizada en forma de bloques en el plano longitudinal de la viga (Figura 4), por la deficiente presión al momento de manufactura de las vigas debido a las características de diseño del encofrado empleado, originando que no se diera la etapa de humectación en las superficies de las tiras de caña brava y mas cuando coincidían en la línea de cola los adherendos impermeables de la cara externa de la corteza de las tiras.

CUADRO 4. Propiedades mecánicas flexión estática vigas (Kg/cm²) Profundidad (h)=241mm

	Parallam NC		EDMCE (C)	Madera A VIII
ELP (Kg/cm ²)	163,65	209,73	200	X
MOR (Kg/cm ²)	182,48	X	X	1060<MOR<1425
MOE (Kg/cm ² *1000)	127,20	X	X	X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Se demostró la factibilidad técnica de manufacturar a partir de tiras de caña brava *Gynerium sagittatum*, el elemento laminado, tipo Parallam, diseñado para que funcione como componente único estructural de vigas, viguetas y columnas.
- 2.- La estructura interna y externa de los elementos laminados tipo Parallam fabricados es rígida y permiten el fácil procesamiento mecánico del aserrío y su acabado final es uniforme y agradable a la vista.
- 3.- Diseñar un encofrado para la fabricación de elementos estructurales laminados tipo Parallam que pueda dar cabida en su interior a mayor cantidad de tiras de caña brava, permitiendo alcanzar densidades más altas (1 gr/cm³) y modificar la forma de aplicar la presión para consolidar las vigas de modo que se pueda lograr la presión suficiente y uniforme.
- 4.- Realizar un estudio similar, bajo las mismas condiciones ensayadas de densidad 0,82 y 1 gr/cm³,

que considere la eliminación del factor negativo representado por la cutícula impermeable de las tiras de caña brava, para así poder lograr un mejor enlace que garantice una respuesta adecuada de las líneas de cola a los esfuerzos a que son sometidas en los ensayos de las propiedades mecánicas.

- 5.- Elaborar un proyecto de factibilidad económica que evalúe los costos de fabricación industrial de los elementos estructurales laminados tipo Parallam con tiras de caña brava y adhesivo fenol-formaldehído.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROYO, JOEL. 1983. Propiedades físico-mecánicas de la madera; texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales U.L.A, Mérida-Venezuela.
- BERGADO D.T., J.C. CHAI, H.O. ABIERA & M.C. ALFARO. 1993. Interaction between cohesive-frictional soil and various grid reinforcements. Geotextiles and Geo-membranes. 12 (4):39-60.
- BOHANNAN, BILLY.1972. Strength Criteria of Glued-Laminated Timbers. U.S Foreste Products Labortory. Bull.361. Septiembre-octubre. Caracas-Venezuela.
- BURGOS, Amarilis. 1995. Secado al horno del saqui-saqui, aplicando un horario combinado: convencional alta temperatura. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida, Ventouela.
- CANADIAN CONSTRUCTION MATERIALS CENTRE. 1993. Evaluation Reports and Listings. Introductory Information. of Chinese Forester 14(2): 39-60.
- CENTENO, Julio. 1983. Normas para la clasificación de Madera Estructural. Instituto Forestal Latinoamericano - IFLA. Mérida - Venezuela.
- CHUGG, W.A. 1964. GLULAM. Londres. Inglaterra.
- ESTEVEZ, J. el al. 1993. Mallas especiales de doble capa en madera laminada. AITIM. Noviembre-Diciembre.167:67-74. U.L.A. Mérida-Venezuela 37:141 - 14439
- FREAS, A. D. & SELBO, M.L. 1954. Fabrication and Desing of Glued Laminated Wood Structural Members. Forest Products Laboratory. Madison, U.S.A.
- FORINTEK CANADA CORPORATION. 1993. Proyectos de Investigación. AITIN N° 162:84-115. Madrid - España.
- JUNAC. 1982. Manual de diseño y normas para ensayos de madera. Lima - Perú.

- MENENDEZ y PARDO. 1993. Un puente peatonal de madera laminada. AITIN, N° 166:75-78. Madrid - España
- MOELVEN. 1993. Madera laminada MOELVEN: de interiores de vivienda a puentes peatonales. AITIM, N° 166:79-81. Madrid - España.
- PARKER. 1972. Diseño y cálculo estructural de madera. Editorial Blume. Ciudad de México - México.
- RESIMON, C.A. 1994. Boletín Técnico Provisional. Mes de Julio. Valencia. Venezuela.
- TAQUIRE, A. 1995. Relación entre la estructura anatómica y las propiedades de los altos llanos occidentales de Venezuela. Centro de estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela.
- YOUNGQUIST, J. 1979. Design, fabrication, testing and installation of a Press-Lam. Bridge Res. Pap. FPL-332. USA. Forest Serv., Forest Prod. Lab. Madison. Wis. 19 pp.