

EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA DE MADERA LAMINADA, Y SUS PERSPECTIVAS DE USO EN VENEZUELA.

Wilver Contreras Miranda, Mary E. Owen de C.,
Franz Rosso y Yoston Contreras Miranda.

RESUMEN

La madera laminada representa para las actuales momentos una excelente alternativa para contribuir en la solución de las grandes necesidades constructivas de Venezuela. Presenta la posibilidad de proyectar conjuntos habitacionales de uno hasta varios niveles; edificaciones unifamiliares aisladas y pareadas, bifamiliares y multifamiliares. El presente trabajo desarrolla los criterios técnicos fundamentales a considerar en el proceso de elaboración de la madera laminada y una evaluación de sus verdaderas posibilidades que tiene como material constructivo sustentable, industrializado, competitivo económicamente respecto al concreto y acero, etc., para ser incorporado en la construcción de los programas habitacionales que viene fomentando el Estado venezolano por medio del CONAVI, instituto rector de las políticas habitacionales del país.

Palabras clave: Madera laminada, construcción, programas habitacionales, Venezuela.

LAMINATED TIMBER TECHNOLOGY AND ITS PERSPECTIVE IN VENEZUELA HOUSING CONSTRUCTION.

SUMMARY

Laminated timber is an excellent alternative to contribute to the existing big housing deficit Venezuela. Any kind of houses and buildings can be constructed with this flexible type of timber technology. The research discusses fundamental and technical facts to be considered in all aspects of laminated timber production and its possibilities as a sustentable mass production and competitive construction material compared against concrete, steel and other construction materials. The advantages of the technology to be used by the Venezuelan national building program are discussed.

Key words: Laminated timber, construction, building program, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

El siglo XIX fue pródigo en avances de la carpintería estructural en los países donde se desarrolló la Revolución Industrial, produciéndose infinidad de investigaciones que conllevaron al avance en este campo, tales como edificaciones y puentes para ferrocarril en estructuras triangulares de madera sólida o compuesta (Ripoll, 1988).

En los actuales momentos, en Venezuela la madera laminada es un producto forestal con grandes connotaciones de desconocimiento técnico dentro del gremio de profesionales de la arquitectura e ingeniería, amén de la gran mayoría de estudiantes que conforman el futuro rector de los proyectos habitacionales, comerciales, turísticos e industriales de la geografía nacional.

Se pretende con el presente trabajo, difundir parte de los conceptos técnicos que son fundamentales para la elaboración de los componentes estructurales de madera laminada.

De igual forma se evalúan similares consideraciones técnicas en el uso de los dos principales componentes que garantizan el éxito de la madera laminada, la madera y el adhesivo, como una forma de ratificar que no se puede someter a la improvisación el manejo de esta tecnología con tintes de sofisticación, racionalismo, agresividad formal y estructural, y finalmente la imagen de industrialización con criterios de sustentabilidad en estos tiempos de cambios de paradigmas constructivos.

I.- PERSPECTIVAS REALES DEL USO DE LA MADERA LAMINADA EN VENEZUELA.

La madera como materia prima para la construcción durante el recorrer de los tiempos ha tenido infinidad de usos. En los últimos años la aparición de técnicas modernas de carpintería para armar ofrece a los ingenieros y arquitectos otra herramienta de trabajo, además de un diferente código estético estableciendo una calidad de obra nunca antes alcanzada y sitúa a los componentes de madera en condiciones competitivas con los prefabricados de acero y concreto, dentro de similares normas de estabilidad y duración (Ripoll, 1988).

Es de suma importancia resaltar el hecho de que se puede lograr que una edificación ofrezca las mismas garantías que se le atribuyen con errónea exclusividad a los materiales denominados tradicionales, como el acero y el concreto, siempre y cuando los componentes estructurales de madera sólida o laminada logre:

- 1- Garantizar la calidad de la madera.
- 2- Proteger la edificación por medio del diseño.
- 3- Construir con el rigor que el planificador determine (Navarrete, 1988).

La calidad de la madera depende de las características de la especie que se utiliza, de una adecuada preservación contra hongos e insectos que la atacan y de buenas condiciones de secado (JUNAC, 1984).

En cuanto al diseño se pueden disminuir los riesgos de deterioro de los elementos de madera si se consideran las variables determinantes para su durabilidad como son: humedad del ambiente, condiciones climáticas, vientos, sol, fuego, sismos, combinadas con el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de las especies utilizadas. Navarrete (1988), señala que el diseño permite el manejo de las variables ambientales, tanto en el ámbito de todo el edificio como de aquellos detalles que evitan el deterioro de sus componentes.

Cuando se evalúa una edificación donde la madera laminada es su protagonista, se aprecia que por la conformación física de sus laminas, las uniones apernadas, sus secciones y su disposición en la construcción tanto en espacios internos como externos, haciendo que con el pasar del tiempo se debe denotar si su calidad en el proceso de elaboración han sido los más acordes técnicamente, por las condiciones en que se encuentren los elementos, si no presentan

biodeterioro y delaminaciones que puedan colocar en peligro la estabilidad estructural de los componentes.

Por tales razones, otro factor a considerar es la naturaleza combustible de la madera. Esta no es una limitante que impida su uso en la construcción. De acuerdo a lo referido por Centeno (1978) y Arroyo (1983), los elementos estructurales de madera pueden presentar comportamientos bajo fuego superior que el de otros materiales. Por ejemplo una columna de madera de 10* 10* 240 cm de largo bajo una carga de 1000 Kg. resistiría un incendio por mas de 45 minutos, mientras que una columna de acero diseñada para soportar la misma carga colapsaría en aproximadamente 15 minutos. Una estructura de madera sólida o laminada es más fácil de reparar, si ha sufrido daño limitados, que las estructuras de otros materiales.

Con un diseño adecuado se puede evitar la generación y propagación de un incendio, garantizar medios adecuados de escape e incluir medios de detección y combate de incendios.

De manera que, para la utilización de la madera en la construcción el planificador debe regirse por una serie de principios técnicos que garanticen su funcionalismo, eficiencia y permanencia ya que la madera posee su propia tecnología de producción, transformación, uso y mantenimiento (Centeno, 1978).

Joel Arroyo (1983) presenta una recopilación de las características de la madera sólida que se pueden extrapolar a la madera laminada, y que explican su versatilidad de usos en la construcción y la ubican en posición única entre los materiales estructurales.

Los sistemas constructivos van desde el uso de la madera rolliza, la madera aserrada, la fabricación de elementos (vigas y columnas laminadas; compuestas de otros productos forestales como aglomerados y contrachapados; paneles modulares) para ser ensamblados en la obra, empleando la prefabricación de módulos especiales tridimensionales que se colocan en la obra, así como la elaboración de todos los componentes de una vivienda para ser vendidos en forma de "Kits", todo en base al desarrollo de las técnicas industrializadas para el procesamiento de la madera (JUNAC, 1984). Podemos decir que en estos momentos no existen limitantes técnicas para el uso de la madera y sus productos derivados en la construcción.

En nuestro país existen construcciones que demuestran la permanencia y resistencia de la madera utilizada en sus estructuras tales como Iglesias, Edificaciones Gubernamentales, viviendas de los Gobernadores de Provincia y Obispos de la época colonial las cuales se encuentran en buenas condiciones y pertenecen a nuestro patrimonio histórico (Posani, 1989).

Según C.V.G.- PROFORCA (1990), la industria del aserrijo ha crecido proporcionalmente al desarrollo de la industria de la construcción dada su vinculación directa con ésta ya que con el aumento de la población urbana ha aumentado la demanda de madera para encofrados, fabricación de muebles, closet, marco de puertas y para la decoración de interiores.

Por otro lado el desarrollo industrial debe tomar en cuenta que el consumidor potencial existente en nuestro país, demanda productos de buena calidad y se requiere de normas claras para su mercado y poder obtenerlos a costos razonables y de manera segura (Ninin, 1994).

De manera que al existir la demanda de los productos de la industria, su desarrollo contribuiría a crear incentivos para el establecimiento de plantaciones en tierras deforestadas (Bonduki, 1988).

Así, se aportaría "un grano de arena" a la problemática de la falta de integración del bosque con las necesidades de la población, la falta de promociones y de organizaciones para integrar los productos forestales a las necesidades de la población, señaladas por Ninin (1992), quien también menciona la necesidad de desarrollar nuevos productos dentro del marco de la cultura de las necesidades y la urgencia de formar nuevos empresarios para complementar los macroproyectos del grupo C.V.G. Así como el desarrollo de tecnologías para reducir costos, aumentar la calidad y valorizar las maderas.

Al respecto se ha visto en los últimos dos años (1998 – 1999) hasta el presente un esfuerzo de CVG – Proforca en pro de dinamizar el uso de la madera de pino caribe (*Var. Hondurensis*), a fin de ser incorporados en los programas habitacionales de interés social que viene fomentando el Estado venezolano por medio del Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI), que es el organismo rector de las políticas y programas habitacionales del país.

Por medio de CVG-PROFORCA y CVG-FERROCASA se procedió a la construcción de 12 prototipos de viviendas en el Sector UD – 337 de la Ciudad de Puerto Ordaz, estado Bolívar, mejor conocido como CORE – 8, donde se empleo

la madera de pino caribe aserrada y por primera vez una propuesta para una vivienda de interés social con madera laminada, construida por la Empresa Kondor C.A. de la Corporación Forestal Uverito (Correo del Caroni, 1999)

Es importante resaltar que en el caso particular del oriente del país, la industria forestal se ha visto favorecida hasta el presente con la creación en 1988 de la Empresa C.V.G.-PROFORCA para encargarse de todas las operaciones implícitas en el Plan de Manejo de las plantaciones de Pino Caribe, tales como preparación de la tierra para las plantaciones, producción de plántulas en los viveros, actividades de investigación, explotación, producción de madera aserrada, impregnación, secado, fabricación de cerchas y machihembrados. Los objetivos del aserradero de Uverito son principalmente la producción uniforme, eficiente y sostenida de madera aserrada para abastecer a la industria del grupo C.V.G., para la industria del aserrio y mueblería de la región, al mismo tiempo producir madera de alta calidad con tratamientos antimancha, secada al horno y preservada contra ataques de hongos e insectos (CVG - PROFORCA, 1994).

Aquí se puede indicar que el Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, Hugo Chávez Frias en Julio 1999, promocionó por cadena nacional el amplio desarrollo que tendría la industria forestal venezolana con el fomento en el ámbito industrial de las viviendas de madera. Se puede señalar de forma responsable, que este anuncio tubo percances posteriores al reconocerse la deficiencia existente en el país para esa fecha y para el presente, de no contar con una suficiente capacidad industrial instalada para preservar y secar la madera de pino caribe.

El anterior contexto también desencadenó una disminución en la credibilidad del pueblo venezolano de poder construir con madera, haciendo mucho más distante la posibilidad de emplear la madera laminada en los programas sociales, ya que la única empresa fabricante de este producto en Venezuela, Industrias Kondor CA, no puede hacerse participe con este producto en dichos programas sociales por los altos costos de venta que para finales de 1999 tenía un costo de 630 dólares por metro cúbico.

Aquí denota una desventaja de competición entre la madera laminada y la madera aserrada, ya que la primera es más costosa por su procesamiento industrial de la madera (preservación, secado, excelente calidad del aserrado); mayores tiempos de ensamblaje en fabrica por los procesos de encolado, carga y descarga en prensa de los productos laminados; costos del adhesivo, energía

eléctrica, mano de obra, instalaciones techadas con grúas para el desplazamiento de elementos de mayores dimensiones, etc.

El párrafo anterior, resalta el porqué la madera laminada en los países desarrollados, es empleada para construcciones más pudientes, en viviendas de clase media y alta, tal como se puede apreciar la promoción de venta para el uso de los productos laminados de la empresa Trus Joist (Home Building Cost Guide, 2000). Por tales razones de marketing, se pretende promocionar el empleo de los productos de madera laminada en la elaboración de estructuras especialmente para los programas habitacionales de los niveles II y III, es decir clase media y alta, donde la pondría en condiciones muy favorables de competir con los materiales tradicionales como el concreto y al acero, sin dejar de lado que por ser un material orgánico, es un producto constructivo sustentable, adaptable a los criterios formales y culturales de la sociedad venezolana.

Si se logra una verdadera integración de la industria con los habitantes locales y regionales se podrían realizar programas de desarrollo y construcción de viviendas para mejorar su calidad de vida, a las vez que obtiene una cierta capacitación técnica que les abriría las puertas para nuevos empleos. La construcción de viviendas de madera sólida o laminada, que sean funcionales y seguras es posible si se cumple con un mínimo de principios de fácil aplicación (Centeno, 1978).

Retomando lo planteado por Ninin (1994), al referirse sobre el pino caribe como "La Madera de Obra" que el país necesitaba, podemos ser optimistas en que el desarrollo de la industria forestal tiene allí su punta de lanza y que podremos contar con una materia prima de excelentes condiciones para la industria de la construcción en Venezuela. Se debe tener por sentado que con los esfuerzos de explotar industrialmente las plantaciones de pino caribe por parte de consorcios foráneos, entre otros el grupo chileno Terranova, con la construcción de un aserradero de una inversión aproximada de 150 millones de dólares, se puede producir una comercialización a gran escala de sus productos para el exterior.

Lo anteriormente expuesto contribuiría con generar primero una uniformidad de costos del pino caribe en Venezuela. Segundo, disminuirían los costos por metro cúbico, ya que los costos del pino, a nivel internacional son más bajos que los comercializados en nuestro país, este proceso de globalización económica colocaría el uso de la madera de pino caribe al alcance tecnológico de ser accesible a participar en los programas habitacionales con carácter social.

Considerando todo lo antes mencionado, se puede apreciar claramente que el país cuenta con todos los elementos que permitirían incrementar el desarrollo de nuevas técnicas, para la elaboración de una diversidad de productos, a base de madera y para incursionar en la industria de los elementos laminados como una alternativa para la construcción en Venezuela. Esos elementos que pudiéramos definir como fortalezas, serían las siguientes:

- El alto déficit habitacional que afecta a las familias venezolanas de muy bajos recursos, pero especialmente a los que integran las clase media, donde por los costos de producción de la madera laminada respecto a los materiales y sistemas constructivos tradicionales, garantizarían una demanda segura a estos productos.
- El encarecimiento cada día más ascendente de la construcción tradicional de concreto y acero, y el alto costo de la mano de obra, genera la necesidad de nuevos productos, pero especialmente el pensar en los cambios que generan los nuevos paradigmas de la construcción moderna, la forma de hacer viviendas y vivir en viviendas prefabricadas, flexibles e inteligentes, en plena armonía con el medio.
- Relaciones comerciales y académicas con los principales países exportadores de tecnologías de la madera, así como de los más importantes centros de investigación de la madera laminada del mundo como el Laboratorio Nacional de Productos Forestales de Madison (USA), el Forintek (Canadá), el British Research Establishment BRE (Inglaterra).
- La existencia de personal calificado que posee conocimientos sobre las características, propiedades y usos adecuados de la madera del país.
- Personal calificado que está en continuo proceso de evaluación de la evolución de la tecnología y diseño de los productos forestales; sus tendencias ambientalistas; técnicas de evaluación de la calidad de las líneas de cola, uniones y adhesivos; normalización y marketing; así como el avance de los estados de la técnica de los equipos mecánicos de procesamiento de la madera.
- La oferta de gran cantidad de madera de pino caribe en las plantaciones de la Orinoquia.

- Establecimiento en Venezuela de la primera planta de madera laminada en la ciudad de Puerto Ordaz, Industrias Cóndor CA, que ha elaborado vigas laminadas de varias secciones en pino caribe y teca.
- El conocimiento y capacidad de aplicar nuevas técnicas para obtener madera reconstituida como las vigas laminadas con el fin de valorizar las grandes proporciones de leño juvenil de pino caribe (Owen y Contreras 1997).

II.- PRINCIPALES CRITERIOS TÉCNICOS A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DE LA MADERA LAMINADA.

La madera a través del tiempo ha tenido infinidad de usos y aplicaciones, gracias a sus excelentes propiedades e inimitable belleza. Castiglioni (1957), menciona algunos motivos que han incidido en el uso universal de la madera tales como:

1. Es un material de alta difusión.
2. Pueden seleccionarse piezas altamente ornamentales.
3. Se trabaja, repara y ensambla con facilidad.
4. Posee baja conductividad térmica.
5. Por la relación existente entre su peso y su resistencia pueden elaborarse artículos de proporción equilibradas y agradables que resultan comparativamente fuertes a la par que livianos.

Dada su fácil trabajabilidad, no se requieren herramientas muy sofisticadas para su procesamiento. Esto permitió a los artesanos de antiguas civilizaciones egipcias, griegas y romanas, elaborar objetos de gran calidad y belleza. Una muestra de ello la constituyen sarcófagos constituidos por varias capas de madera (generalmente Cedrus atlántica) encolada y decorada con distintas inscripciones jeroglíficas. Estos artesanos de la antigüedad fueron los primeros en utilizar el principio que serviría de base posteriormente a la industria de épocas modernas para fabricar maderas compensadas y chapas (Castiglioni, 1957).

Más tarde, con la invención del corte rotativo en 1890 y la maquinaria para el corte semi - rotativo y plano, se ha dado gran impulso al uso de chapas de madera con fines decorativos y que actualmente tienen su aplicación en los elementos laminados con fines estructurales, gracias a los avances en las técnicas de fabricación de adhesivos sintéticos.

La primera vez que se aplicó la madera laminada en estructuras fue en 1909 por Hetzer en Suiza. En EEUU la primera estructura laminada fue erigida en el año de 1934, cuando se construyó el edificio para el laboratorio de productos forestales de Madison, constituido por marcos triarticulados. En la actualidad los miembros laminados constituyen un importante elemento de construcción, especialmente para edificios de gran luz, apto para una extensa gama de aplicaciones, ya que permite la creación de estructuras estéticamente agradables y de grandes posibilidades de diseño arquitectónico y buena construcción (Tamm, 1988).

La madera laminada se convierte en una alternativa a las nuevas necesidades de racionalizar el uso de la madera como materia prima, ya que la existencia de árboles de grandes dimensiones ha menguado significativamente en los últimos años.

En países industrializados de Europa y América la nueva generación de árboles pequeños requerirá de mayores avances tecnológicos para conseguir productos con mas valor que el actual. Tenemos el caso de Canadá donde la tecnología de laminados de chapa ha sido desarrollada por FORINTEK (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo de Productos de Maderas de Canadá) presentando grandes logros con ese objetivo. Estos nuevos productos mejoran, en muchos casos, el comportamiento estructural y la apariencia de la madera aserrada (AITIM 162, 1993).

La madera laminada es un tipo de madera reconstruida y se refiere al material encolado de pequeñas piezas de madera colocadas derechas o de forma curvilíneas, dispuestas con el grano de todas laminaciones esencialmente paralelo a la longitud del elemento laminado (Freas & Selbo 1954). Esta madera reconstituida no tiene límites de escuadría ni el largo y funciona como una sola unidad estructural (Tamm, 1988).

La construcción laminada o de fibra paralela, para distinguirla del contrachapado o de cualquier otro tipo de construcción cruzada, 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 ó láminas es aproximadamente paralela. El tamaño, la forma, el número y el espesor de las láminas pueden variar ampliamente. De igual forma el encolado por los extremos permite obtener material de cualquier longitud que se desee, y el encolado por los bordes permite obtener material de cualquier ancho. Por otra parte con chapas de inferior calidad se pueden producir elementos laminados cuyas propiedades de resistencia serán

mucho más uniformes que en la madera estructural sólida y de mejor comportamiento especialmente en flexión y tensión en la dirección de las fibras, lo cual se logra por la dispersión de los defectos que reducen la resistencia (Chugg, 1964; Rivera, 1988).

Actualmente en Canadá se encuentra en el mercado muchos productos derivados de la madera dentro de los cuales los tableros, los productos de chapas de madera y los elementos laminados con fines estructurales tienen gran futuro, ya sea como elemento simple de viga, columna o como cerchas prefabricadas con elementos de madera laminada encoladas unidos con conectores metálicos. Estas cerchas en dimensiones de 45 pies fueron ensayadas por Forintek, resistiendo 1,5 veces la carga de cálculo (Contreras y Owen de C., 1999).

La construcción de elementos laminados tipo Parallam PSL fue iniciativa de la Trus Joist MacMillan, empresa canadiense que forma la sociedad de productos industriales de la madera más grande del mundo. Se inicia el proceso en 1960 como un esfuerzo de consolidar el avance en la industria de la construcción con madera. Se diseñan productos tales como, viguetas laminadas en forma de I, T, y J que constituyen los forjados silenciosos (Plancher Silencieux), las vigas de madera microlaminada L.V.L. (Laminated Veneer Lumber o Microlam), el PSL (Parallel Strand Lumber o Parallam) y P.S.L. 300. Garantizado en Canadá productos de alta calidad y con poca variación en sus propiedades, valores excelentes de resistencia y con disponibilidad a largo plazo porque tienen la materia prima garantizada (AITIM 162, 1993).

El Parallam es un elemento formado por tiras de madera de 2 a 4 mm de espesor y hasta 2,5 m de longitud, obtenidas del desarrollo de árboles de pequeño diámetro. Estas tiras orientadas en la dirección longitudinal, se encolan y se prensan con la aplicación de calor. El PSL - Parallam apenas presenta cambios dimensionales, mermas, alabeos o curvaturas. Es un producto muy adecuado para ser utilizado como vigas y columnas, en viviendas unifamiliares, multifamiliares y locales comerciales en los que se requiere de vigas de grandes luces y elementos estructurales de dimensiones intermedias.

Una de las principales ventajas de este producto es que a pesar de estar elaborado con materia prima procedente de árboles de segunda generación, alcanza niveles de resistencia mecánica superiores a la de gran número de especies de árboles de primera generación. Sumándose a esto posee cualidades estéticas adecuadas cuando se requiere de una buena apariencia. Puede

mecanizarce, teñirse y recibir cualquier tipo de acabado utilizando las mismas técnicas que se emplean para la madera aserrada. Al igual que la madera maciza de grandes escuadrias, la madera laminada P.S.L. es resistente al fuego, respecto a otros materiales como el acero, debido a su baja conductividad térmica, su velocidad de carbonización le permite mantener un elevado porcentaje de su sección original. Tampoco presenta problemas relativos a su protección (AITIM 162, 1993).

Todos estos avances tecnológicos permiten realizar planteamientos de este tipo adaptándolos a las especies madereras del país, en especial el pino caribe (sin dejar de lado el gran potencial de madera de los bosques naturales del estado Bolívar), ya que en Canadá y los Estados Unidos estos elementos han tenido muy buenos resultados con las coníferas (Pinos del Sur, Spruce, Fir, etc).

Finalmente, para poder desarrollar una propuesta que involucre la producción industrial de elementos estructurales de madera laminada, es de suma importancia tomar en cuenta algunos criterios técnicos básicos para poder alcanzar productos de alta calidad determinados fundamentalmente por su proceso de fabricación.

Estos principios técnicos son señalados de forma resumida por Freas y Selbo (1954), Chugg (1964), Rivera (1994), principios que aún se mantienen vigentes, más cuando la industria de madera laminada de los países europeos como Alemania, Inglaterra, España y Suiza, están haciendo uso ampliado de las formas de fabricación tradicionales de la madera laminada, en razón de los cambios producidos por el avance en las investigaciones de los adhesivos como el isocianato MDI, que están desplazando el uso de las resinas fenólicas, La definición resumida del estado de la técnica para madera laminada se presenta en los factores más importantes como la materia prima; selección del adhesivo; el ensamblaje de los elementos laminados; los equipos y espacios físico para la fabricación de elementos laminados; evaluación del producto; y por último, el diseño del elemento laminado:

1. La materia prima:

Realizar una adecuada selección de especies y calidades de madera, contenido de humedad, secado y preparación de la superficie a ser encolada, considerando el uso final del producto laminado, resistencia y durabilidad de la especie, defectos que puedan dañar la unión o interferir en la forma deseada del elemento laminado y apariencia de la pieza acabada. En el caso de chapas de madera,

éstas son encoladas poco tiempo después de salir de la secadora (máximo al día siguiente) para garantizar su contenido de humedad adecuado para la cola y el proceso de encolado, que generalmente debe ser 5% o menos tanto para el encolado a temperatura ambiente como para el prensado en caliente.

La preparación de la superficie de la tabla, chapa o chapilla debe hacerse, preferiblemente, inmediatamente antes del encolado, para garantizar que esté limpia, lisa y de espesor uniforme.

En el caso del Parallam (PSL), las exigencias de preparación de la superficie son menores, lo importante es su contenido de humedad. El proceso de producción industrial es continuo por lo que el tiempo transcurrido entre las etapas de corte, secado y encolado de las tiras de chapas es mínimo.

2 · Selección del adhesivo para el elemento laminado:

La selección del adhesivo esta de acuerdo al uso final del elemento laminado, ya sea para su uso exterior en condiciones severas, o para interior en condiciones de baja humedad (Menor al 16% CH).

En un principio se utilizaron colas de caseína las cuales fraguan por una reacción química y pérdida de humedad hacia la madera o hacia el aire. La velocidad del fraguado es afectada por la temperatura del ambiente, el contenido de humedad y la temperatura de la madera al momento de su aplicación. Su uso es para ambientes internos secos y calientes (resisten ambientes de 70 °C por periodos prolongados).

Las colas urea - formaldehído pueden ser formuladas para prensado en caliente (116 °C - 127 °C) o para fraguado a temperatura ambiente (21 °C). Requieren de su catalizador. Son resinas sintéticas que fraguan por reacción química. Son compatibles con cargas, harina de trigo o de centeno, para aumentar su velocidad y reducir el costo, limitando su uso para ambientes de exposición suave. También se pueden mezclar con rellenos (polvo de cáscara de nuez) para mejorar las propiedades de trabajo cuando se encolan juntas de borde, armado, Las resinas ureicas deben aplicarse a maderas que tengan un contenido de humedad menor al 6%. Se recomiendan para uso interior donde se presentan altas temperaturas con o sin humedad relativa alta. Son de menor resistencia que la fenol y resorcinol - melamina al transcurrir el tiempo. Sin embargo son muy

resistentes y suficientemente durables para elementos no estructurales en interiores donde la temperatura y humedad son cómodas para el hombre.

Las resinas fenólicas se forman por una reacción de condensación del formaldehído con el fenol. Existen cuatro tipos:

1. Colas de fenol - formaldehído de fraguado en caliente (de 130 °C a 155 °C) las cuales poseen excelentes características de durabilidad, lo que impulsó el uso de contrachapado estructural y otras aplicaciones de uso exterior, uso marino, etc.
2. Colas de fenol - formaldehído de fraguado a temperaturas intermedias (100 °C o menos), algunas son formuladas para el encolado de contrachapado a temperaturas tan bajas como 27 °C. Utilizan un catalizador ácido, por lo que son menos durables que las resorcinol para usos severos prolongados y exposición a altas temperaturas.
3. Colas de resorcinol - formaldehído que fraguan a 21°C o más. Son ideales para el ensamblado de grandes piezas de madera que requieren de tiempo considerable para armarlas y someterlas a presión. Son de alta durabilidad, no son afectadas por los tratamientos preservativos comúnmente usados. Por lo tanto se pueden tratar grandes elementos de cualquier forma antes de encolar las piezas y ensamblarlas.
4. Colas de Melamina - Formaldehído. Fragua a temperaturas de 116 °C a 127 °C se usa para prensado en caliente. Son adecuadas para servicio interior normalmente seco. En laminado estructural se usa con urea formaldehído en proporción de 60: 40 Melamina: Urea.

En la fabricación de los elementos Parallam elaborados por Owen de C. y Contreras (1997); Contreras y Owen de C. (1997), se encolaron las tiras de madera juvenil de pino caribe y caña brava con la resina fenol - formaldehído fabricada por la empresa RESIMON, ya que este elemento laminado tiene su uso definido como elemento estructural, lo cual requería de un adhesivo con adecuadas condiciones de resistencia y durabilidad en ambientes internos y externos con moderada humedad relativa. Además esta resina soporta cambios drásticos de temperatura sin afectar la línea de cola. Siendo apta para resistir las condiciones ambientales del país. Los mismos autores están evaluando el empleo de isocianatos MDI, con los mismos materiales lignocelulosicos y el bambú.

3. El ensamblaje de los elementos laminados:

Es de suma importancia la planificación de la posición de las láminas para cada operación de encolado así como la posición de las juntas (de borde o de extremo) ya que influirán sobre resistencia del elemento laminado. Para el ensamblaje de elementos rectos se recomienda utilizar todas las láminas de la misma especie de madera, tomar en cuenta el grano de la madera. El espesor de las láminas pueden llegar a 2 o 3 pulgadas, si están adecuadamente secas. Se puede fabricar un elemento con láminas de diferentes especies, para aprovechar al máximo la madera.

El ensamblaje de los elementos laminados se realiza en unas formaletas que permiten la colocación de las piezas encoladas para posteriormente llevarlas a la forma deseada en el producto final y mantenerlas en esa posición bajo presión hasta que la cola seque y cure. La formaleta consiste en una base plana y un tope que aplica presión, sobre el tope y bajo la base se colocan tableros de soporte para ayudar a distribuir la presión.

También se utilizan formaletas ajustables, con mordazas de tracción para halar el ensamblaje hasta la forma final sujetándolo a los brazos de la formaleta mientras se aplica la presión de encolado, este sistema sirve para elementos curvos.

En este estudio los laminados tipo Parallam tienen características especiales en cuanto al espesor de las tiras que va de 2 a 4 mm y ubicación de las mismas en el sentido longitudinal en el encofrado, ajustándose con pernos para formar el elemento.

4. Los equipos y espacios físico para la fabricación de elementos laminados:

Deben ser acordes con el tipo de laminados que se desea. En general se requiere de una cortadora, sierra, rebanadora o trancha (si es a partir de chapas), secadora, encoladora, prensa, medidores de presión, humedad, etc. El espacio de la planta estará definido por el tamaño del elemento que se va a fabricar, la procedencia de la madera seca y la producción esperada.

5. Evaluación del producto:

Considerando la madera utilizada y calidad de la junta encolada. La evaluación de los elementos debe realizarse por:

1. Inspección visual del producto acabado, inspeccionar defectos de la superficie, espaciamiento apropiado de las juntas, juntas de cola abiertas a lo largo del elemento.
2. Control adecuado de todo el proceso de laminación. Para la aplicación de técnicas apropiadas de fabricación.
3. Inspección normalizada de materiales y procesos.
4. La calidad de cola se verifica con las especificaciones del fabricante. La clase de madera se puede verificar después del acabado final justo antes del encolado. La calidad de la cola está en relación estrecha con la calidad de la técnica de encolado que se utiliza.
5. Pruebas de juntas encoladas mediante ensayos de resistencia y calidad de la línea de cola, preparando probetas para ensayos de cizallamiento y delaminación.
6. Las probetas o muestras pueden ser de dos tipos: a. -Extraídas del elemento al fabricarse un poco más largo y ancho de su dimensión final. b. -Elaborar vigas cortas de muestra, en idénticas condiciones a la que se fabrica.
7. Evaluación de las líneas de cola según la Norma ASTM D - 905 - 89 (Barrios et al, 1999).

6 - El diseño del elemento laminado:

El diseño del elemento laminado va en función de los siguientes criterios técnicos:

1. Las cargas a las cuales estará sometido de acuerdo a su uso (son determinadas por los códigos y ordenanzas de construcción).
2. Las tensiones de trabajo permisibles. Son determinadas según estipulaciones en la obra. Las cargas permisibles y las tensiones de las sujeciones serán igual que para la madera sólida.

La fabricación de elementos laminados requiere de conocimientos básicos sobre la materia prima. Los adhesivos aptos para garantizar su formación y las técnicas que permitan el éxito en su elaboración. También es necesario conocer las necesidades actuales tanto del consumidor como del constructor y ofrecer especificaciones técnicas sobre su uso. De manera que, al poseer elementos estructurales de madera con dimensiones y resistencia conocidas, se puede conquistar el lugar que dicho material tenía en el campo de la construcción.

En muchos países del mundo la madera laminada se está convirtiendo en una alternativa tecnológica para diversidad de edificaciones; tal es el caso de

Colombia donde se construyen desde elementos laminados para viviendas que no requieren de grandes luces hasta los de algunas edificaciones públicas de gran envergadura.

De igual forma, en Chile se fabrican con pino insigne estructuras de madera laminada para cubrir grandes espacios como galpones, supermercados, escuelas, iglesias, puentes, recintos deportivos etc., y en la actualidad cuenta con investigaciones realizadas por el Instituto Forestal en donde se realizó una clasificación estructural del pino radiata destinado a madera laminada y se propuso un método de cálculo (diseño estructural) de acuerdo a las resistencias reales obtenidas de vigas confeccionadas con la madera que cumpla con dicha clasificación (INFOR, 1987).

En Europa, países como noruega han desarrollado productos laminados que abarcan una diversidad de usos, con los que arquitectos e ingenieros pueden contar para realizar edificaciones con elementos estructurales atrevidos y de alto valor decorativo, que confieren en especial carácter moderno y confortable a los edificios en que se utilizan. En el mercado existe una oferta de 26 secciones estándar con cuatro calidades de acabado superficial, todos fabricados con colas resistentes al agua y madera de abeto o pino (AITIM 166, 1993).

Así mismo, en América del Norte, tanto Estados Unidos como Canadá tienen especial interés por los productos elaborados de madera, ya que más del 40 % de la construcción de edificaciones se hacen con este material y sus derivados. Se han desarrollado investigaciones para ofrecer alternativas de elementos estructurales, ya sea de piezas laminadas como el Press - lam, los LVL y PSL o piezas de mezcla de tableros contrachapados con laminados microlam como las vigas I, T, J, que se emplean para cubiertas vigas y cerchas de hasta 24 m de longitud. Todas estas piezas, de bajo peso específico y alta resistencia, se realizan con el fin de aprovechar al máximo la materia prima, tanto desechos de plantaciones como árboles de pequeños diámetros, ya que el pensamiento ecológico mundial está a favor de la conservación de los bosques y sus ecosistemas (AITIM 162, 1993; Forest Products Laboratory, 1977).

Para concluir, se espera que con las fortalezas discutidas en el presente trabajo, nuestro país no se puede quedar al margen de estos avances tecnológicos y pensamientos ecológicos. La investigación en materia de madera laminada se hace inminente y de interés para el desarrollo de la industria forestal, la industria de la construcción y del mueble.

Además existe la demanda de productos que permiten fomentar la inversión de capitales nacionales y extranjeros, en pro de disminuir el costo de la construcción, generar cambios en los paradigmas del diseño de la arquitectura e ingeniería venezolana, ya sea para edificaciones públicas y privadas, pero especialmente en el norte de la responsabilidad social que tienen todos los profesionales en generar verdaderos aportes en poder proporcionar viviendas confortables y accesibles a las clases mas necesitadas y clase media, y de esta forma contribuir en forma definitiva a encontrar las perspectivas reales en la solución del déficit habitacional que afecta actualmente al país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AITIM 162. 1993. CANADA Edición especial. Enero - Febrero. Madrid, España.
2. ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico - mecánicas de la madera. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
3. BARRIOS E., ENCINAS O., CONTRERAS W., Y RIVERA A. 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. Rev. Forest. Venez. 44(1) 2000: 17 - 26.
4. BONDUQUI, Y. 1988. La Industria mecánica de la Madera: Diagnóstico y Perspectivas. Rev. For. Vziana. 32: 73 - 92. Mérida Venezuela.
5. CASTIGLIONI, J. 1957. El diseño de las Maderas. Rev. de Inv. For. Tomo 1 (3). Buenos Aires. Argentina.
6. CENTENO, J. 1978. Viviendas Modulares de Interés Social Prefabricadas en Madera. IFLA. Mérida Venezuela.
7. CHUGG, W. 1964. GLULAM. Londres. Inglaterra.
8. CONTRERAS W., y OWEN DE C. M., 1997. Elaboración de un elemento estructural laminado, tipo Parallam, con tiras de caña brava *Gynerium sagittatum* y adhesivo fenol - formaldehído. Rev. Forest. Venez. 41(1)1997: 29 - 36.
9. CORREO DEL CARONI. 1999. Presidente Chávez en Guayana. Lunín Villa Gill. 6 Nov. Cuerpo de Información. Ciudad Guayana, Venezuela.
10. CVG- PROFORCA. 1990. Estudio de Mercado Forestal. Capitulo VI.B. Ciudad Guayana. Edo Bolívar. Venezuela.
11. CVG - PRFORCA. 1993. Informe Departamento de Construcciones Civiles. Chaguaramas. Edo. Monagas. Venezuela.
12. CVG - PROFORCA. 1994. La Sabana que se hizo Bosque. Uverito. Edo. Monagas. Venezuela.
13. EKOPRACTICA, C.A. 1988. Estudio del Mercado de Madera Aserrada que será producida en el Aserradero de Uverito, propiedad de la C.V.G. Caracas. Venezuela.
14. FREAS & SELVO. 1954. Fabrication and Desing of Glued Laminated Wood Structural Members. Forest Products Laboratory. Madison. Wisconsin. E.E.U.U.
15. HOME BUILDING COST GUIDE.2000.Home Planners, LLC. Unites States.
16. JUNAC. 1984. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Lima. Perú.

17. NAVARRETE, R. 1988. Anotaciones sobre el uso de la madera en la Construcción. Congreso: Aplicaciones Estructurales de la Madera. Bogotá. Colombia.
18. NININ, L. 1992. Aspectos de Industrialización Forestal en Venezuela. Uverito. Edo. Monagas. Venezuela.
19. ----- 1994. La Nobleza del Pino Caribe, avance para CVG - PROFORCA. Uverito. Edo Monagas. Venezuela.
20. OWEN DE C. M., y CONTRERAS W. 1997. . Elaboración de un elemento estructural laminado, tipo Parallam, con tiras de pino caribe *Var. Hondurensis* y adhesivo fenol - formaldehído. Rev. Forest. Venez. 41(2)1997: 129 - 136.
21. INFOR. 1987. Clasificación estructural del pino radiata destinado a madera laminada. Corporación de Fomento de la Producción - CORFO. Santiago de Chile, Chile.
22. POSANI, J. 1989. Arquitectura de Villanueva. Cuadernos de Lagoven. Caracas Venezuela.
23. RIPOLL, U. 1988. Armaduras Ligeras Prefabricadas. Congreso: Aplicaciones Estructurales de la Madera. Bogotá. Colombia.
24. -----1988. Experiencia en el uso de la Madera Estructural. Congreso: Aplicaciones Estructurales de la madera. Bogotá. Colombia.
25. RIVERA, A. 1988. Corte y secado de Chapas. Facultad de Ciencias Forestales. U.L.A. Mérida. Venezuela.
26. TAMM, G. 1988. Uniones (Finger Joint) y vigas Laminadas. Ponencia dictada en el Congreso: Aplicaciones Estructurales de la Madera. Bogotá Colombia.

1810101