

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA Y DE PRODUCTOS DERIVADOS DE MADERA

106

dibujo en negro . fig.2



RECUEMENTE SE UTILIZA la madera y/o sus productos derivados en la construcción en funciones estructurales, tanto en edificios comerciales como en viviendas unifamiliares. Con su utilización se consigue una gran economía y a la vez se cumplen todos los requisitos de seguridad relativos a la construcción.

Estos elementos estructurales, utilizados solos o combinados con otros recubrimientos de madera o de productos derivados de la madera, cumplen las normas y los códigos de construcción relativas a su durabilidad, resistencia al fuego y el resto de las características exigidas en la edificación.

Aunque la madera aserrada continúa siendo la principal materia prima utilizada en la construcción en madera, actualmente se encuentran disponibles en el mercado otros muchos productos derivados de la madera. Estos nuevos productos mejoran, en muchos casos, el comportamiento estructural y la apariencia de la madera aserrada.

En este artículo se describen las características,

Ilustraciones de
Trus Joist
MacMillan.
BLP Parallam.

Aunque la madera aserrada continúa siendo la principal materia prima utilizada en la construcción en madera, actualmente se encuentran disponibles en el mercado otros muchos productos derivados de la madera. Estos nuevos productos mejoran, en muchos casos, el comportamiento estructural y la apariencia de la madera aserrada.

los procesos productivos, las dimensiones comerciales, los controles de calidad y las aplicaciones de los siguientes productos o elementos estructurales :

- madera aserrada
- tableros estructurales
- madera laminada encolada
- cerchas de madera
- PSL, tiras de madera laminadas y encoladas
- LVL, chapas de madera laminadas y encoladas
- vigas prefabricadas de madera

La elección del material o del elemento dependerá de muchos factores como son el precio, su disponibilidad y su capacidad resistente.

1. MADERA ASERRADA

La madera aserrada es una pieza de madera maciza obtenida por el aserrado o por el corte con cuchillas de una troza de madera en rollo siguiendo la dirección longitudinal de la misma, aunque posteriormente puede sufrir otras transformaciones.

En Norteamérica este término hace referencia principalmente a la madera de coníferas. Cuando tiene dimensiones pequeñas se denomina "dimension

lumber" y cuando tiene grandes dimensiones "timber". La clasificación por dimensiones de la madera aserrada en Canadá es la siguiente :

boards: cuando no es ninguna de las otras dos, y se utiliza principalmente para recubrimientos.

dimension lumber: grueso entre 38 y 89 mm

timber: la dimensión más pequeña es igual o superior a 140 mm

La madera aserrada en Canadá se elabora de acuerdo con la "National Lumber Grades Authority Standard Grading Rules for Canadian Lumber". En esta norma se especifican :

1.2. EL ACABADO SUPERFICIAL

Se definen tres niveles de acabado superficial :

- **madera basta** (Rough Lumber) : madera que ha sido aserrada, canteada y retestada. Se caracteriza porque se suelen ver las marcas de las sierras.

- **madera cepillada** (Surfaced Lumber) : madera que ha sido cepillada por una cara (S1S), por dos caras (S2S) o por las cuatro caras (S4S), o por las

En combinación con recubrimientos, revestimientos o entarimados se utilizan principalmente como forjados o entramados (framing), formando techos, suelos, tabiques divisorios, diafragamas y muros de carga.

1.1. LAS ESPECIES UTILIZADAS

Especies comerciales de madera aserrada de coníferas en Canadá

COMBINACIÓN DE ESPECIES	ABREVIATURA	ESPECIES	CARACTERÍSTICAS
Douglas Fir-Larch	DF-f ó D.Fir-L	Douglas Fir Western Larch	*Gran dureza *resistencia a la pudrición
HEM-FIR	H-F	Pacific coast Hemlock	*se trabaja fácilmente
	Hem-Fir	Amabilis Fir	*toma bien la pintura *no presenta problemas al clavado ni al encolado
Spruce-Pine-Fir	S-P-F	Spruce (todas las especies a excepción del coast sitka spruce)	*Se trabaja fácilmente *toma bien la pintura *no presenta problemas al clavado.
		Jack pine Lodgepole pine Balsam fir Apine fir	
Especies del Norte	Nor o Nort	Western red cedar	*excepcionalmente resistente a la pudrición *resistencias mecánicas moderadas. *muy buena apariencia *se trabaja fácilmente *no presenta problemas de acabado. *apenas presenta mermas
		Red pine	*se trabaja fácilmente
		Ponderosa pine	*no presenta problemas de acabado, ni de clavado, *ni de atornillado. *apenas se producen fendas cuando se seca al aire
		Western White pine	*el más blando de los pinos
		Eastern White pine	*se trabaja fácilmente *no presenta problemas de acabado, ni de clavado. *no tiene tendencia a rajarse. *apenas presenta mermas *no presenta problemas al tintado, pintado o barnizado.
		Trembling aspen	*se trabaja con facilidad
		Largetooth aspen	*no presenta problema de acabado, ni de clavado.
		Balsam poplar	

caras y los cantos.

- **madera mecanizada** (Worked Lumber) : madera cepillada a la que se le ha dado una forma determinada mediante una fresadora, moldurera,...etc.

1.3. APLICACIONES Y CLASIFICACIÓN

Las dos clases de madera aserrada que se utilizan como elementos de carga o soportantes son : dimensión lumber y timber. También existen las que los canadienses llaman "especialidades".

1.3.1. DIMENSION LUMBER

En combinación con recubrimientos, revestimientos o entarimados se utilizan principalmente como forjados o entramados (framing), formando techos, suelos, tabiques divisorios, diafragmas y muros de carga.

También se pueden utilizar individualmente como material de forjados o se puede utilizar para elaborar otros productos estructurales de madera como son las cerchas o las viguetas prefabricadas. La clase especial " lamstock " se utiliza exclusivamente para la fabricación de madera laminada encolada.

Dentro de esta clase existen las categorías :

- structural light framing
- structural joist and planks
- light framing
- studs

Cada pieza se inspecciona, se determina su categoría y se le pone el sello correspondiente. En el sello se indica : la categoría, el aserradero, el contenido de humedad, la especie o el grupo de especie a que pertenece y el nombre del organismo certificador. Las piezas de madera se pueden marcar individualmente o por lotes.

Tradicionalmente la madera aserrada se clasifica visualmente según los defectos que contiene. Actualmente se está introduciendo la clasificación mecánica.

El contenido de humedad de la madera se marca S - Grn, cuando es superior al 19 %, y S- Dry cuando es igual o inferior al 19 %. La madera S- Dry requiere unas condiciones de almacenaje y de embalado especiales.

Sus dimensiones comerciales están tabuladas según su acabado superficial y su contenido de humedad.

Durante muchos años se han utilizado como valores de cálculo los obtenidos en los ensayos de probetas libres de defectos. Aunque esta aproxima-

ción ha funcionado bien en el pasado, existe la duda de que estos valores no se corresponden exactamente con los que tienen los elementos de mayores dimensiones en servicio.

A partir de 1.970 se ha empezado a recopilar datos correspondientes a elementos de madera de dimensiones reales. Desde 1.980 los Estados Unidos y Canadá están trabajando conjuntamente en ensayos sobre este tipo de piezas. Los datos obtenidos en este programa ya se están utilizando para actualizar los valores de cálculo. Por el momento se dispone de pocos datos de madera con dimensiones reales, por lo que todavía se siguen utilizando los valores de cálculo de las probetas libres de defectos.

1.3.2. TIMBER

Dentro de esta clase existen las categorías :

- Beams and Stringers = Vigas y Carreras, que corresponden a elementos sometidos a flexión.

- Post and Timbers = Pilares y Madera maciza, que corresponden a elementos utilizados como pilares.

Para ambas categorías se han establecido tres clases resistentes:

Cada pieza se inspecciona, se determina su categoría y se le pone el sello correspondiente. En el sello se indica : la categoría, el aserradero, el contenido de humedad, la especie o el grupo de especie a que pertenece y el nombre del organismo certificador.

- Select Structural
- No.1
- No.2

y dos clases no resistentes :

- Standard
- Utility

Para aplicaciones estructurales se suelen utilizar las clases No.1 y la No.2. La clase Select Structural se suele utilizar cuando se requiere conjuntamente una buena apariencia y una elevada resistencia.

Este tipo de madera generalmente no lleva ninguna marca ya que normalmente su superficie está sin cepillar y van a estar vistas. Si se corta ha de volver a clasificarse, ya que la importancia del tamaño de los nudos varía según la longitud de la pieza.

Las dimensiones comerciales más usuales, varían de 140x140 mm a 292x495 mm para la sección transversal y de 5 a 9 metros para la longitud.

Debido a sus grandes escuadrías el contenido de humedad suele ser superior al 19 %. Al utilizar este tipo de maderas ha de tenerse en cuenta las variaciones dimensionales que se pueden producir. Es normal que aparezcan pequeñas fendas en su superficie mientras están en servicio que ya se han tenido en cuenta en la asignación de sus valores resistentes. Las fendas que se pueden producir en las columnas no tienen estructuralmente importancia a no ser que la fenda divida la pieza en dos.

1.3.3. ESPECIALIDADES

a.- MSR lumber (Machine Stress-Rated Lumber)

Es la madera que ha sido clasificada o evaluada mecánicamente, de acuerdo con la National Lumber Grades Authority (NLGA) Special Product Standard 2 (SPS - 2).

A diferencia de la madera aserrada clasificada visualmente en las que las propiedades resistentes se determinan según la apariencia, en la MSR lumber las propiedades resistentes se determinan midiendo la resistencia a flexión después de aplicar una carga a cada una de las piezas. A la MSR lumber se le asignan resistencia de cálculo mayores que a la madera aserrada clasificada visualmente.

En el sello correspondiente se indica la resistencia a flexión " f " y el módulo de elasticidad " E ".

La velocidad de las máquinas utilizadas para la clasificación mecánica es de 365 metros por minuto, que incluye el marcado de la pieza.

También se comprueba visualmente por si existieran defectos naturales que pudieran afectar la apariencia de la pieza.

Se utilizan principalmente para la fabricación de cerchas.

b.- Madera aserrada empalmada por unión dentada

Son piezas de madera aserrada que se han empalmado mediante unión dentada de acuerdo con la National Lumber Grades Authority (NLGA) Special Product Standard 1 (SPS - 1) o la Special Product Standard 3 (SPS - 3). Se consiguen longitudes de hasta 12 metros y se utilizan principalmente para la fabricación de vigetas (joist) y de pares de cerchas (rafters).

La unión dentada permite eliminar los defectos que reducen las propiedades resistentes. La resistencia de la unión se evalúa comprobando la cantidad de madera que queda en la unión después de la rotura de la misma. El valor de los parámetros del ensayo de rotura depende de los valores de cálculo asignados a cada clase.

Sóloamente se pueden utilizar especies que pertenezcan a un mismo grupo " species combination " y se ha de realizar un estricto control sobre la máquina de empalmar y la calidad, mezcla y fraguado del adhesivo empleado.

2. TABLEROS ESTRUCTURALES - TABLEROS DE VIRUTAS OSB Y WAFERBOARD

Los tableros estructurales incluyen a los tableros contrachapados y a los tableros de virutas. Nos centraremos exclusivamente en los tableros de virutas, ya que los tableros contrachapados estructurales se diferencian de los tableros contrachapados normales, principalmente, en las especies utilizadas y en la clasificación de las chapas.

El tablero de virutas es el formado por virutas de madera aglomeradas entre sí mediante un adhesivo y presión, a la temperatura adecuada.

En el OSB (Oriented Strand Board) las virutas de las caras están orientadas en un 70% siguiendo sucesivamente la dirección longitudinal y transversalmente del tablero, por lo que las propiedades del tablero se incrementan en esa dirección y disminuyen en la dirección perpendicular.

En el Waferboard las virutas no tienen ninguna orientación predeterminada, por lo que la resistencia a flexión es más o menos la misma en todo el tablero.

Las virutas utilizadas en el OSB tienen una longitud aproximada de 80 mm y un grueso inferior a 1 mm. En el Waferboard tienen una longitud de 30 mm y un grueso de 1 mm. En su fabricación se suelen emplear especies de crecimiento rápido y de menor valor, con lo que se consigue un mejor aprovechamiento de los recursos forestales. En Canadá se utiliza el chopo (aspen o poplar) y en Estados Unidos además se utiliza el southern yellow pine.

Estos tableros deben cumplir los requisitos de la norma canadiense CAN3-0437-0-M85 " Waferboard and Strandboard ".

1. MARCAS DE CALIDAD Y CÓDIGOS

Todos los tableros de virutas fabricados en Canadá deben estar certificados por un organismo independiente y deben llevar el anagrama o sello de este organismo y los códigos correspondientes.

Todos los tableros de virutas fabricados en Canadá deben estar certificados por un organismo independiente y deben llevar el anagrama o sello de este organismo y los códigos correspondientes.

Dependiendo del uso final del tablero éstos pueden llevar los siguientes códigos :

- relativos a su uso : 1F, 2F, 1R, 2R y W
- relativos a la luz entre apoyos : 16, 20, 24, 32, 40, 48.

en donde F significa suelos = floor, R techos o cubiertas = roof y W paredes o recubrimientos = wall, sheating. El número 1 indica que el tablero puede utilizarse sólo y el número 2 que debe utilizarse con otros elementos estructurales adicionales. Los números de dos dígitos 16,....,48 indican la luz entre apoyos expresada en pulgadas.

Por ejemplo los códigos 1R24/2F16/W24 significan :

- 1R24 que el tablero puede utilizarse sin piezas intermedias en una cubierta con cerchas separadas entre ejes a 24"= 600 mm, estando el centro del tablero apoyado sobre dicha cercha.
- 2F16 que el tablero puede utilizarse en suelos con viguetas separadas entre ejes 16"= 400 mm
- W24 que el tablero puede utilizarse en muros entramados (los montantes) separados entre ejes 24" = 600 mm.

2. FABRICACIÓN

El proceso productivo es muy parecido al de los tableros de partículas. Esquemáticamente la secuencia de operaciones es la siguiente :

- las trozas provenientes del patio de apilado se introducen en pilas de agua caliente, para facilitar el descortezado y la obtención de las virutas.
 - descortezado
 - viruteado
- tamizado y separación de las virutas según tamaños
 - secado de las virutas a un contenido de humedad del 7%
 - encolado de las virutas. Normalmente se utilizan adhesivos de fenol - formaldehído.
 - formación de la manta, teniendo en cuenta si las virutas están o no orientadas.
 - prensado
 - acabado

3. MADERA LAMINADA ENCOLADA

Este producto ya se conoce y se utiliza en España y en Europa desde hace bastantes años, por lo que no se explica con más detalle. Además, la normativa europea sobre este producto está a punto de editar-

se.

4. CERCHAS DE MADERA

Las cerchas ligeras de madera suponen una aplicación directa a la industrialización partiendo de la madera aserrada y clasificada. La mayoría de las cubiertas de las viviendas prefabricadas se construyen con este sistema. En Norteamérica existe gran cantidad de fabricantes de este producto que venden a otros fabricantes o constructores de viviendas.

4.1 CERCHAS LIGERAS DE MADERA.

Se fabrican a partir de la madera aserrada "dimensión lumber" de las clases Select structural, No 1 y No 2; de diferentes dimensiones, siendo la dimensión mínima de 38 x 89 mm. Las piezas se unen utilizando conectores en forma de placas que transmiten los esfuerzos de tracción y los esfuerzos cortantes. El cálculo se suele realizar por el propio fabricante.

Se utilizan principalmente en la construcción de viviendas y centros comerciales, tanto para suelos como para cubiertas. La luz de las cerchas suele ser inferior a los 20 m aunque se pueden conseguir luces mayores.

Las luces que se pueden conseguir con las cerchas permiten reducir el número de apoyos intermedios si se las compara con las viguetas de madera aserrada "dimension lumber", vigas de madera aserrada "timber" o con las viguetas prefabricadas.

No presentan mayores problemas para la instalación del material eléctrico de fontanería y de aire acondicionado. Todas estas instalaciones deberían especificarse para el correcto cálculo de las cerchas.

Normalmente los fabricantes publican información general sobre la luz, pendiente y condiciones de carga de las cerchas. Debido a la gran variedad de requisitos de cada proyecto esta información debe

Ensamblaje de dos medias cerchas.

La unión por fingerjoint permite eliminar los defectos que reducen las propiedades resistentes. La resistencia de la unión se evalúa comprobando la cantidad de madera que queda en la unión después de la rotura de la misma.

considerarse exclusivamente como una referencia. Las cargas específicas y cualquier otro requisito estructural deben definirse claramente en el cálculo de la cercha. El fabricante debería incorporar estas especificaciones conjuntamente con los detalles constructivos.

4.2. CERCHAS DE MADERA EN GRAN ESCUADRÍA.

Se fabrican principalmente a partir de madera aserrada "timber" madera laminada encolada o PSL. Las conexiones entre los diferentes elementos se realizan fundamentalmente con pasadores, pernos, conectores de anillos o herrajes especiales.

Este tipo de cercha se emplea cuando la estructura de la cubierta va a quedar vista. Las diferencias principales con respecto a las cerchas ligeras son: mayores escuadrías de las piezas, se suelen emplear cuando queda vista la madera y existe una estructura de segundo orden de correas.

Con este tipo de cerchas se pueden conseguir grandes luces ya que el canto de los distintos elementos de la cercha se puede acomodar a las necesidades requeridas. Se utilizan principalmente en construcciones especiales cuando se quiere dar una gran amplitud a la cubierta. Se utilizan tanto para construcciones residenciales como comerciales. Normalmente y debido a las grandes dimensiones de sus elementos se montan "in situ".

El material utilizado deberá cumplir los requisitos de cálculo. Las especies y las clases utilizadas deben ser las adecuadas para las cargas de cálculo.

4.3. CONTROL DE CALIDAD

Los criterios para el cálculo de las cerchas ligeras en Canadá vienen especificados en el National Building Code of Canada y por la norma CSA 086 Engineering Design in Wood. Además de estos requisitos obligatorios establecidos en los códigos, muchos fabricantes pertenecen a las distintas asociaciones de fabricantes de cerchas de madera, los cuales realizan sus propias auditorías sobre el cálculo, fabricación e instalación.

5. TIRAS DE CHAPAS DE MADERA LAMINADAS Y ENCOLADAS PSL = PARALLEL STRAND LUMBER

Este producto está compuesto por tiras de chapas de madera (strand) orientadas en la dirección longitudinal, encoladas y prensadas. El PSL es un producto desarrollado por la firma canadiense Macmillan Bloedel Ltd y está patentado con el nombre comercial de "Parallam".

Es un producto que se caracteriza por tener unas elevadas resistencias mecánicas. Se suele fabricar con longitudes inferiores a 24 metros, debido principalmente a problemas de transporte. El contenido de humedad del producto final es del 11%, que corresponde aproximadamente a la humedad de equilibrio higroscópico de las condiciones ambientales en las que se va a utilizar. El PSL apenas presenta cambios dimensionales, mermas, alabeos, curvaturas o fendas.

Es un producto muy adecuado para utilizarlo como

vigas y columnas. Se suele utilizar en viviendas unifamiliares o construcciones residenciales cuando se requieren vigas de grandes luces y como elementos estructurales de dimensiones intermedias y grandes en las construcciones comerciales.

Estéticamente es un material atractivo, que es adecuado cuando se requiere una buena apariencia.

5.1. FABRICACIÓN

El proceso productivo es muy parecido al del tablero contrachapado. Esquemáticamente la secuencia de operaciones es la siguiente :

- se obtienen chapas de las trozas de madera, que posteriormente se secan.

- las chapas secas se cortan en estrechas tiras de longitudes iguales o inferiores a 2,4 m y anchos de 13 mm.

- se eliminan de las tiras los defectos naturales que reducen sus propiedades resistentes.

- se encolan las tiras con un adhesivo del tipo exterior (fenol formaldehído) y se forma una manta con las tiras orientándolas en la dirección longitudinal del elemento a fabricar.

- Mediante presión y calor (microondas) la cola fragua y se obtiene una pieza continua con una sección transversal de 280x406 mm.

- la pieza obtenida se puede cortar a las dimensiones requeridas. Asimismo se pueden obtener dimensiones mayores encolando dos piezas de PSL utilizando técnicas parecidas a las utilizadas en la fabricación de madera laminada encolada.

5.2. CONTROL DE CALIDAD

El Parallam es un producto que ha sido evaluado y aceptado por el Canadian Construction Materials Centre (CCMC) y por el Council of American Building Office (CABO).

Requiere un estricto control de los procesos productivos y de las materias primas. El aspecto más importante del control de calidad es comprobar el peso específico del producto final.

Actualmente la ASTM (American Standard Material Test) está trabajando en la elaboración de la norma sobre el PSL.

5.3. RESISTENCIA Y APARIENCIA

Las piezas de PSL muestran las líneas oscuras de cola al igual que la madera laminada encolada, pero en este producto son más numerosas y más gruesas.

El PSL puede mecanizarse, teñirse y recibir cualquier tipo de acabado utilizando las mismas técnicas que se emplean para la madera aserrada.

La apariencia del PSL le permite que pueda estar vista, y conjugar las funciones estéticas y las estructurales. En la última fase del proceso de producción se lija para conseguir una alta calidad del acabado superficial. Tampoco presenta problemas relativos a su protección.

Al igual que la madera maciza de grandes escuadrías, o que la madera laminada, es resistente al fuego debido a su baja conductividad térmica. Su baja velocidad de carbonización le permite mantener un elevado porcentaje de su sección original.

6. CHAPAS DE MADERA LAMINADA, MADERA MICROLAMINADA LAMINATED VENEER LUMBER - LVL

Es un producto que se obtiene encolando chapas de madera entre sí. Todas las chapas se encolan con la dirección de la fibra paralela. Una vez fabricada en piezas de gruesos y anchos variables puede cortarse a las medidas requeridas, especialmente para la fabricación de las viguetas prefabricadas (I-joist). El grosor de las chapas utilizadas varía de 2,5 a 4,8 mm. Las especies que se utilizan normalmente son el Douglas fir, Larch y Southern yellow pine.

La diferencia entre el LVL y el tablero contrachapado radica en que en el LVL las chapas están encoladas de tal forma que la dirección de la fibra de las chapas son paralelas entre sí y siguen la dirección longitudinal de la pieza, mientras que en el tablero contrachapado las fibras de las chapas consecutivas forman un ángulo de 90°. El tablero contrachapado presenta una resistencia relativamente buena tanto en la dirección paralela a la longitudinal como en la perpendicular. Sin embargo cuando la carga actúa sobre el plano de la viga el tablero contrachapado no tiene las mismas resistencias que el LVL, debido a que no todas las chapas tienen la dirección de la fibra paralela a la viga. Con la laminación paralela se consigue una gran uniformidad y a su vez una gran predictibilidad de sus propiedades.

Como muchos otros productos laminados (tableros contrachapados, madera laminada, PSL o los tableros de virutas OSB) presentan una gran homogeneidad y una escasa variación dimensional, ya que los defectos naturales de la madera están muy dispersos o se han eliminado.

La luces que se pueden conseguir con las cerchas permiten reducir el nº de apoyos intermedios si se las compara con las viguetas de madera aserrada “dimension lumber”, vigas de madera aserrada “timber” o con las viguetas prefabricadas.

6.1. FABRICACIÓN

Esquemáticamente la secuencia de operaciones básicas es la siguiente :

- Se eliminan de las chapas los defectos naturales como los nudos y la desviación de la fibra.
- Se secan y se clasifican las chapas de madera.
- Se encolan con adhesivos resistentes al agua y se arman.
- Mediante la aplicación de calor y presión se produce el fraguado de la cola.

Algunos de los fabricantes clasifican las chapas utilizando los ultrasonidos conjuntamente con la clasificación visual. Dependiendo del destino final del producto las chapas clasificadas por ultrasonidos se colocan en lugares predeterminados para optimizar sus propiedades resistentes. Por ejemplo si el producto final se utiliza para andamiajes las chapas de mayor clase se colocarán en las caras exteriores.

El LVL se empezó a fabricar durante la II Guerra Mundial para aplicaciones aeronáuticas. A partir de 1.970 se empezó a utilizar en la construcción, principalmente en la fabricación de viguetas prefabricadas.

Su proceso de fabricación permite fabricar elementos de grandes dimensiones a partir de árboles con diámetros relativamente pequeños. Esto implica un mayor aprovechamiento de la madera.

6.2. APLICACIONES

Se utiliza principalmente en los entramados estructurales de construcciones residenciales y comerciales. Es un producto que puede sustituir a las vigas metálicas que tienen el alma alveolada o a las vigas metálicas de poco peso.

También se puede utilizar como encofrados, vigas, cabezas de viguetas en l prefabricadas, cargaderos y soleras, protección y refuerzo en los postes de señales utilizados en las autopistas y como plataforma de la caja de los camiones de transporte.

Se puede cortar fácilmente a las dimensiones requeridas en el mismo lugar de trabajo. Los detalles relativos a su unión o conexión son muy similares a los de la madera maciza aserrada. Sin embargo los cortes especiales, embocado o taladros deberían realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

6.3. DIMENSIONES

Se comercializa en :

- longitudes iguales o inferiores a 24,4 m, siendo más comunes 14,6; 17; 18,3 y 20,1.

- gruesos que varían de 19 hasta 64 mm. En algunos casos muy puntuales se ha llegado a 89 mm. El grueso más utilizado es el de 45 mm.

Se suele fabricar en piezas con anchos de 610 ó 1.220 mm, lo que permite que el canto de la futura viga sea el que se desee.

6.4. CONTROL DE CALIDAD

Su fabricación requiere tener implantado un sistema de aseguramiento de la calidad.

Sus propiedades dependen de la calidad de las materias primas utilizadas durante su fabricación y del control de las distintas fases del proceso productivo.

El Canadian Construction Materials Centre (CCM) edita los resultados de ensayo de los LVL comercializados en Canadá. Asimismo en Estados Unidos la mayoría de los fabricantes tienen el informe de evaluación del Council of American Building Officials (CABO).

Actualmente la ASTM (American Standard Testing Material) está trabajando en la elaboración de la norma sobre LVL y el PSL.

6.5. RESISTENCIA Y APARIENCIA

Es un producto básicamente en el que su apariencia apenas tiene importancia. Una buena apariencia exterior implica un coste adicional del producto.

6.6. RESISTENCIA AL FUEGO

Al ser un producto derivado de la madera su resistencia al fuego es comparable a la de la madera maciza aserrada o a la de la madera laminada encolada. Las colas de fenol formaldehído utilizadas para

su fabricación son inertes y no contribuyen a aumentar o propagar el fuego. La unión de las chapas de madera no se ve afectada por el calor.

7. VIGUETAS PREFABRICADAS

Se fabrican encolando madera aserrada maciza o piezas de LVL (que actúan como cabezas o alas de las vigas) a tableros contrachapados o tableros de virutas del tipo OSB (que actúan como el alma de las vigas). Encolando estos materiales se consigue fabricar vigas dimensionales estables, de poco peso y con unas características resistentes conocidas.

Su resistencia uniforme a la flexión y su ligero peso la convierten en una viga adecuada para cubrir grandes luces o para la construcción de cerchas utilizadas en viviendas residenciales o centros comerciales. El ratio resistencia/peso es muy bueno, por ejemplo una viga prefabricada con un canto de 241 mm y una longitud de 8 m puede tener un peso comprendido entre 23 y 32 kilogramos. Esto significa que pueden colocarse manualmente y que proporcionan ventajas económicas y ahorros de tiempo en la puesta en obra.

Normalmente en el alma de la viga vienen pretaladrados una serie de orificios circulares, que se pueden quitar o no, para facilitar el paso de la instalación eléctrica o sanitaria. Estos orificios también facilitan la ventilación, en las cubiertas inclinadas (cathedral ceiling). Algunos fabricantes comercializan las vigas con los orificios ya taladrados.

El alma se puede taladrar fácilmente, pero deben realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante. Las cabezas de las vigas permiten instalar o colocar fácilmente los materiales utilizados como cubriciones.

Este tipo de viguetas pueden cortarse utilizando las mismas herramientas utilizadas para trabajar la madera. Sin embargo no deberían realizarse cortes o taladros en el ala de las vigas, y si se realizara algún corte deberían seguirse las indicaciones del fabricante.

Existen diferentes tipos de vigas prefabricadas dependiendo de los materiales utilizados para el ala y para el alma y las técnicas empleadas en la unión del ala con el alma.

La unión entre el ala y el alma es un punto crítico que influye en la resistencia de la vigueta y que generalmente está patentado por los fabricantes. Se suele realizar con adhesivos de exteriores, colas de fenol formaldehído.

Las uniones entre los tableros que componen el alma se suelen realizar mediante su encolado utilizando uniones a tope, biseladas o machihembradas. Cada vez se utiliza más el tablero de virutas del tipo OSB porque disminuye el número de uniones a realizar.

Este tipo de vigas se fabrican en una gran variedad de dimensiones. Normalmente en las viguetas de grandes luces se emplea la unión por empalme den-

El Parrallam es un producto que ha sido evaluado y aceptado por el Canadian Construction Materials Centre (CCMC) y por el Council of American Building Office (CABO).

tado en las cabezas y las uniones a tope, dentadas, machihembradas o biseladas en el alma. El canto de las viguetas varían entre 241 y 508 mm, aunque en casos especiales puede llegar hasta los 762 mm. El grueso del ala varía entre 45 y 89 mm y el del alma entre 9,5 y 12,7 mm. Su peso varía entre 3 y 9 kilos por metro.

Se pueden utilizar herrajes especiales, parecidos a los empleados en la madera laminada encolada, que suelen venir especificados en los catálogos de los fabricantes.

7.1. CONTROL DE CALIDAD

Su funcionamiento y comportamiento depende de la calidad de los materiales empleados y los controles del proceso de fabricación. Hay que tener en cuenta que se pueden utilizar una gran variedad de productos y de procesos productivos, por lo que es necesario que las fábricas dispongan de un sistema de aseguramiento de la calidad.

Antes de su comercialización se deben ensayar exhaustivamente para evaluar y determinar sus propiedades resistentes.

El Canadian Construction Materials Centre (CCMC) edita los resultados de ensayo de las vigas prefabricadas comercializadas en Canadá.

El International Conference of Building Officials (ICBO) ha publicado el documento "Acceptance Criteria for Prefabricated Wood I - Joist " para la evaluación de este producto.

La reciente norma Americana ASTM D 5055 " Standard Specification for Establishing and Monitoring Structural Capacities of Prefabricated Wood I - Joist " define los procedimientos operativos para establecer los valores resistentes y los requisitos de control de calidad.

7.2. INSTALACIÓN

Se pueden realizar orificios en el alma de las viguetas prefabricadas para el paso de cables y de tuberías. Cada fabricante establece claramente en su catálogo su forma, dimensión y localización. Como no se puede generalizar ha de seguirse siempre lo especificado y recomendado por el fabricante. En el caso de que no estuvieran especificados si se realizan, deberían estar aprobados por el fabricante.

Además los fabricantes deben especificar los posibles refuerzos en los apoyos y en los puntos donde pueden actuar las cargas puntuales. El objetivo de estos refuerzos es evitar el pandeo local del alma.

La transmisión vertical de las cargas que actúan en la parte superior, a los apoyos puede requerir la adición de nuevas piezas. Estas piezas pueden ser de madera aserrada, tablero contrachapado, tablero de virutas del tipo OSB e incluso vigas prefabricadas de dimensiones más pequeñas. Todos los entramados deberían realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante.

Las viguetas deben apuntalarse adecuadamente durante su instalación. Cuando sea necesario suspender pesos de las viguetas debe tenerse la precaución de que no actúen sobre el ala inferior de la vigueta.

El LVL se empezó a fabricar durante la II Guerra Mundial para aplicaciones aeronáuticas. A partir de 1.970 se empezó a utilizar en la construcción, principalmente en la fabricación de viguetas prefabricadas.