

LA MADERA EN LA PREFABRICACION

segunda parte

francisco aedo,
arquitecto director del i. e. e.

5.—MECANICA DE LA MADERA NATURAL

Para el objeto de este estudio, no interesa reproducir las abundantes tablas de valores numéricos que definen mecánicamente a la madera natural. Importa más bien interpretar dichos valores a fin de situar a la madera frente a otros materiales o comentarlos teniendo a la vista una aplicación precisa.

La Resistencia de Materiales se ha preocupado fundamentalmente de dos aspectos, a saber: Conocer los límites dentro de los cuales un material puede ser usado con eficacia y saber lo que ocurre en la esencia molecular de la materia cuando es sometida a cargas.

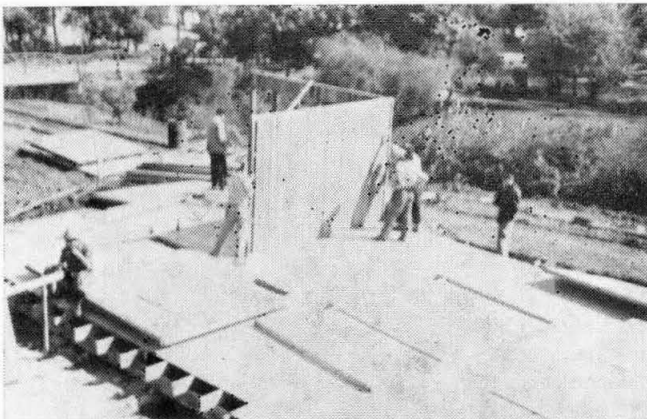
Por razones un tanto distintas a esta motivación científica, el cabal conocimiento de ambos aspectos sirvió posteriormente de base a una copiosa investigación para mejorar las propiedades de los materiales, en algunos casos hasta límites insospechados: Aceros de más de 20000 kg/cm² de resistencia a ruptura y hormigones con resistencias cercanas a los 1000 kg/cm². Al parecer, nada impide a la ciencia ir aún más lejos por este camino.

Las perspectivas de un mejoramiento espectacular en las propiedades mecánicas de la madera son mucho más limitadas, mientras la investigación se extiende a la

madera natural. La tala en época oportuna, el secado artificial y la impregnación han agregado muchas cualidades deseables a la madera pero no han podido modificar substancialmente su comportamiento mecánico. Sabemos —por ejemplo— que para cualquiera especie arbórea, las resistencias son inversamente proporcionales a su contenido de humedad, lo que nos permite proscribir prudentemente el uso de la madera húmeda en los casos de grandes esfuerzos. Recurrimos al secado artificial hasta el grado de humedad de equilibrio porque —entre otras cosas— aseguramos así que la madera tendrá la resistencia que le es característica. Mas, por esa vía, no puede aumentarse esa resistencia en forma significativa.

La impregnación es un recurso que ejercitamos desde afuera, venciendo con considerable gasto de energía la organización celular de la madera para agregarle inmunidad contra los parásitos o hacerla ignífuga. Simbólicamente, la madera impregnada es más resistente que la natural pero las propiedades mecánicas permanecen inalterables mientras no se logre intervenir la naturaleza misma de sus fibras.

El dinamismo de la madera, tan desfavorable a los fines de la construcción, no



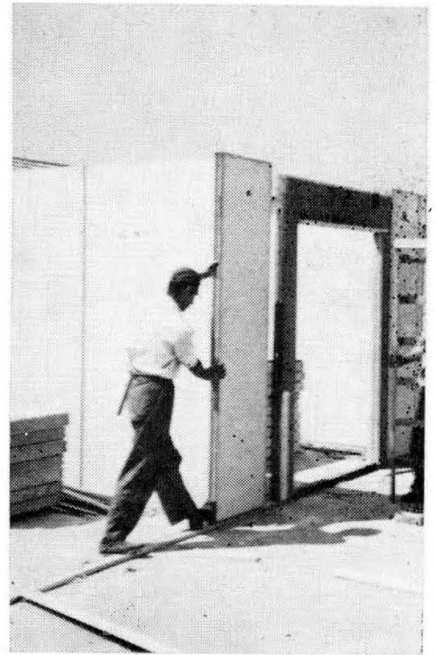
puede ser inhibido sino en parte y se revela aún en aquellos productos industriales a base de madera. Con el secado natural o artificial se logra disminuir la humedad de la madera a niveles más bajos que el punto de saturación, para los cuales las contracciones se hacen a su vez, menores sin desaparecer jamás. (No obstante, se ha constatado al menos que, entre el estado seco y el punto de saturación, el coeficiente de retracción es constante en cada especie para cada 1% de variación de la humedad).

La retracción alcanza valores importantes en sentido transversal y es casi insignificante en sentido longitudinal en la mayoría de las especies, cuando la madera está relativamente seca, (ésto se observa fácilmente examinando los entablados machiembrados algunos meses después de su colocación).

Los encomiables esfuerzos para traducir a ecuaciones estos valores ligándolos con coeficientes experimentales han permitido un conocimiento más profundo de la mecánica de la madera pero, la relatividad de sus márgenes de aplicación hacen imprevisibles ciertos movimientos alabeos y torceduras del material que sorprenden aún al experto y que desilusionan al principiante en el diseño estructural. Tiene entonces enorme importancia la experiencia personal adquirida a través de un prolongado contacto con la madera en el banco de carpintería, frente a las máquinas de elaborar o en el examen acucioso de las obras.

6.—PRODUCTOS INDUSTRIALIZADOS

Llamamos así a ciertos materiales integrados o aglomerados, fabricados para la construcción, a partir de la madera como materia prima. Pueden incluirse en capítulo aparte, las placas carpinteras (contraplacado) y la madera terciada por ser productos netamente industriales, aun cuando en ellos la madera interviene en estado natural.



La madera natural se dilata con el calor, menos que los metales y que el hormigón. Como la exposición prolongada evaporará parte del agua, habrá simultáneamente retracción que, compensando a la dilatación térmica la hará aún menos importante.

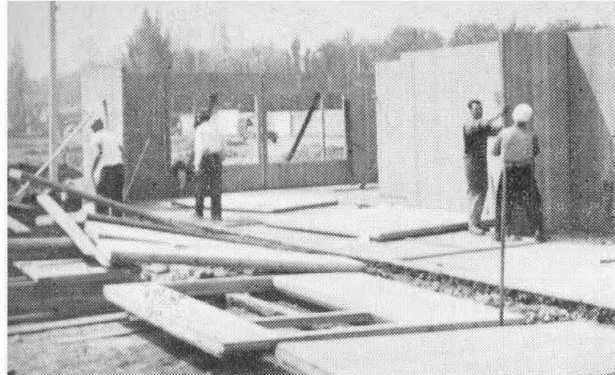
El fenómeno de fluencia bajo carga es notorio en la madera trabajando a flexión y a torsión. Es casi nulo en la compresión axial y no se observa en la tracción.

Las flechas instantáneas adquiridas por las vigas bajo las cargas normales, aumentan rápidamente sin haber incrementado dichas cargas de tal manera que, al cabo de unos 60 días, las flechas pueden llegar a duplicarse.

Todos los fenómenos aquí expuestos se observan en la mayoría de los materiales en menor grado o en forma insignificante y son de naturaleza casi constante, en especial si los materiales observados son homogéneos o altamente controlados en su fabricación. Adquieren gran importancia en la madera por su morfología, por las variaciones entre las distintas especies y entre cada individuo y será imperativo tenerlo en cuenta en el diseño.

La idea consiste en desdoblarse la madera en forma más o menos completa con procedimientos físicos o químicos; mezclarla con aglomerantes o productos de reacción, en estado de pasta, amoldarla para formar elementos variados.

En un primer proceso mecánico, la madera (no necesariamente la madera aserrable) se reduce a astilla, virutas, aserrín



o fibras largas las que se mezclan con aglomerantes capaces de endurecer (Yeso, cemento o resinas).

Un grupo bien definido de materiales industrializados emplea el yeso o el cemento como aglomerante y su prototipo es el "ERACLIT", fabricado por primera vez en Alemania hace más de 30 años. Estos productos se presentan en láminas o bloques con espesores de 20 a 100 mm. y dimensiones variables que quedan limitadas por la resistencia del material y su peso.

Las superficies, al salir de los moldes son rugosas y áridas. El material es en general de poros abiertos, con peso específico semejante al de las maderas y su color está en relación con el del aglomerante. Son en general, incombustibles e imputrescibles debido a que las fibras o virutas de madera se impregnan del aglomerante y se "mineralizan" superficialmente. Mas, expuestas largo tiempo a la intemperie sin protección terminan por absorber grandes cantidades de agua; al esponjarse la madera rompe su ligazón con el aglomerante y el conjunto tiende a desintegrarse.

Las placas fabricadas con este procedimiento pueden ser buenos aislantes térmicos si las superficies de ambas caras se sellan, ya sea revocándolas con una película de yeso o mediante hojas de papel grueso y adhesivos.

El uso específico de las planchas de madera aglomeradas es servir de base a revoques o estucos y se aplican atornillándolas o clavándolas a estructuras de acero o de madera.

A las características señaladas habría que añadir que las placas recién fabricadas tienen fuertes retracciones volumétricas, siendo aconsejable una exposición prudente al aire en lugares protegidos para evitar grietas de los revoques, antes de usarlas.

Los materiales del tipo "ERACLIT" tienen baja resistencia mecánica en comparación con la madera natural, debido a la mala adherencia entre las virutas o fi-

bras de madera y los aglomerantes hidráulicos. No pueden usarse con fines estructurales.

Otra familia de materiales derivados de la madera se obtiene usando resinas sintéticas como aglomerante de los detritus de madera (astillas, virutas, aserrín).

En nuestro país se expenden como tableros o "paneles sandwich" en que la pasta de resina y madera se dispone entre dos chapas o tulipas adheridas mediante presión y temperatura. El relleno suele llevar perforaciones que disminuyen el peso propio. Las superficies de terciado confieren a estos paneles una excelente presentación que puede ser protegida o pintada directamente, sin necesidad de pulimento.

Estos paneles se fabrican en espesores desde 16 a 75 mm. y unos 3m² de superficie. La resistencia mecánica es alta, comparada incluso con la madera natural y pueden —por lo tanto— usarse con fines estructurales, para la prefabricación de muros y cubiertas sin más limitaciones que la solución de las juntas y la protección y conservación de la madera del enchape.

Las líneas de fabricación de estos materiales, tanto los aglomerados con cemento como aquéllos que lo son con resinas, no están orientadas a fines específicos de construcción. El diseñador dispuesto a usarlos en sus proyectos deberá solucionar todos los problemas estructurales, los encuentros, los vanos, la fijación y conservación de las partes.

Una etapa más avanzada de la diversificación industrial de la madera está representada por aquellos productos que —genéricamente— reciben el nombre de **maderas prensadas**.

Su proceso de fabricación radica en una disociación casi completa de la madera para producir, en una primera etapa, una



pasta de celulosa semejante a la que se destina a la fabricación del papel. A partir de esta etapa y adicionando a la pasta productos que aumentan su resistencia y le confieren incombustibilidad, compacidad, brillo y color, se la prensa en rodillos calientes transformándola en láminas o placas de 3 a 10 mm. de espesor.

El material así obtenido es más homogéneo que la madera natural, aunque el proceso de laminado indica ya una línea de mayor resistencia. La dureza superficial es considerable y debido además a su excelente presentación, pueden considerarse las placas de madera prensada como materiales "terminados" para pavimentos y revestimientos.

El procesamiento de la madera hasta el grado de las placas prensadas representa —a nuestro juicio— un avance tan considerable como la integración de los materiales plásticos y abre la ruta de una etapa superior de la industrialización de aquel material. Sin embargo, debe advertirse a los usuarios y diseñadores que los productos ordinarios tienen gran capacidad para absorber agua y adolecen por lo tanto de inestabilidad dimensional; son propensos al alabeo y, para una correcta colocación deben preverse ranuras que permitan juego o sólidos tableros base donde las láminas puedan fijarse mediante tornillos o adhesivos. Sus fabricantes y la experiencia adquirida por los Arquitectos y Constructores recomienda hidratar las láminas hasta un 12% de humedad en peso mediante inmersión en agua temperada antes de su colocación.

Las maderas terciadas y las placas carpinteras se fabrican de madera natural y, contrariamente a los productos anteriormente citados, conservan sin alteraciones su fisonomía y belleza naturales. La disposición de trozos de madera o de tulipas en los cuales se alterna el sentido de las fibras, ha permitido compensar la retracción y el alabeo. Son materiales altamente

estables; conservan y realzan las mejores cualidades de la madera: gran resistencia; bajo peso específico; excelente capacidad de aislación térmica. La superposición de varias capas de madera terciada unidas con adhesivos y presión mecánica, proporciona tableros o elementos estructurales que aventajan a la madera original por su resistencia y uniformidad.

Ninguno de los materiales citados puede usarse largo tiempo a la intemperie o ser sometido a cambios frecuentes de su estado higrométrico. La industrialización no ha hecho desaparecer totalmente el origen orgánico y el proceso de absorción y expulsión de agua termina por envejecerlos o desintegrarlos parcialmente.

Podrían constituir una excepción aquellos en que los detritus de madera están aglomerados con resinas sintéticas que sean inmunes a la acción del agua y siempre que las tulipas o chapas de superficie fueran impregnadas en fábrica con resinas de igual calidad. Es lícito suponer que un material semejante tuviese un costo excesivo e incompatible con la prefabricación en nuestro país, al no existir una industria química pesada.

Desearnos, por último, constatar que todos los materiales estudiados se presentan en forma de láminas y placas y no tenemos noticia que con los aglomerados o con la madera prensada se hayan fabricado perfiles y complementos estructurales que permitan intentar con ellos una prefabricación total que en su primera etapa de ensayo deberá apoyarse en formas más o menos convencionales. Al hablar más adelante del diseño de la prefabricación, veremos como pueden usarse las láminas como punto de partida de nuevas soluciones estructurales.

Nos propusimos desde el comienzo de este trabajo demostrar que la madera, en sus formas natural e industrializada era un material idóneo para la prefabricación. Si hemos mencionado con demasiada fre-

cuencia sus limitaciones, ello se ha hecho en honor a la objetividad y con el convencimiento de que ha llegado el momento de superar el retraso injustificado en que la industria maderera se debate, mediante

una seria exigencia profesional. Esta no puede tener otro fundamento que un conocimiento profundo del material cuyas cualidades se exaltan justamente entre sus limitaciones.

7.—UNIONES POR ADHESIVOS

Las láminas y las placas de cartón o madera sugieren la unión por adhesivos con igual espontaneidad que las telas sugieren la costura.

Cuando se observa la ejecución de un revestimiento interior de tablas delgadas afianzadas con clavos, cuyas cabezas son rehundidas y enmasilladas una por una para ocultarlas, el instinto del constructor se rebela y añora formas de unión más racionales.

El clavo, el tornillo y el perno cuya eficacia y limpieza conceptual no discutimos, ha limitado el vuelo de las concepciones estructurales de la madera en la edificación. En cambio, si observamos la evolución experimentada por el mueble, encontramos simplificación y audacia en el uso de la madera terciada y delgadas placas contrachapadas, unidas entre sí y a la estructura, mediante adhesivos.

El problema de estructurar con barras significa resolver adecuadamente las juntas. Si cada barra concurrente a un nudo debe perforarse para dar paso a los elementos de unión, su sección debe dimensionarse descontando esas perforaciones.

En las estructuras de madera, si los pernos que transmiten la carga de una pieza a otra están correctamente dimensionados, el punto más débil de la junta será la zona de madera aplastada por el tallo del perno. Aun cuando ésta no se rompa, el aplastamiento significa traslación, movimiento o juego, lo que origina un libre apoyo.

Una junta con adhesivos presupone la existencia de un intercambio de fuerzas moleculares entre la superficie y el adhesivo cuya naturaleza semi líquida le permite cubrir la totalidad del área compro-

metida. Al endurecer y hacerse capaz de transmitir cargas de una cara a otra de las piezas concurrentes, toda el área de contacto se hace activa y los desplazamientos no podrían manifestarse sino al entrar la junta en la etapa de rotura por exceso de carga. La unión de dos maderas por medio de adhesivos representa empotramiento correlativo entre ambas piezas.

He aquí la diferencia entre ambas formas de unión y el por qué los adhesivos reemplazarán a los pernos en las uniones estructurales de la madera. Agregaremos además que la sencillez de la operación y la ausencia de herramientas y elementos secundarios, hace más económicas las juntas con adhesivos.

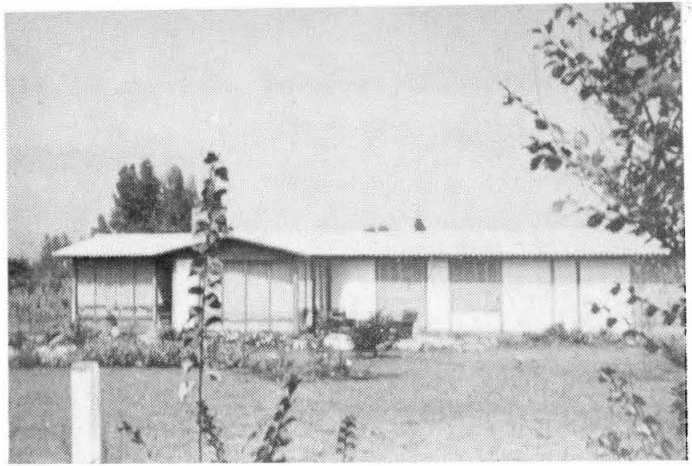
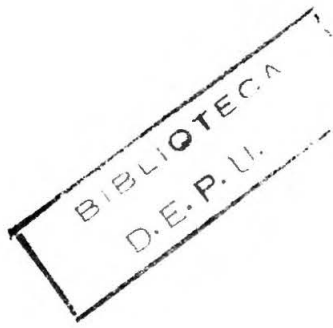
Del Nº 2 de TECNICA Y CREACION (Las Nuevas Formas y los Adhesivos Sintéticos. Ricardo Monge, Junio de 1961) extractamos:

"El problema de unión de partes y su expresión particular, es la adhesión mediante el empleo de materias sintéticas.

"Es a través de sus características que el Arquitecto deberá lograr esta nueva expresión que trascenderá nuestro tiempo.

"¿Cómo no afirmarlo si, ahora que recién comenzamos ya se ha logrado unir metal a metal alcanzando resistencias cercanas a los 2.000 kg. por cm², a la tracción?"

La extensión en el uso de adhesivos para la industria ha estimulado a la fabricación de un gran número de ellos; no todos son útiles en la edificación y deberán tenerse en cuenta las siguientes observaciones generales:



Los adhesivos industriales son más específicos que los domésticos, ya que se exige de ellos mayor eficacia. No existen por lo tanto, productos universales y para elegir debemos puntualizar:

Los materiales que deben unirse y su estado superficial.

El tipo, la intensidad y dirección del trabajo estructural.

Si las partes unidas quedarán a la intemperie.

El tiempo máximo disponible antes que la junta entre en trabajo.

Si las partes pueden someterse a presión (prensas o cuñas), con comodidad.

Si las partes están húmedas y cual es, aproximadamente, el porcentaje de humedad.

No existen adhesivos de acción instantánea, a plena carga, como es el caso de la soldadura de los metales, aun cuando es posible alcanzar resistencias cercanas al 50% de la total, en algunos minutos, con ciertos adhesivos de contacto.

Los más divulgados en nuestro medio son: elastómeros o sea, permanecen elásticos después de endurecer y las juntas resultan deformables. (Cualidad valiosa en ciertos casos pero desfavorable para las estructuras).

Los propiamente estructurales son reactivos, compuestos de dos o más partes y endurecen bajo presión y temperatura ambiente en tiempos que varían de 4 a 10 horas. Este plazo puede disminuirse si se actúa en cámaras temperadas.

La versatilidad de los adhesivos queda demostrada al constatar, en nuestro medio, el auge experimentado por ciertos adhesivos densos que los constructores emplean para afianzar los marcos de puertas o ventanas a los muros de albañilería estucados. Este tipo de junta es particularmente difícil de realizar por cuanto: Se trata de dos materiales disímiles.

La superficie de uno es rugosa.

Se exige a la junta impermeabilidad y resistencia a cizalle.

No puede usarse presión constante, aun cuando los marcos se golpean con mazos de madera para mejorar el contacto. Se trabaja a temperatura ambiente.

La solución fue proporcionada por una masilla adhesiva a base de POLICLOROPRENO FENOLICO, que puede aplicarse con espátula con resultados tan satisfactorios que justifican su amplia divulgación. El procedimiento se extenderá, seguramente a la fijación de otros tipos de molduras.

Concluimos esta breve revisión del panorama de la madera y sus derivados industriales para la edificación destacando que la existencia de madera natural, de placas, de paneles y de adhesivos apropiados para realizar uniones estructurales, despliega ante los Arquitectos elementos totalmente nuevos y nos impulsa a intentar otros caminos para las realizaciones en madera.

La gran rigidez que puede alcanzarse con bastidores simples no triangulados pero revestidos con placas de madera prensada y adhesivos elimina de un golpe la construcción con piedrechos y soleras. Los arcos y pórticos laminados; las láminas plegadas usadas como elementos de muro y de techumbres auto-soportantes; las formas tubulares de sección rectangular o triangular; las bóvedas continuas obtenidas por superposición de placas curvadas; el perfeccionamiento de las elegantes y diáfanas estructuras de dovelas, reemplazando pernos por adhesivos, son unos cuantos ejemplos de lo que puede cosecharse para la nueva Arquitectura de la madera.

En la última parte de este estudio, nos referiremos a problemas de diseño en la prefabricación.

Santiago, Abril de 1964