



Historia de los orígenes y primeros desarrollos

El texto ha sido extractado, con el permiso del autor, del artículo «Structural glued laminated timber: History of its origins and early development», *Forest Products Journal*, 1996. Es un resumen de su tesis, de igual título, presentada en 1995 en el Departamento de Historia de la Universidad de Minnesota (EEUU). La tesis recibió el premio "Class of 1889 Memorial Prize" al mejor trabajo de investigación sobre un tema histórico. En la actualidad continúa sus investigaciones con el objetivo de escribir un libro.

ANDREAS JORDAHL RHUDE. SENTINEL STRUCTURES, INC., 4054 WENTWORTH AVE. SOUTH, MINNEAPOLIS, MN 55409-1822.

Los primeros pasos en Europa

La madera laminada encolada nació al principio de este siglo cuando Karl Friedrich Otto Hetzer (1846-1911) de Weimar (Alemania) obtuvo su primera patente para este método de construcción. La patente suiza de 1901 se refería a vigas rectas compuestas de varias láminas unidas entre sí con adhesivo. Las primeras aplicaciones de este sistema datan del año 1890 en la construcción del edificio del Reichstag en Berlín donde se emplearon vigas de 10 metros de longitud. En 1906 Hetzer patentó en Alemania la construc-



Fábrica de madera laminada de Otto Hetzer en Weimar, Alemania

ción de piezas curvas de madera laminada, iniciando el desarrollo de los arcos en madera. Sus patentes se extendieron a varios países europeos y en su catálogo de 1922 se

incluía una relación de los países en los que el método había sido utilizado: Alemania, Austria-Hungría, Bélgica, Checoslovaquia, Dinamarca, España, Inglaterra, Finlan-

dia, Francia, Holanda, Italia, Noruega, Suecia y Suiza.

La empresa Otto Hetzer A.-G. Se constituyó en 1901 e incluía a los tres hijos de Hetzer: Karl Paul, Walter Ernst y Otto Alfred. El sistema de Hetzer para la fabricación de madera laminada comenzó a conocerse y en la Exposición Mundial de 1910 en Bruselas recibió dos premios. El primer país donde este producto tuvo un espectacular desarrollo fue Suiza. En 1920 existían más de 200 edificios con viga o arcos de tipo Hetzer.

En Dinamarca la entrada de la madera laminada se produjo como consecuencia del comienzo de su fabricación por H.J. Kornerup-Koch bajo licencia de Hetzer. El ingeniero Guttorm N. Brekke (1885-1980) fue el responsable de la entrada de esta tecnología a Escandinavia. Compró los derechos de la patente del sistema Hetzer para Suecia y Noruega por 60.000 coronas Noruegas, incluyendo un periodo de formación de 3 meses sobre el proceso de fabricación en la factoría de Weimar. Fundó una fábrica de madera laminada, A/S Traekonstruktionen, en Mysen cerca de Kristiania (en la actualidad Oslo), en marzo de 1918. Brekke fue asesor para la formación de una planta en Töreboda, Suecia, en 1919. Esta planta continúa en funcionamiento desde 1982 como parte de la empresa Noruega Moelven Limtre Gruppe A/S.



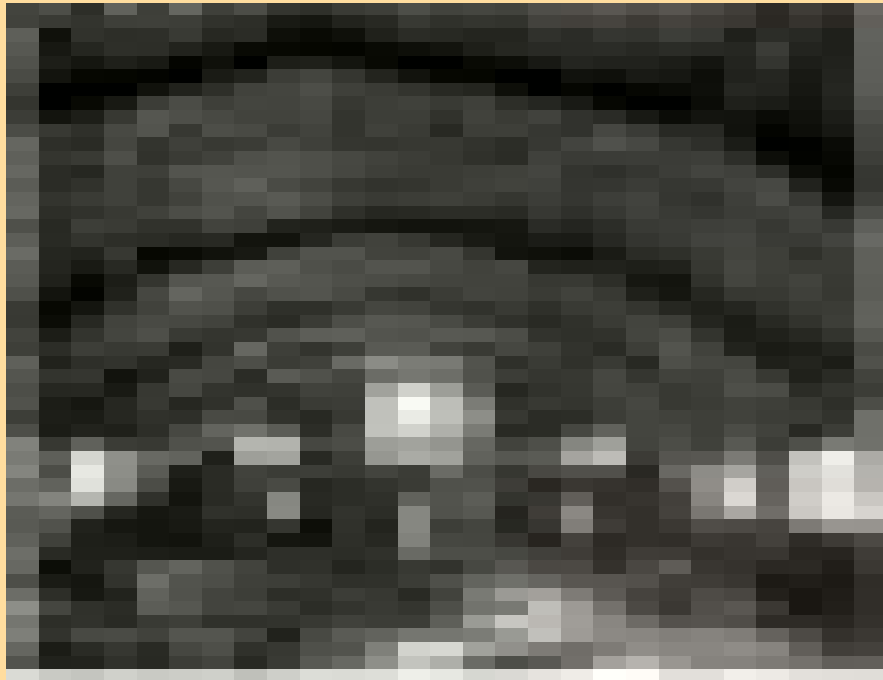
El salto a América

Max Hanisch fue el responsable de la introducción de la tecnología de la madera laminada en los Estados Unidos de América. Nació en Alemania en 1882 y se graduó en arquitectura e ingeniería en el Koenigliche Baugewerks Schule in DeutschKrone en 1902. Se asoció con Hetzer en la firma de Weimar en 1906, donde aprendió la tecnología. En 1911 comenzó su propia actividad como proyectista hasta que la Primera Guerra Mundial le interrumpió, desviando su actividad hacia la construcción de fábricas para el Departamento de la Guerra Alemán.

Emigró a los Estados Unidos en 1923 con la intención de cooperar con los Hetzer en la promoción de la madera laminada en América, pero no consiguió financiación y se volvió a dedicar a la práctica de la arquitectura y la ingeniería. Introdujo varias novedades en las técnicas de construcción desarrollando materiales resistente al fuego, revestimientos exteriores y principalmente un sistema de cubiertas en forma de arcos.

La empresa pionera Unit Structures, Inc.

En 1934 Hanisch recibe el encargo de proyectar una escuela y un gimnasio para la ciudad de Peshtigo en Wisconsin. En un principio presentó una solución con el sistema de arcos por él inven-



Gimnasio en una escuela de Peshtigo. Obra del arquitecto Max Hanisch, Sr, fue construida en 1934 y la madera fabricada por Unit Structures Inc. Es la primera aplicación de la madera laminada encolada en norteamérica

tado, pero después aportó otra solución mediante arcos de madera laminada encolada, que resultaba un 5% más barata que la anterior. Finalmente, salieron a concurso ambas soluciones. El principal problema a resolver era encontrar quien podría fabricar estos arcos de madera. Pero fue resuelto mediante la asociación de Hanisch con los hermanos Peter y Christ J. Thompson, de la Compañía Thompson Brothers Boat Manufacturing en Peshtigo. Tenían gran influencia en la comunidad y recomendaron el empleo de los arcos de madera.

La empresa de los Thompson se encontraba en un momento de pérdida de mercado debido a la reducción del negocio de la fabricación de bo-

tes y barcas. Con la integración de la línea de fabricación de madera laminada se lograba una interesante simbiosis. La época del año adecuada para la fabricación de los barcos era en otoño e invierno, de manera que a principios de la primavera se botaban los barcos. Tradicionalmente la actividad de la fábrica y su plantilla se reducía al mínimo desde ese momento hasta el próximo otoño. Por otro lado, la fabricación de la madera laminada se centraba en primavera y verano, y así los trabajadores podían dedicarse la mitad del año a la fabricación de barcos y la otra mitad al laminado. De esta manera se constituyó la empresa Unit Structures, Inc. en 1934. La propiedad de la empresa se repartía al 50

% entre ambas familias, los tres Hanisch y Peter Thompson, que fue elegido presidente de la compañía. Ocupaban una pequeña parte de la fábrica Thompson en Peshtigo.

Las obras del gimnasio comenzaron en octubre de 1934, después de un largo proceso desde el proyecto. El diseño consistía en cuatro vanos salvados con arcos triarticulados con una luz de 19,50 metros con una flecha de 7,31 metros y dispuestos a separaciones de 4,87 metros entre ejes. Debido a la falta de familiaridad con este tipo de construcción, la Comisión de Industria de Wisconsin, que era la responsable de la concesión de licencias de los edificios públicos en el estado, rechazó los arcos. No tenían experiencia en la construcción con madera laminada encolada y en su opinión el método no estaba suficientemente



contrastado y por tanto era inseguro. Los treinta años de utilización con éxito en Europa no eran prueba suficiente para la Comisión. La empresa Unit Structures y los Hanisch fracasaron en su intento de convencer a la Comisión y recurrieron al Forest Products Laboratory para apoyarles en su empresa, pero tampoco obtuvo resultados positivos. Finalmente se alcanzó un compromiso por el que los arcos de madera laminada se reforzaban con pernos, bridas, chapas metálicas y angulares dispuestos a intervalos regulares a lo largo de la sección de los arcos. Estas medidas de refuerzo eran completamente innecesarias ya que el encolado garantizaba la resistencia a cortante requerida. En el otoño de 1934 se terminaron de construir los arcos con las inútiles medidas de refuerzo, que nunca volvieron a emplearse en la madera laminada encolada en los Estados Unidos de América.

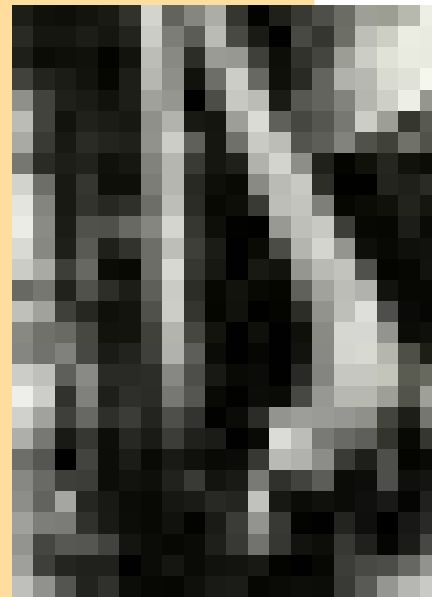
Investigaciones del Forest Products Laboratory

Los Hanisch convencieron a A.S. Friedman para que se uniera a su firma con Gerente general. Visitaron el Forest Products Laboratory (FPL) para recoger información del departamento de adhesivos, clasificación e ingeniería. 30 años después, Friedman escribió, "Mucha gente del Laboratorio respondió rápida y certeramente a todas nuestras cuestiones...", sin preguntar por nuestras razones para tal encuesta. De manera independiente el FPL se había planteado la utilización de la madera laminada encolada para construir uno de los edificios del Laboratorio. El intercambio de información resultó de interés para el personal del FPL, principalmente a partir de la experiencia del mayor de los Hanisch relacionada con los arcos de Hetzer en Alemania. Como resultado de este intercambio la empresa Unit Structures fue contratada para proveer los arcos

para la construcción del edificio en el FPL.

El diseño consistió en la utilización de tres tipos de arcos. Un arco de sección rectangular, que llegó a ser típico en los Estados Unidos, era el tipo principal. También se emplearon arcos con sección en doble T utilizando almas de tablero contrachapado con alas de madera laminada, y varios arcos con alma alveolada con conectores de anillo y pernos. Los arcos se transportaron por ferrocarril en diciembre de 1934, construyéndose en el invierno de 1934-35.

Se efectuaron ensayos a escala real mediante la aplicación de sacos de arena con un peso total de 31.500 libras (14.288 kp). Esta carga excedía un 50 % las especificaciones de cálculo. Las medidas de deformaciones resultaron muy favorables. Además se realizaron ensayos destructivos sobre un número extra de arcos aplicando la carga con una máquina con capacidad de 1 millón de libras (453,6 t). También los resultados fueron muy satisfactorios. Estos resultados positivos fueron determinantes para convencer a las autoridades, arquitectos, ingenieros y otros escépticos sobre el uso estructural de la madera. El informe del proyecto de investigación y de los resultados de ensayo precisó varios años para publicarse (USDA Technical Bulletin N° 691, The glued laminated wooden arch, by T.R.C. Wilson, FPL, oct. 1939).



Ensayos realizados en 1935 en el Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin, sobre arcos de madera laminada fabricados por Unit Structures, Inc.

Acero frente a madera

Cunado Hannisch propuso por primera vez el empleo de arcos de madera laminada encolada con adhesivos fue ridiculizado. ¿Como iba a ser posible que unas tablas de madera encoladas pudieran resistir cargas y sobre todo como podrían ser capaces de compararse con el acero?. La construcción metálica había sufrido un gran desarrollo a finales del siglo 19 y había alcanzado grandes resultados en la construcción. Era una gran industria con importantes intereses y fuerte financiación. Al principio fue muy difícil para Hanisch convencer a los arquitectos e ingenieros que pudieran tener en cuenta sus arcos para sus proyectos. Poco a poco se fueron familiarizando con los arcos de



Construcción de laboratorios del USDA-Forest Products Laboratory en Madison, Wisconsin, 1934. La madera laminada fue fabricada por Unit Structures Inc.



Unit Structures y su escepticismo comenzó a desaparecer. Las dificultades que Hanisch encontraba pueden deberse también al hecho de ser extranjero y no dominar el inglés. De hecho, a finales de los años 30 su secretario actuaba como intérprete.

En 1936 el arquitecto Edgar A. Stubenrauch proyectó un edificio público para la comunidad de Pittsville, Wis. Para la estructura de la cubierta había previsto arcos de acero, pero fue persuadido por Unit Structures para considerar los arcos de madera laminada como una alternativa. Ambas soluciones fueron analizadas económicamente resultando la de madera con un costo inferior. Se construyó con los arcos de Unit Structures y todavía se encuentra en uso.

¿Como fue posible un costo inferior para la madera?. Los arcos de madera laminada no sólo servían como estructura de la cubierta sino que además cumplían la función estética de terminación interior. No era preciso añadir un revestimiento para lograr un acabado fino, como ocurre con el caso del acero. Además, la madera es más resistente al fuego que el acero, y no requiere añadir los costes de protección del acero. Al considerar estos costes añadidos, el resultado fue más favorable para la madera.

El desarrollo en el Oeste

A partir de la aceptación y la expansión de la industria del laminado en el medio oeste, comenzaron a interesarse las empresas de la construcción con madera del oeste. Dos empresas dedicadas a la fabricación de cerchas de madera, Summerbell Roof Structures y Timber Structures, Inc., deseaban incluir a su línea de productos la madera laminada encolada y terminaron fabricando bajo licencia de Unit Structures.

Poco después de que Estados Unidos entrara en la Segunda Guerra Mundial, el gobierno se dirigió a la firma Timber Structures, Inc., para saber si estarían dispuestos a suministrar madera laminada encolada para ayudar en el esfuerzo que exigía la guerra. También se dirigieron a la empresa Unit Structures para pedirles si podrían enseñar la técnica de la fabricación a Timber Structures para ayudar a un final favorable de la guerra. Unit Structures aceptó.

La empresa Weyerhaeuser Sales Company de St. Paul, Minn., se interesó en la madera laminada encolada para su empleo en la construcción de graneros. Para ello contrató los servicios del Dr. Guttorm N. Brekke de Noruega, en 1935. Brekke llevó a América una gran experiencia que había adquirido en Europa, donde estuvo como director de fábricas de madera laminada en Noruega y en

Suecia, en las que había aprendido las técnicas de la organización de Hetzer en Alemania.

El profesor Henry Giese también contribuyó en las operaciones de laminado de Weyerhaeuser. Había proyectado un sistema de cubierta con arcos apuntados (que podríamos llamar pares góticos) así como la realización de experimentos para el laminado con uniones mecánicas. La madera laminada con uniones mecánicas tiene baja resistencia a cortante además de un fuerte deslizamiento entre las láminas. La utilización del adhesivo entre láminas mejora enormemente la resistencia y así comenzó a utilizarlo en conjunto con clavos y/o pernos. Algunas veces el adhesivo se había utilizado como único medio de unión entre las piezas, mientras que los clavos se empleaban solamente como medio para dar la presión. Incluso se planteó la posibilidad de realizar su fabricación en obra y no bajo condiciones controladas en la fábrica. En 1937, Giese declaró que el producto podría estar disponible, después de alguna investigación adicional, para su empleo en gimnasios, salas de reunión y construcciones agrícolas. Sin embargo, Unit Structures, ya había utilizado este método de construcción en ese tipo de edificaciones.

Records alcanzados

En 1938, Unit Structures fabricó unos arcos que salvaban una luz libre de 120 pies (36,5 m) para una edificación de uso agrícola en Gustavus Adolphus College en St. Peter, Minn. Fue la mayor luz en América en su tiempo. Con el incremento de la actividad en la aviación, las líneas aéreas pensaron en la madera laminada para la construcción de los hangares. Los hangares debían ser cada vez más grandes, debido a que los aviones eran, también, cada vez mayores.

Las líneas aéreas de St. Paul's Northwest construyeron un hangar para su base en Fargo, N.D., en 1941. Eran 12 arcos con una luz de 152 pies (46,3 m) y una flecha de 35 pies (10,6 m). Esta estructura de Unit Structures, mantuvo el récord de luz durante un periodo corto de tiempo.

Segunda Guerra Mundial

Se estima que se ahorraron 800.000.000 libras (362.880 t) de acero estructural al construir con madera en 1942. Esto sin incluir el ahorro que suponía la construcción con madera laminada encolada. En 1944, A.N. Carter escribió en un artículo de la revista Scientific American, "pocos materiales han jugado un papel más importante o versátil en el programa de construcción de la guerra en América que la madera". No sólo se utilizaba para la edificación, sino



ARQUITECTURA



Edificio de uso comunitario en Pittsville, Wisconsin. Fue diseñado por el arquitecto E. A. Stubenrauch, y construido en 1936

también para palets, cajas para transporte de armas y construcción de barcos. Los famosos botes PT estaban contruidos con un entramado de madera y tablero contrachapado. El avión más grande de esa época, Howard Hughes' Spruce Goose, estaba construido con madera.

Al cabo de un mes del ataque a Pearl Harbor, el vicepresidente de Unit Structures, A.S. Friedman dijo: "A partir de junio del año pasado (1941) comenzamos a trabajar para el ejército, la armada y las fuerzas aéreas. Hemos construido veinte edifi-

cios para el ejército, dos laboratorios de ensayos, un edificio recreativo en Great Lakes, Ill., una sala en Newport, R.I. También fabricamos arcos de madera laminada para un hangar de aviones y cuatro almacenes en Wright Field, Dayton, Ohio". Meses antes de la entrada de los Estados Unidos en la guerra, ya estaban preparándose; la madera laminada sustituía al acero en la construcción. La guerra sirvió para la aceptación de la madera laminada en la construcción. Debido a las restricciones que existían para el acero, la madera constituía

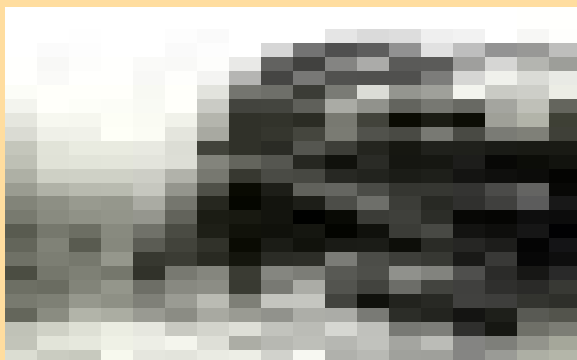


Nave de la Marina de los EEUU, construida durante la Segunda Guerra Mundial

una alternativa muy adecuada. Es resistente, fácil de trabajar y de transportar y de instalar. Su peso es considerablemente inferior al del acero por lo que requiere grúas más pequeñas para su colocación en obra. A Unit Structures le pidieron que fabricara cerchas de madera aserrada para varias construcciones militares, pero lograron convencer a los planificadores cambiar a arcos y vigas de madera laminada encolada, con el fin de afianzar su propia expansión. El trabajo añadido obligaba a recurrir a la planta de Peshtigo en varias ocasio-

nes durante la guerra. Se aumentó la plantilla e incluso crearon una fábrica provisional en Sayville, N.Y. cuya producción estaba dirigida exclusivamente al esfuerzo de la defensa en la guerra.

Este aumento de la producción durante la guerra también afectó a otros fabricantes como Rilco Laminated Products y Summerbell Roof Structures. Esta última empresa realizó una obra en la que gastó más de un millón de pies tablares de madera aserrada para la construcción de un edificio en una nueva base



Escuela Secundaria Henry Mitchell, en Racine, Wisconsin. Diseñada por el arquitecto J. Mandor Matson y construida en 1935-36. Fabricada por Unit Structures, Inc.



Montaje de un granero en los años 50, Peshtigo, Wisconsin. Fabricada por Rilco Laminated Products, Inc. Albert Lea, Minnesota.



ARQUITECTURA

militar, trabajando al lado de la misma obra.

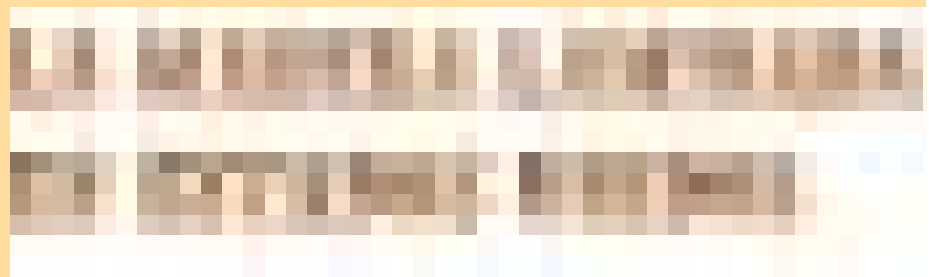
En varias ocasiones, se llegó a fabricar la madera laminada encolada en la misma obra para acelerar los plazos de construcción. Las construcciones que resultaban, sin el control de las condiciones que existe en una fábrica, no pasaban de ser provisionales en el mejor de los casos. En el libro de Garner de la historia de la construcción militar en la Segunda Guerra Mundial dijo: "Madera verde...y la baja calidad del encolado produjeron deformaciones y delaminaciones en muchos de los arcos fabricados a pie de obra.

En 1942 se construyeron dos hangares para aviones en el aeropuerto de St. Paul. La luz libre era de 171 pies (52 m) un nuevo récord mundial y una altura de 49 pies (15 m). Los hangares tenían 600 pies (183 m) de longitud y cada uno estaba soportado por 60 arcos. Como era habitual en muchas de las construcciones en tiempo de guerra, se construyeron como edificaciones temporales con una vida esperada de tan solo 5 años. Ambos se encuentran en servicio todavía.

La tecnología ya establecida

Uno puede preguntarse si no hubiera existido la Segunda Guerra Mundial y por lo tanto no se hubiera producido una aceleración y crecimiento del mercado tan importante, si la madera laminada

hubiera continuado su crecimiento posterior. En realidad lo que hubiera ocurrido es que la aceptación del nuevo material habría sido más lenta, pero no cambiaría el hecho de que la madera es un material rápidamente disponible y de gran utilidad. Antes de la guerra el desarrollo era firme pero lento.



En la época de la muerte de Max Hanisch, el 24 de junio de 1950, la industria de la madera laminada ya se encontraba afianzada en los Estados Unidos de América. Tenía una base sólida y era ampliamente reconocida como un producto de construcción de primera clase. Unit Structures estaba preparada para capitalizar esta aceptación en el mercado y estableció planes para incrementar las plantas de producción. Summerbell, Rilco y Timber Structures estaban floreciendo y otras empresas entraron en este campo.

En abril de 1952 los fabricantes más importantes de estructuras de madera, tanto de laminada como de aserrada, unieron sus fuerzas y crearon el American Institute of Timber Construction (AITC). Esta Asociación Nacional Técnica fue

creada para normalizar la industria y para su promoción. Uno de los objetivos en los que hacían mayores esfuerzos era convencer a las autoridades relacionadas con la construcción y con los seguros, de la inherente resistencia al fuego que posee la construcción con madera de gruesas escuadrías.

Durante la década de los años 40, se realizaron numerosas investigaciones en el FPL en colaboración con la industria de la madera laminada. Los resultados de esta investigación fueron publicados en 1954 como un USDA Technical Bulletin 1069 (A.D. Freas y M.L. Selbo). Este trabajo sirvió de base para la redacción de la normativa que aún sigue vigente, con las necesarias actualizaciones y modificaciones. Anteriormente habían existido movimientos y esfuerzos para establecer una normativa, pero no fructificó hasta la formación del AITC.

En 1995 había aproximadamente, 30 fabricantes de madera laminada encolada para estructuras en los Estados Unidos de América, la mayoría de los cuales estaban dentro del AITC. La primera obra de madera laminada, el

gimnasio en Peshtigo, estuvo cerca de ser destruida en los años 80. Existía un proyecto de expansión y remodelación del colegio y el arquitecto había decidido eliminar el gimnasio. Gracias a una campaña dirigida a salvar el gimnasio y sus arcos históricos y al ahorro de impuestos por mantener el edificio, se convenció al

arquitecto para revisar su proyecto e incorporar el gimnasio. Se convirtió en una biblioteca y los arcos se mantuvieron intactos. La estructura continua en servicio después de 61 años desde su construcción.

La industria de la madera laminada encolada de uso estructural ha madurado desde una simple operación en el norte de Wisconsin hasta su aceptación universal.

ESTE ARTÍCULO FUE PUBLICADO ORIGINALMENTE EN EL FOREST PRODUCTS JOURNAL N° 46(1): 15-22. LA TRADUCCIÓN Y ADAPTACIÓN CORRIÓ A CARGO DE FRANCISCO ARRIAGA. AGRADECEMOS A LA REVISTA SU PERMISO PARA PUBLICARLO. LAS FOTOGRAFÍAS, APORTADAS POR EL AUTOR DEL ARTÍCULO PROCEDEN DE LOS FONDOS DE LA EMPRESA SENTINEL STRUCTURES, INC. PESHTIGO, WISCONSIN. AGRADECEMOS LAS FACILIDADES OFRECIDAS PARA SU PUBLICACIÓN.