

El Comportamiento de las Uniones de Testa por Dedos

Por J. G. SUNLEY, M. Sc., F. I. W. Sc.

Este documento se refiere a las condiciones para situar uniones de testa en piezas de madera, indicando el modo de realizarlas. No trata más que de las uniones por dedos o similares, es decir, que no se incluyen las uniones a tope ni solapadas.

I. Introducción.

En los últimos años se ha prestado mucha atención a los problemas de las uniones de testa. Ello ha conllevado a la producción de maquinaria para perfilar y encolar y a la determinación de la resistencia de los diferentes tipos de uniones. Como resultado se han desarrollado las técnicas de uniones por dedos, que son potencialmente de valor considerable para las industrias que emplean madera para carpintería y estructuras en general.

Las principales ventajas de las uniones de testa provienen de la posibilidad de fabricar piezas largas sin defectos, aprovechando todas las partes sanas. Varias máquinas se han presentado ya en el mercado para esta fabricación. Sin embargo, como ocurre con todos los procesos o productos nuevos, su total aceptación por los consumidores depende en gran medida de la existencia de normas y especificaciones adecuadas.

Todavía no hay tales normas en Inglaterra, pero se ha redactado recientemente una enmienda a la norma B.S. 1186, «Calidad de la madera y del trabajo en carpintería», que prevé las uniones de testa y la laminación. Se basa en la información suministrada por otras normas, tales como las DIN y en pruebas suplementarias de ciertos perfiles. El La-

boratorio de Investigación de Productos Forestales (FPRL) recibe frecuentes solicitudes para ensayar uniones de testa con diversos fines, siendo este trabajo relativamente complicado por la ausencia de normas. El FPRL ha completado un estudio de las propiedades de las uniones por dedos, que se resume en este artículo con objeto de que sirva de base para una norma aceptable para fabricantes y consumidores.

Generalmente una unión por dedos debe satisfacer las siguientes condiciones:

Debe tener resistencia y duración adecuadas a su uso. La cantidad de material perdido en cada junta debe ser mínima. La junta debe tener buena apariencia. El coste de producción debe ser razonable. Evidentemente una junta bien hecha, que tenga una forma que le dé la máxima resistencia, con una buena cola de tipo exterior, debe servir satisfactoriamente en todas las aplicaciones posibles. Esto, sin embargo, incrementaría los costes excesivamente en algunos casos. Para conseguir una aplicación adecuada es conveniente clasificar los usos posibles. Las siguientes categorías cubren una amplia gama de aplicaciones:

1.—Madera para estructuras.

- 2.—Madera laminada para estructuras.
- 3.—Carpintería semi-estructural y portante.
- 4.—Carpintería no estructural y no portante.

El comportamiento de las uniones por dedos se ve afectado por numerosas variables, tales como el perfil de los dedos, la presión usada en su manufactura, el grado de afilado de las herramientas, el contenido de humedad de la madera, la orientación de los dedos, la presencia de defectos, etc. Es deseable que sean controladas en relación con el comportamiento exigido a la junta en cada aplicación.

II. Factores que afectan al comportamiento. Efecto del perfil o de la forma del dedo.

La resistencia de la junta depende en gran medida de la geometría de su perfil. Hay generalmente dos tipos de fallo en estas juntas: rotura de la línea de cola y rotura de la madera en la base de los dedos. La resistencia de la línea de cola es afectada por la longitud y la inclinación de los dedos. La de la madera depende de la anchura de éstos. Por eso, en general, cuanto más largos sean los dedos y más estrechas sus puntas, más fuerte será la junta.

Afilado de las herramientas

Cuando se hacen los dedos, es inevitable que las herramientas de las máquinas se vayan embotando. Esto

tiende a alterar el perfil de la junta ligeramente, reduciendo la presión efectiva en la línea de cola para una presión dada sobre la testa. Ello reduce la superficie de contacto y aumenta la separación entre las puntas de los dedos y la base de los mismos en la pieza complementaria, siendo esto más pronunciado cuando se usa calor exterior para acelerar el fraguado. Tales efectos tienden a reducir la resistencia de las juntas. Sin embargo, se ha observado que normalmente se renuevan siempre las herramientas antes de que se produzca una disminución sensible de la resistencia.

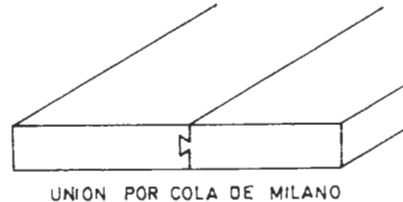
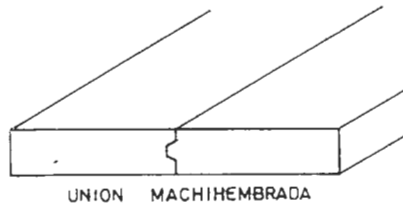
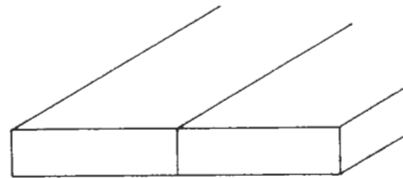
Presión en la testa

Hay una gama óptima de presiones que deben usarse para obtener una junta eficiente. Un aumento de la presión de 75 a 450 lbf/in² (5 a 32 Kgf/cm²) de sección recta de la testa, cuando se une madera de pino silvestre da un aumento del 20 % de la resistencia. Las presiones superiores a 450 lbf/in² (35 Kgf/cm²) pueden rajar la base de los dedos. Por ello cuando se trabaje con madera de coníferas no debe sobrepasarse este valor.

Contenido de humedad

En general el encolado debe hacerse con una humedad del $12 \pm 3 \%$,

UNIONES DE CANTO



contenido que se considera óptimo. Se debe evitar además que haya diferencias de humedad muy grandes entre las piezas que han de juntarse. Esto no significa, sin embargo, que no se puedan conseguir juntas satisfactorias con porcentajes de humedad muy grande. De todas formas, cuanto mayor es la humedad más posibilidades hay de que resulte mal el

encolado. La humedad no debe superar en ningún caso el 20 %.

Orientación de la junta

En elementos sometidos a flexión se pueden hacer los dedos con el perfil visible en el grosor o en la cara ancha de la pieza. Los ensayos han demostrado que en el primer caso se consigue algo más de resistencia. Sin embargo, con un número razonable de dedos, no hay diferencia apreciable. Generalmente las necesidades de fabricación y la no resistencia son las que imponen la orientación de los dedos.

Defectos en las juntas

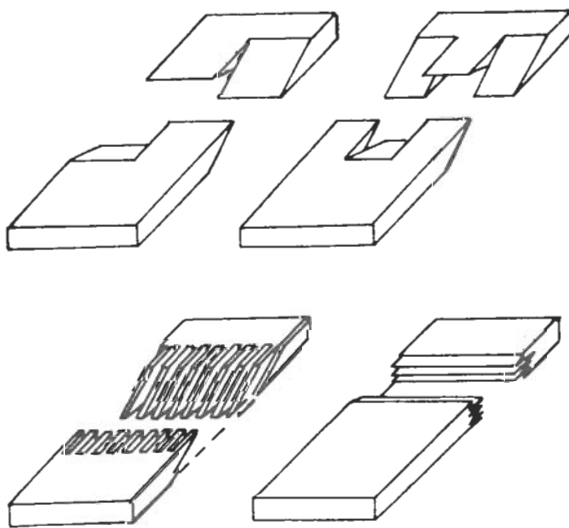
Los defectos, y particularmente los nudos, son los principales causantes de disminución en la resistencia de la junta. Un nudo grande en los dedos puede reducirla en un 50 %. Por ello es preciso excluirlos siempre.

III. Comportamiento exigido. Clasificación de usos.

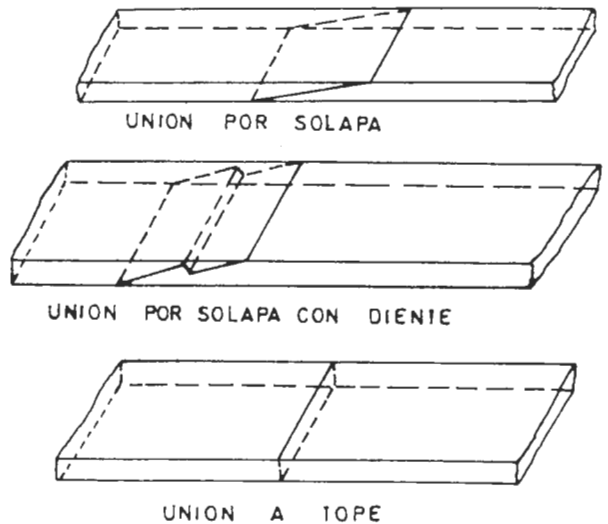
A. Madera para estructuras

La norma BS. CP 112 : 1967, «El uso de madera en estructuras», establece las condiciones para cuatro grados de resistencia. Estos grados suponen que se emplea madera con ciertos porcentajes de resistencia re-

UNIONES POR DEDOS



UNIONES DE TESTA



feridos a un material perfecto de las mismas dimensiones y especies. Así los grados son maderas que tienen 75, 65, 50 y 40 % de la resistencia de la madera sin defectos. Se deduce por tanto que si se usan juntas por dedos en maderas clasificadas por resistencia, la junta no debe romperse por debajo del nivel requerido para la pieza en la que se encuentra. Por ello las juntas por dedos podrán utilizarse en elementos estructurales cuando tengan una eficiencia de más del 40 %, según el grado de la madera.

B. Madera laminada para estructuras

Los grados para madera laminada están también en la CP 112 y se designan LA, LB y LC. El procedimiento para diseñar estructuras de madera laminada es distinto que para madera maciza.

Las razones de resistencia de los elementos laminados depende del grado y número de piezas encoladas, y en el caso de elementos sometidos a flexión, la razón de resistencia de cada pieza laminada varía con su posición en la sección. Por tanto, a diferencia de la madera aserrada, no hay un solo nivel de eficiencia asociado con cada grado. En la práctica, sin embargo, las razones de resistencia equivalentes que pueden tomarse son 85, 75 y 65 % de la materia ideal. Se deduce, por tanto, que las juntas por dedos que se empleen en laminación deben ser capaces de desarrollar esas resistencias.

C. Carpintería semi-estructural y portante

La distinción entre elementos estructurales y elementos de carpintería no es muy clara. Así algunos tabiques, que pueden ser semi-estructurales requiriendo cierta apariencia, no pueden clasificarse en ninguno de los dos grupos. Los largueros de las puertas, que no se apoyan en otros materiales y que deben resistir cargas, pertenecen a esta nueva categoría. Sin embargo, en las puertas planas, los largueros se apoyan en los tableros que las cubren, por lo que pertenecerán al grupo D.

Las uniones por dedos pueden usarse para este tipo de carpintería, debiendo tener al menos la resisten-

cia exigida para la madera libre de defectos considerada aceptable para la obra.

D. Madera no estructural y carpintería no portante

Las condiciones principales de una junta son que el elemento se mantenga coherente y rígido durante la colocación y que no se vea a través de la pintura o barniz. Generalmente la resistencia exigida para elementos de este tipo se consigue fácilmente con una junta que tenga una eficiencia del 25 %, pero puede ser deseable que no haya separación en los extremos de la junta. Generalmente, las juntas desarrollan su máxima resistencia cuando hay contacto íntimo entre los lados de los dedos, y para asegurar esto, en la práctica se deja una pequeña separación en la punta de los dedos. En carpintería hay que evitar esta separación.

Condiciones de comportamiento

El comportamiento de la junta depende del uso particular y del grado de la madera que se use. Además de ciertas condiciones visuales, exigibles en carpintería, es conveniente considerar la eficiencia de la junta en comparación con una pieza de madera sin defectos y sin juntas de las mismas dimensiones y especie. La eficiencia se puede determinar con las pruebas indicadas en el capítulo V. Los mínimos exigibles se recogen en la Tabla I.

IV. Métodos para conseguir el comportamiento necesario.

El comportamiento exigido sólo puede obtenerse con un control correcto de materiales y métodos de manufactura, usando un perfil adecuado para la aplicación que se realice.

A. Materiales

1. Madera: Para elementos estructurales, laminados o semi-estructurales, la madera debe ajustarse a las especies y calidades prescritas por la norma CP 112 citada. Para carpintería, en la que la resistencia de la junta no es de importancia primordial, se debe seguir la norma BS 1186, también citada. Aunque se admitan nudos en la madera aserrada, en los dedos no se pueden permitir nudos de más de 1/4" (6,35 mm.).

En una longitud de 6" (152,4 mm.) desde la base de los dedos, los nudos no deben estar a una distancia de la misma menor que el doble de su diámetro.

El contenido de humedad de la madera debe oscilar en un intervalo de ± 3 % alrededor de la humedad de equilibrio higroscópico en el lugar de colocación del elemento que lleva las uniones. En ningún caso debe superar el 20 %.

2. Adhesivos: El tipo de cola debe seleccionarse de acuerdo con las condiciones a que va a ser sometida la junta.

a) Urea-formol: Las colas de urea-formol deben cumplir las condiciones del Tipo MP de la norma BS 1204, Parte I: «Adhesivos de resinas sintéticas para madera (fenólicas y aminoplásticas). Adhesivos con capacidad de llenado de huecos». Son adecuadas generalmente para condiciones interiores y para algunos tipos de carpintería exterior, tales como marcos de ventana, que van protegidos por pintura o por otros recubrimientos. Sin embargo, en este caso se debe obtener garantía del fabricante de la cola sobre si la formulación es adecuada para dicho empleo y sobre la duración de la junta.

b) Resorcinol y fenol: Estas colas deben cumplir las condiciones del tipo W B P de la norma BS. 1204. En general son utilizables en interiores y exteriores, pero suelen ser más caras.

c) Emulsión de acetato de polivinilo: Algunas fórmulas de colas de A P V son aceptables para aplicaciones no estructurales y para carpintería, cuando no han de estar a la intemperie o se protegen contra la humedad con un revestimiento adecuado. Las propiedades de estos adhesivos varían mucho y sólo las marcas garantizadas deben emplearse.

B. Manufactura

Es esencial seguir métodos correctos para conseguir perfiles adecuados y eficientes.

1. Preparación de la junta: Las herramientas empleadas para obtener el perfil deben mantenerse bien afi-

ladas para obtener una superficie limpia, sin comprimir ni dañar de otro modo las fibras de la madera.

El ajuste de la junta debe ser tal que las superficies correspondientes estén en estrecho contacto a todo lo largo de los dedos. Se pueden admitir pequeños huecos en juntas de elementos estructurales y en todos aquellos en los que no estropeen el aspecto de la junta, con tal que no excedan de 1/10" (2,54 mm.) o del 5 % de la longitud del dedo más corto. La presencia de un hueco indica que los dedos están acuñados y que la cola ejerce su función adhesiva. En la práctica los huecos deben llenarse con cola.

2. Encolado: Al encolar, las superficies de los dedos deben estar limpias de grasa, polvo, resina y cualquier otra sustancia que dificulte la función del adhesivo. La cola debe usarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante y debe aplicarse a los dedos por sus puntas. Se puede extender con brocha, pistola, disco extendedor o cualquier otro instrumento adecuado de modo que se consiga una distribución uniforme sobre una de las dos superficies que deben unirse. Si se aplica bien la cola, al juntar las piezas se producirá rebaba lateralmente. Para obtener una buena junta suele ser preciso aplicar una presión superior a 200 lb/in² (14 Kg/cm²) de sección de testa en maderas de resinosas y más de 300 lb/in² (21 Kg/cm²) en maderas de frondosas. De todas maneras hay que evitar las presiones excesivas que pueden astillar los dedos en su base. El tiempo de prensado puede ser muy corto, ya que el efecto de acuñado de los dedos es suficiente para que se pueda manejar la pieza en seguida, consiguiéndose el fraguado total en el almacén. Sin embargo, si la pieza juntada ha de ser mecanizada inmediatamente, será preciso usar calor exterior para acelerar el fraguado.

C. Perfil de la junta

El perfil sólo puede determinarse mediante ensayos reales, tales como los descritos en el apartado V, o después de usarlo con éxito mucho tiempo.

Aunque las juntas con dedos visi-

Aplicación	U S O	Eficiencia de la junta, %
Estructural.....	75 grado CP 112	75
	65 » CP 112	65
	50 » CP 112	50
	40 » CP 112	40
Laminado.....	LA grado CP 112	85
	LB » CP 112	75
	LC » CP 112	65
Semi-estructural y portante.....	Tarimas; carpintería portante; elementos de carpintería no apoyados.	40, o lo requerido por cada uso particular
No estructural.	Carpintería apoyada, embajajes, etc.	25

TABLA I

bles en el grosor de las piezas tienden a ser ligeramente más fuertes que aquellas que llevan los dedos en la anchura, la diferencia es relativamente pequeña y la orientación de los dedos debe determinarse según las condiciones de producción. Se han probado varios perfiles en el FPRL y en otros laboratorios nacionales sobre piezas de distintas dimensiones. Se deduce de estas pruebas que las juntas en piezas hasta de 2" (50,8 mm.) de grosor y hasta de 6" (152,4 mm.) de anchura, hechas de acuerdo con la Sección II pueden tener las eficiencias citadas. El comportamiento peor se encuentra en grosores mayores de 2" (50,8 mm.) y anchuras mayores de 6" (152,4 milímetros). Tabla II.

TABLA II

Perfil del dedo			Eficiencia en la Flexión
Longitud mm.	Pendiente mm (Longitud de la hipotenusa)	Anchura de la punta, mm.	
60	115,0	2,7	80
55	12,5	1,5	75
50	12,0	2,0	75
40	9,1	1,0	65
40	10,0	1,6	60
35	12,0	2,7	45
30	6,5	1,5	55
30	11,0	2,7	50
25	10,0	2,0	35
25	6,5	1,5	45
25	5,0	1,5	50
20	8,0	2,0	30
17,5	7,0	2,5	25

Se puede suponer que si se utilizan perfiles y técnicas de fabricación prescritos en la norma BS. 1186 se obtendrá una junta aceptable.

V. Métodos de ensayo.

a) General

Antes de usar un perfil determinado o un sistema de unión por dedos conviene comprobar si la junta cumple con las condiciones de trabajo de la pieza en la que va. Esto puede hacerse mediante ensayos de resistencia en una muestra aleatoria de juntas tomada de la producción ordinaria, sometiénolas a pruebas de flexión sencillas. Así determinará si un perfil particular con una técnica de fabricación concreta puede producir una junta aceptable. Además conviene realizar ensayos regulares de control de la producción para asegurarse de que la resistencia de la junta no desciende por debajo del nivel requerido. Esto último puede ocurrir por embotado de las herramientas, contaminación de la cola, exceso de humedad en la madera, etc. Existen pruebas sencillas para realizar este control.

b) Ensayos para determinar la eficiencia de la junta

1. Generalidades: Uno de los métodos más sencillos para determinar la eficiencia de una junta es comparar la resistencia a la flexión de piezas de la misma especie de madera y de las mismas dimensiones con junta y sin ella. Tales pruebas se pueden aplicar directamente en vigas. Aunque en piezas laminadas es de-

seable un ensayo de tensión, éste presenta tales dificultades prácticas que es preferible hacer el de flexión.

2. Eficiencia: La resistencia de una junta de testa depende de tantos factores que, para obtener coeficientes de eficiencia de aplicación general, es necesario realizar un extenso programa de ensayos. Sería poco práctico demorar la introducción de un determinado tipo de junta hasta que se hubiera hecho totalmente. En relación con una aplicación específica, usando un método comercial de fabricación, se puede hallar la eficiencia del modo siguiente.

El número de probetas requerido variará de acuerdo con la exactitud exigida y la variabilidad encontrada. Como orientación se sugiere que se tomen dos grupos de 15 probetas. Uno de ellos contendrá juntas de testa en el centro de su longitud; el otro, que servirá de control, será de piezas de las mismas dimensiones y especie, pero sin defectos. La selección se hará al azar tomando sólo una muestra con junta y otra sin ella de cada pieza elegida. Una parte de cada probeta con junta debe girarse para tener la certeza de que no hay alineación de los anillos de crecimiento. Se recomienda que, cuando sea posible, las probetas tengan las dimensiones de aplicación.

3. Preparación de las juntas: La madera tendrá el contenido de humedad al que normalmente se junta, registrándose previamente, comprobando que se mantiene a lo largo del ensayo. Todas las juntas se encolarán dentro de las 24 horas siguientes al paso por la tupí. Si se puede, las juntas deben hacerse con máquinas corrientes. La técnica del encolado se anotará y se preparará un croquis acotado del perfil.

4. Contenido de humedad: Todas las pruebas deben hacerse con un contenido de humedad uniforme. Para poder hacer comparaciones conviene que se trabaje siempre con un 18 % en piezas de madera maciza y con un 12 % en piezas laminadas. Antes de iniciar el ensayo, los dos grupos de probetas deben acondicionarse a la humedad adecuada. Incluso aunque se suponga que las piezas tienen ya la humedad adecuada se debe dejar

Reunión del Comité de Dirección del Sello de Calidad I. F. A.

El día 30 de enero se reunió el Comité, bajo la Presidencia de D. Emilio de Pablos.

Se acordó la concesión del Sello de Calidad I. F. A. a Esteban y Bartolomé, S. A., por la homologación de sus puertas planas 1-07.

En tableros contrachapados se aplicaron las siguientes homologaciones:

3-05 I ● 3-05 S. E.

Eliseo Estrada

3-06 I ● 3-06 S. E. ● 3-06 R. A. H.

La Aeronáutica, S. A.

3-07 I

Belloch y Castellano, S. R. C.

3-08 R. A. H.

Song Alena

pasar 72 horas entre el encolado y la prueba.

Las probetas deben ser lijadas o cepilladas, si es preciso, para que tengan unas dimensiones uniformes, pesándolas inmediatamente antes del ensayo.

5. Métodos de ensayo: Las probetas deben apoyarse dejando un vano de 12 veces su grosor. Por ejemplo, una muestra de $2 \times 4"$ ($50,8 \times 101,6$ milímetros) al cepillarla quedará con una sección de $1 \frac{3}{4} \times 3 \frac{3}{4}"$ ($44,45 \times 95,25$ mm.); el vano para el ensayo será: $12 \times 3 \frac{3}{4} = 45"$ (1143 mm.). Las probetas se cargarán en tres puntos por medio de zapatas con superficies de contacto curvas, de radio no mayor de 1,5 veces el grosor de la probeta. Los apoyos de los extremos permitirán condiciones de «libre sustentación».

Se registrarán las flechas que se van produciendo para dibujar la curva carga-flechas y obtener el módulo de elasticidad. La velocidad de descenso de la carga será tal que la tensión en la fibra extrema varíe a razón de $0,002$ in/in/min ± 25 %. Con una carga en tres puntos se tendrá

una velocidad de descenso de

$$5 z^{12}$$

$$H = \frac{1}{27 d}$$

siendo 27 d

H: velocidad de descenso de la carga en pulgadas/minuto.

Z: velocidad aumento de tensión en la fibra extrema

l: vano en pulgadas

d: anchura de la viga en pulgadas

$$\text{Si } z = 0,002 \text{ in/in/min y } \frac{1}{d} = 12$$

$$H = 0,00444 l \pm 25 \%$$

6. Resultado del ensayo: La carga máxima y el tipo de rotura deben anotarse. Después se obtendrá el contenido de humedad a partir de una muestra tomada lo más próxima a la rotura que se pueda. Se obtendrán el módulo de rotura, el módulo de elasticidad, el peso específico nominal y el contenido de humedad en la fabricación y en la prueba en las probetas con junta y en las que no la llevan.

El procedimiento descrito se aplica lo mismo a aquellas juntas en que el perfil es visible en anchura que a las que lo tienen en grosor.

La eficiencia se obtiene dividiendo la resistencia media de las probetas con junta por la de las que no llevan, multiplicando por cien.

C. Control de calidad

1. Generalidades: Las juntas se elegirán al azar en cada turno de producción, a intervalos regulares.

Los resultados de los ensayos se promediarán, acumulando los datos de cinco muestras consecutivas como mínimo. Se deben tomar como antes el mismo número de piezas sin junta que con ella.

2. Métodos de ensayo: El método de ensayo debe ser análogo al explicado.

3. Resultados: La eficiencia se determinará como sigue:

$$\text{Eficiencia de la junta} = \frac{\text{media de probetas con junta}}{\text{media de probetas sin junta}} \times 100$$

No debe ser menor que la eficiencia supuesta para la aplicación que se desea.

(Este documento fue presentado por la Delegación inglesa en las reuniones del Comité Técnico de la C.E.I. Bois en París, noviembre de 1968.)