

ÍNDICE:	Página
PRESENTACIÓN.....	7
PRÓLOGO del Autor	10
1.- Carpintería de armar. Armaduras de madera. Generalidades	11
2.- Bases de cálculo. Construcción de cubiertas de madera. Generalidades	14
3.- Bases de cálculo. Elementos de las cubiertas de madera	34
4.- Bases de cálculo. Estudio	36
5.- Tablas de esfuerzos máximos en los pares	42
6.- Clase de madera a emplear	57
7.- Escuadrías más convenientes	59
8.- Tablas de escuadrías para cada cercha	60
9.- Disposición de los elementos de las cerchas. Uniones	120
9.1.- Empalmes tradicionales en carpintería de taller	124
9.2.- Ensamblados tradicionales en carpintería de taller	128
9.3.- Ensamble brochalado en carpintería de armar	133
9.4.- Uniones en las armaduras de madera para cubiertas	134
9.4.1.- Empalmes	134
9.4.2.- Ensamblados	136
9.4.3.- Acoplamientos	140
9.4.4.- Medios auxiliares para unión de maderas	141
9.4.5.- Trazado y cálculo del ensamble Par/Tirante	147
9.5.- Cálculo del cuchillo o cercha	150
9.5.1.- Elementos de madera	150
9.5.2.- Elementos metálicos	151
10.- Cálculo personalizado a un ejemplo concreto de cubierta: cercha y entra	152
10.1.- Cálculo del entramado en ejemplo fig. 17-A	152
10.1.1.- Listones	152
10.1.2.- Cabios	154
10.1.3.- Correas	155
10.1.4.- Cumbre	156
10.2.- Cálculo del cuchillo en ejemplo fig. 17-A	157
10.3.- Cálculo del peso propio de la cercha en ejemplo fig. 17-A	161 y 163
11.- Ampliación sobre disposiciones de las cubiertas	167
12.- Protección de la madera en las cubiertas	173
12.1.- Intemperismo	173
12.2.- Hongos xilófagos	174
12.3.- Insectos xilófagos	175
12.4.- Taladradores marinos, (Moluscos o Crustáceos)	178
12.5.- Protectores preventivos y curativos de la madera, de orga. Xilófagos	179
12.6.- Protección de la madera contra el fuego	181
13.- ANEXO apartado 10: Coste orientativo en ejemplo fig. 17-A	182
14.- ANEXO apartado 7 y 8: Uso de madera comercial aserrada y cepillada	195
15.- ANEXO : Valores trigonométricos de las funciones Seno, Coseno y Tang	200

(Bibliografía consultada, en página 203)

PRESENTACIÓN

Este libro nace, como explica su autor, como Apuntes, basados, no en la experiencia universitaria, sino en la práctica profesional. En su estado actual de jubilado ha juzgado necesario evitar que esos conocimientos y experiencia no se pierdan. El trabajo consiste, por tanto en la "puesta en limpio", ordenación y revisión de esos apuntes de campo, conservando esa frescura, pero también ese cierto desorden, propio de ese formato. Este trabajo de revisión se ha realizado entre 2012 y 2014. Además de la conservación y transmisión del "saber hacer" y el porqué del cómo" como gusta decir Pueyo el libro propone unas bases para la normalización de este tipo estructural tan conocido y utilizado.

En España abundan las cerchas de madera, especialmente en las zonas con abundancia de ésta como por ej. Cuenca (donde se emplea el pino laricio), Prineos y Soria (donde se emplea el pino silvestre donde la madera aserrada era tradicional ejecutarla en bruto, es-cuadrada, con tabloncillos tal como salen de la sierra en escuadrías comerciales prefijadas.

El elemento estructural típico de la estructura de cubiertas es la cercha o cuchillo, constituido por un conjunto de piezas de madera unidas por sus extremos, dispuestas de tal forma que se reparten mecánica y estáticamente entre ellas, los esfuerzos resultantes del peso propio del tejado (incluyendo su entramado de correas, cabios, ...) y de las sobrecargas, como la presión del viento y el peso de la nieve.

El libro comienza, como es natural, estudiando la cercha y sus componentes, junto con un análisis de su comportamiento estructural, así como sus detalles constructivos característicos.

Dado que este trabajo se dirige a una cierta normalización de las secciones de las distintas piezas de la armadura de la cercha en diversas hipótesis, se elige un tipo único de cercha que, además de ser de sencilla construcción, sea de muy frecuente uso. Condiciones que reúne la cercha a la española sin reforzar, centrada, a dos aguas, que elegimos como normal y que está constituida por dos pares simétricos, un tirante, un pendolón y uno, dos o tres pares de tornapuntas (subdividiendo a los pares y marcando la situación de las correas) y los tirantillos (barras de acero) que puedan ser necesarios.

Se considera una estructura triangulada que cumple el supuesto de que las cargas se aplican en los nudos, quedando las barras únicamente sometidas a fuerzas axiales de tracción o compresión siempre que en los nudos en los pares (correa-tornapunta-tirantillo) los ejes se corten en un punto, de manera que no se presenten excentricidades que ocasionen momentos secundarios. Es decir, se considera que las cargas se concentran sobre los nudos y el encuentro de los pares y el tirante hay que hacerlo de tal forma que descansen, en parte al menos, sobre el firme de apoyo o coincidiendo en un punto los ejes del muro de apoyo con el ensamble del par con el tirante.

El presente trabajo se centra fundamentalmente en el estudio estructural tradicional empa-rado en un análisis complementario estático, mecánico y tecnológico.

Determinado ya el tipo de cercha, el cálculo de la misma depende de los siguientes datos:

1º. Naturaleza de la cubierta, incluyendo la sobrecarga y el peso propio del entramado.

2º. Luz entre muros o apoyos puntuales.

3º. Inclinación de la pendiente

4º. Separación entre cerchas

Estos datos, junto con el tipo de cercha, representan cinco variables que proporcionan un amplio número de soluciones que se reduce, para cada caso, considerablemente, pues la luz entre apoyos, la inclinación de la pendiente y la naturaleza de la cubierta se eligen

a priori, es decir, el número de tornapuntas (y el de correas) es casi una función de la luz cubrir entre los apoyos.

Dar una extensa gama de valores a cada una de estas cinco variables representa una gran complejidad para el número de modelos resultantes, lo cual se evita dando a cada una de las variables un número reducido de valores que permita, no obstante, cubrir la mayoría de los casos que se puedan presentar en la práctica. Como consecuencia de lo anterior resultan las tablas que se incluyen y que son características de este trabajo y con las que se buscan una cómoda y fácil normalización de escuadrías seguras en las barras de la cercha.

Para calcular la cercha, a partir de las cinco variables mencionadas, se dibuja esquemáticamente la armadura y se aplica la carga que corresponda sobre cada uno de los nudos. Dicha carga equivale a la superficie cargada sobre cada nudo, esto es, distancia entre los nudos multiplicada por la separación entre cerchas y luego por la carga unitaria que se adopte, según el material de cubierta, incluyendo el entramado y la sobrecarga.

De esta forma se determinan las fuerzas exteriores debiéndose descomponer estas fuerzas que conduce al esfuerzo producido en cada barra. Conocidos éstos (de tracción o compresión) se calculan las secciones correspondientes. El método empleado es el de Cremona, o método de los nudos que conduce a comprobar que la barra del par más próxima al apoyo es la más solicitada. Al cumplir con ésta, y con el fin de simplificar, se cumplen las del tirante y el pendolón y, proporcionalmente, las de los tornapuntas: en toda cercha las escuadrías del tirante y el pendolón son las mismas que las de los pares. Las de las tornapuntas son las resultantes de serrar a un hilo por tabla, las escuadrías de los pares.

Sin embargo en este trabajo todas las tablas se rigen, no por el método de Cremona, sino por una fórmula directa operativa que se encuentra por encima de la seguridad del mencionado método.

Se desarrollan a continuación una serie de tablas que definen los esfuerzos máximos en los pares en función de luces, separación, inclinación y cargas, basándose en la fórmula tradicional mencionada.

Le siguen una serie de tablas que determinan las longitudes de los pares en función de distintos ángulos, número de tornapuntas y luces a salvar, y otras para la determinación de las escuadrías comerciales para los pares (con su justificación previa) dependiendo de la luz, inclinación y separación de las cerchas.

Aquí termina la parte principal de los Apuntes, comenzando una segunda parte centrada en aspectos constructivos: uniones (fijaciones, empalmes, ensambles, acoplamientos). Le siguen las distintas disposiciones y tipos de cubiertas, protección de la madera y coste de la cercha y del entramado.

Para rematar el libro, el autor ha quedado añadir un interesante anexo sobre el aserrado de la madera según el estado del arte del momento en el que nos movemos, 1965.

El libro está pensado para prescriptores, especialmente calculistas de estructuras. Hay que hacer, sin embargo, una anotación importante.

Dado que el libro se sitúa en 1965 es preciso recordar expresamente que el Autor emplea para el cálculo estructural el método de las Tensiones Admisibles.

Actualmente este método ha sido desplazado por métodos de Estados Límites y el uso de

Coeficientes Parciales de Seguridad, basados en conceptos estadísticos (véase Notas del Editor en las páginas 19, 33 y 58).

La información relativa al cálculo estructural se mantiene íntegra para preservar el conocimiento aplicado -que precisamente es uno de los objetivos del libro- en un momento concreto del desarrollo de esta disciplina, con todos sus valores tanto positivos como negativos (algunos se han mantenido, otros han evolucionado). Un método que, desde luego ha dado sus frutos, materializados en un gran número de estructuras en activo que han cumplido sobradamente sus expectativas ya que muchas siguen en servicio, tras haber sido sometidas a condiciones muy variables y, en ocasiones, extremas (véase el caso de terremotos).

En efecto, comprobamos que el cálculo de estructuras ha seguido evolucionando y afinando los modelos a los que conduce y en la actualidad, en nuestro país, tras la etapa de las NBE se encuentra vigente el Código Técnico de la Edificación (entre otros los documentos DB SE; DB SE-AE; DB SE-M Y DB SI).

Por otra parte, las nuevas exigencias en resistencia al fuego, cargas y metodología pueden derivar en dimensionados estructurales admisibles en los años 60 y 70 pero que no son aceptables en la actualidad.

1.- CARPINTERÍA DE ARMAR. ARMADURAS DE MADERA. GENERALIDADES

La rama de la carpintería denominada de armar u "obra de afuera", comprende la construcción de armaduras para cubiertas, vigas armadas, cimbras, puentes, pisos de madera, y entramado verticales. Difiere, además, de la carpintería de taller en el empleo muy generalizado de la madera en bruto, escuadrada, pero empleando los tablones tal como salen de la serrería. A veces la madera escuadrada de sierra presenta alabeamientos y conviene compensar al marcar las estructuras, al objeto de que los diversos ensambles ajusten perfectamente. Este defecto se subsanaría labrando la madera previamente, perdiendo sección y encareciendo el trabajo.

La estructura elemental de los tejados la constituye un entramado de madera, en el caso que nos ocupa, dispuesto de forma que la superficie determinada por aquél defina la posición inclinada que, para facilitar su desagüe, sea conveniente.

El órgano típico de la estructura de madera de la cubierta es la cercha o cuchillo, constituido por un conjunto de piezas de madera unidas por sus extremos entre sí y dispuestas en tal forma que se repartan mecánicamente entre ellas los esfuerzos resultantes del peso propio del tejado y de sus sobrecargas. Ver figura 1, descripción gráfica genérica de la estructura de madera que vamos a considerar en este estudio que corresponde a una cubierta a dos aguas de planta rectangular con cercha tipo americana o española. La fig. 2 representa una cubierta Sheds o en diente de sierra, variante de la anterior, con la modificación de una vertiente.

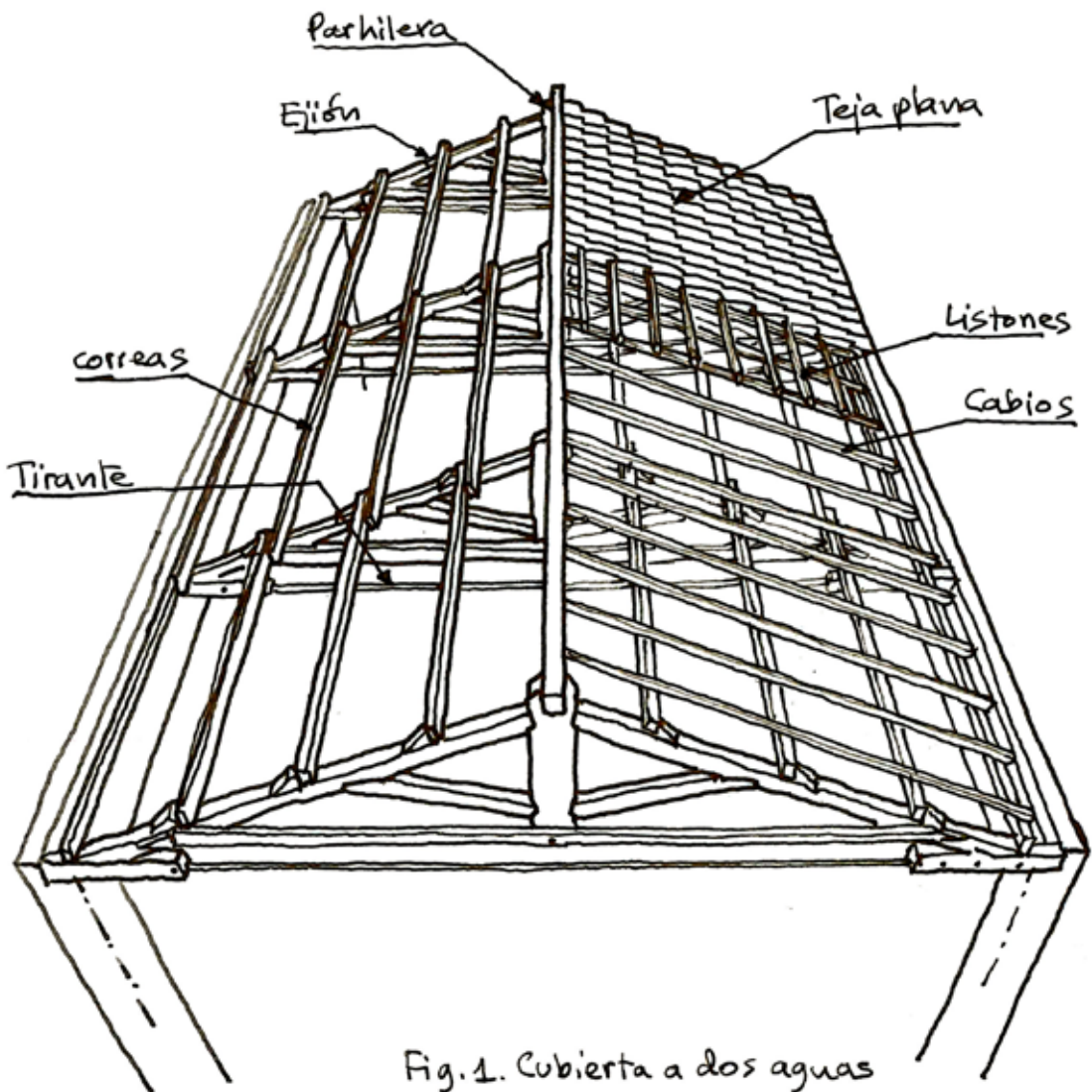
El cuchillo elemental de madera es el que representa la figura 3, formado por dos pares (P), dos tornapuntas (t), un pendolón (p) y un tirante (T); cuando se trata de luces mayores o conviene, por un motivo u otro, reducir la luz de los tramos en que los tornapuntas subdividen los pares, se introduce en el cuchillo otros tornapuntas (t') al mismo tiempo que unos hierros de suspensión (h) del tirante aplicados precisamente en los puntos en que éste recibe la presión de los nuevos tornapuntas; porque los pares trabajan a flexión, el pendolón y el tirante estirados y los tornapuntas comprimidos. Todas estas piezas que forman el cuchillo o cercha, se ensamblan entre sí según los detalles que acompañan a la figura 3, estableciéndose además en algunos puntos, como en la unión de las cabezas superiores de los pares, refuerzos de petinas de hierro sujetos con tornillos de tuerca. El extremo inferior del pendolón no debe alcanzar jamás el tirante, al paso que la abrazadera de pletina de hierro que lleva aquél no tiene otro objeto que mantener pendolón y tirante en un mismo plano, impidiendo alabeos en el cuchillo. Como queda croquizado en la fig. 3, la situación de los empalmes de los pares sobre el tirante hay que hacerlo en tal forma que aquéllos descansan, en parte al menos, sobre el firme del apoyo o coincidiendo en un punto los ejes de pilar o muro de apoyo con el empalme de par y tirante, ya que de no ser así, la totalidad de la carga del cuchillo gravitaría sobre los extremos del tirante.

Los cuchillos o cerchas de madera se sostienen verticalmente mediante la clavazón de las correas que van de uno a otro sobre los respectivos ejiones; por ello, una vez montado el primer cuchillo de una cubierta sin muros testeros, es sostenido verticalmente mediante vientos hasta que queda montado y situado el segundo, procediéndose inmediatamente a la clavazón de las correspondientes correas que sostienen a ambos, y así sucesivamente; cuando se trata de grandes luces o distancias entre cuchillos, es preciso además arriostrar la cubierta mediante cruces en forma de aspa formadas con listones de madera y dispuestos en el sentido de las vertientes del tejado.

Los tablones que forman la cumbrera se empalman a media muesca en el anclaje que forma el extremo superior del pendolón, encaje que no suele tener, por este motivo, más que

Apuntes prácticos

un ancho de tablón; las correas del tejado se apoyan clavados dos a dos sobre los respectivos ejiones, excepto las inferiores que normalmente no van sobre ejiones, sino directamente sobre los extremos de los tirantes constituyendo las carreras. Este es el procedimiento más seguro para fijar una correa sobre un par, apoyándola contra el ejión el cual vá clavado de plano, o embarbillado, al par con el objeto de impedir el deslizamiento de la correa, figura 4. Debido a la gran longitud de tablón que forma el tirante, suele obtenerse mediante dos piezas empalmadas entre sí en la forma que se consigna en la figura 3 u otro empalme análogo.



3.- BASES DE CÁLCULO. ELEMENTOS DE LAS CUBIERTAS DE MADERA.

Tal como se ha indicado, las cubiertas consideradas en este trabajo, son armazones de madera sobre los que descansan los tejados, propiamente dichos, de un edificio.

Las distintas piezas que los componen, gráficamente ya indicadas (ver *fig. 1; fig. 2; fig. 12*), son :

CERCHAS O CUCHILLOS.- Armaduras que sostiene el tejado; van de trecho en trecho, y descansan sobre los muros longitudinales perimetrales o pilares de soporte.

Están formadas por las siguientes piezas:

- **Pares**, piezas inclinadas que forman la pendiente del tejado.
- **Tirante**, pieza que vá colocada horizontalmente, apoyándose por sus dos extremos en los muros o soportes laterales, y que impide la separación de los pares.
- **Falso tirante o contratirante**, pieza horizontal intermedia (*fig. 10*).
- **Pendolón o péndola**, pieza vertical que va desde la parhilera o cumbrera al tirante.
- **Tornapuntas**, piezas inclinadas destinadas a impedir la flexión de los pares.
- **Manguetas**, piezas verticales, con igual finalidad que los tornapuntas. (*Fig. 12*).
- **Tirantillos**, piezas de hierro y de sección redonda, destinadas a sostener el tirante.

ENTRAMADO.- Recibe este nombre el conjunto de piezas que unen los cuchillos, y sirven de apoyo al material de obra del tejado. Sus elementos son:

- **Parhilera o cumbrera**, es la viga superior que va ensamblada a los pendolones.
- **Correas**, las viguetas que van paralelas a la parhilera.
- **Cuñas de anaquel o ejiones**, las cuñas en que estriban las correas.
- **Cabios, cabrios o parecillos**, las viguetas que forman la pendiente.
- **Listones**, piezas que unen los cabios en sentido horizontal y sobre los que se colocan las tejas planas. Si se cubre con teja árabe, en vez de listones se pone una tabla, que recibe el nombre de tabla ripia.
- **Carreras**, piezas horizontales colocadas sobre los muros, en las cuales se fijan los cabios.
- **Limatesa**, pieza inclinada, dispuesta en la intersección de dos vertientes que forman ángulo saliente. (*Fig. 13 y 14*)
- **Limahoya**, viga inclinada que se coloca en la intersección de dos vertientes que forman ángulo entrante.
- **Cuadril**, pieza que va oblicua de un tirante a otro en los ángulos entrantes. (*Fig. 13*)
- **Aguilón**, pieza que va desde el ángulo del edificio hasta el cuadril en las cubiertas con faldón. (*Fig. 13*).
- **Jabalcón**, pieza similar a las tornapuntas, que sirve para triangular y mantener rígido un ángulo.
- **Cruces de San Andrés**, piezas formadas por otras dos que se cruzan en su punto medio. Se usan, en lugar de utilizar jabalcones y tornapuntas, entre las distintas cerchas que precisen de arriostramiento tomando como puntos de fijación los más altos y más bajos del pendolón. (*Fig. 13*).

CABALLETE.- Así se denomina el vértice que forma el pendolón con los cabios y los pares, (*fig. 13*). Llámase también caballete la línea superior del tejado. Y **NUDO DEL CABALLETE**, el punto de encuentro de tres vertientes de una cubierta (*fig. 13 y 14*).

HASTIAL.- Es la parte de la fachada de un edificio, terminada por las dos vertientes del tejado, (*fig. 15*), o por una en el caso de cubierta a una agua, (*fig. 16*).

ALERO.- Es el voladizo o saliente del borde inferior del tejado, que puede ser plano o en pendiente.

VERTIENTE.- Es cada uno de los planos inclinados de una cubierta.

FALDÓN.- Es la vertiente de forma triangular de un tejado (fig. 13 y 14).

CRUJÍA.- Es el espacio entre los dos muros o soportes de carga, a cubrir por las cerchas o cuchillos.

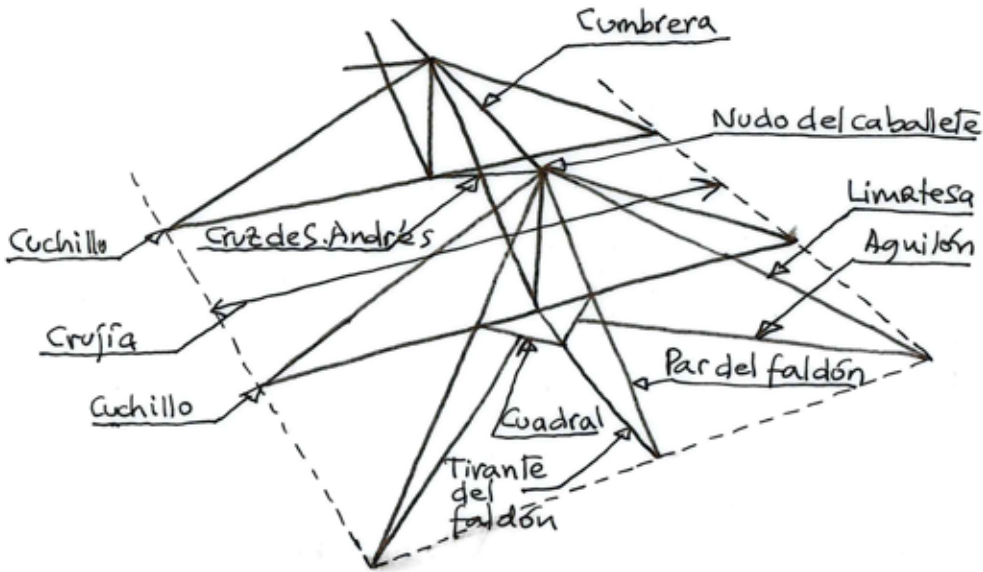


Fig. 13 Arriostramiento de una cubierta con faldón

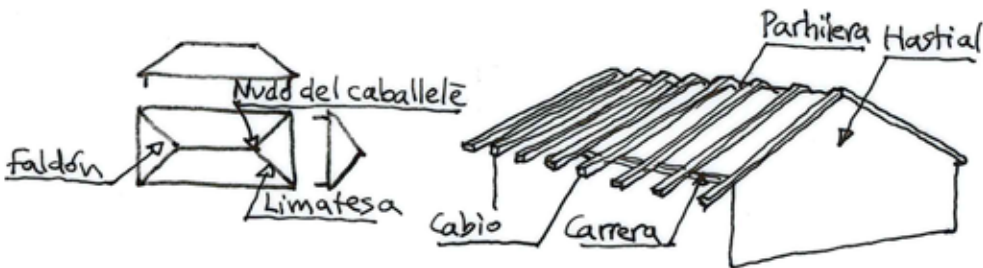


Fig. 14 Cubierta con faldones

Fig. 15 Cubierta sobre los hastiales



Fig. 16 Cubierta a un agua

Fig. 15 Cubierta a dos aguas

4.- BASES DE CÁLCULO. ESTUDIO.

Ya ha quedado descrito, que los cuchillos o cerchas tienen por objeto llevar, a los muros o pies derechos de apoyo, las cargas de la cubierta transmitidas por la parhilara o cumbrera y las correas.

El **cuchillo sencillo** (fig. 5), sin correas ni tornapuntas, suele usarse para luces de hasta seis metros.

El **cuchillo con dos tornapuntas y dos correas** (fig. 6), suele usarse para luces entre seis y ocho metros.

El **cuchillo con cuatro tornapuntas y cuatro correas** (fig.12), suele usarse para luces entre ocho y doce metros.

El **cuchillo con seis tornapuntas y seis correas** (fig. 7), suele usarse para luces entre doce y quince metros.

El **cuchillo a la Palladio** (fig. 10), se usa para luces mayores de doce metros y cada vertiente puede llevar tres o más correas, según la longitud del par.

El **cuchillo Polonceau** (fig. 8), su uso es el más apropiado para grandes luces y apto para resistir mucho peso. Puede ser con tirante quebrado, el de la figura, o con tirante horizontal.

El **cuchillo para cubiertas Sheds o en diente de sierra** (fig. 9 y 2), son útiles para naves en algunas industrias donde es indispensable disponer de mucha luz, bien distribuida y uniforme, para lo cual se cubre de cristales la vertiente más inclinada orientada hacia el norte para evitar la excesiva intensidad de los rayos directos del sol, captándose sólo una luz difusa que, en lo posible, garantiza la regulación de iluminación. El cuchillo en vez de apoyarse sobre un muro, se apoya sobre pilares.

El **cuchillo a la Mansarda** (fig. 11), con la combinación de cubiertas de escasa pendiente con otras muy inclinadas, tiene la ventaja en que permite establecer alojamiento formando un ático.

Dentro de este tipo de cuchillo o cercha de madera a la americana o española, (fig. 5, 6, 7 y 12), elegido para este estudio como "normal", se adoptan los modelos de uno, dos y tres parejas de tornapuntas, según la luz de las cerchas, encuadrándolos en los siguientes grupos, teniendo presente que normalmente, salvo excepciones, coinciden el nº. de tornapuntas con el de correas:

Un par de tornapuntas: Hasta 8 m de luz inclusive.

dos parejas de tornapuntas: De 8 a 12 m de luz inclusive.

tres parejas de tornapuntas: De 12 a 15 m de luz inclusive.

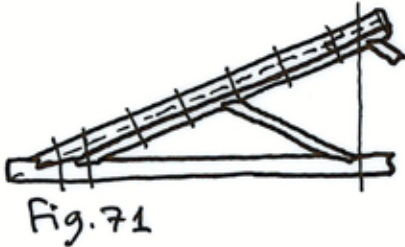
Para abreviar, designaremos en adelante estos tipos como de uno, de dos, o de tres tornapuntas, aludiendo al nº. de ellos que existe en cada mitad de la cercha, simétrica respecto al eje vertical. Normalmente como ya se ha anotado, el nº. de tornapuntas coincide con el de correas, denominándose también, a las cerchas tipo a la americana o española, de una, dos o tres parejas de correas.

Determinado ya el tipo de cercha, el cálculo de la misma depende de los siguientes datos:

1º.- Naturaleza de la cubierta.

2º.- Luz.

- PARES: El empalme, de necesitarse ya que no suele ser muy frecuente en los pares, puede ser a tope o a media madera, reforzado o no según las cargas. El punto de empalme no podrá estar en la mitad inferior del par, salvo en el caso de que el par lleve refuerzo de acoplamiento (fig. 71); irá colocado en la parte superior del mismo. Solo se admitirán un empalme.



- TIRANTES: El uso de empalmes suele ser corriente y se utiliza por costumbre el empalme a rayo de Júpiter (fig. 43 y 44, 45, 46, 66) debidamente reforzado con pasamanos dispuestos con los pasadores necesarios para soportar por sí solos los esfuerzos de tracción. Como ya se ha indicado, para las grandes estructuras es preferible efectuar el empalme a tope atendiendo a las figuras 69 y 70, y a sus explicaciones. Se admite un empalme en las luces de hasta 10 m, que irá colocado exactamente en el centro en la unión con el pendolón (fig. 3 y fig. 79). Para luces superiores se admiten dos empalmes que estarán colocados simétricamente y dentro del tercio central.

9.4.2.- ENSAMBLES.

Las piezas de madera que se unen formando un ángulo, (ensambles), en una cercha de madera se dan en la unión del par con el tirante; en la unión de los pares con el pendolón; en la unión del pendolón con el tirante; en la unión de los tornapuntas; en la unión de la parhilara o cumbre con el pendolón; en la unión de las correas con el cuchillo; y en la unión de los cabios, listones y tabla ripia.

En todos los ensambles se procurará que los planos de ensamble coincidan con las bisectrices de los ángulos que formen las caras de los elementos a unir. Si no fuera posible, se hará lo más aproximado que se pueda.

- Unión del par con el tirante, (fig. 72, A, B, C, D).- Es un ensamble de caja, espiga y barbilla. La inclinación del corte será la bisectriz del ángulo exterior formado por el tirante y el par; y su profundidad será aproximadamente de 3 a 6 cm. El largo del talón, trozo de tirante que queda libre, ha de ser al menos de 20 cm. La unión se refuerza con una abrazadera o con un perno o pasador de 20 mm de diámetro, cuya dirección ha de ser perpendicular al canto del par, y cuyas tuercas de sujeción encajarán en entalladuras dispuestas en los elementos, (grabado A).

En B, C, D, figuran otros tipos de ensambles muy resistentes.

Otras variantes son los ensambles de las figs. 73 y 74.

La disposición del cuchillo en su apoyo, tal como ya ha quedado dicho en este trabajo, debe ser tal que coincidan en un punto los ejes del pilar o muro, el par y el tirante. Esto sirve para las otras uniones que deban coincidir en un punto de apoyo.

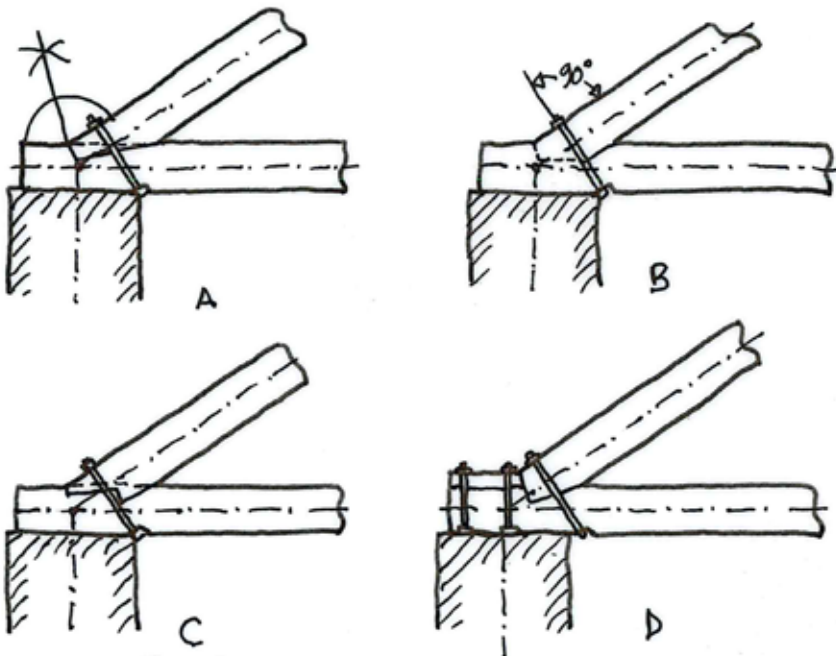


Fig. 72 Ensamble del par con el tirante

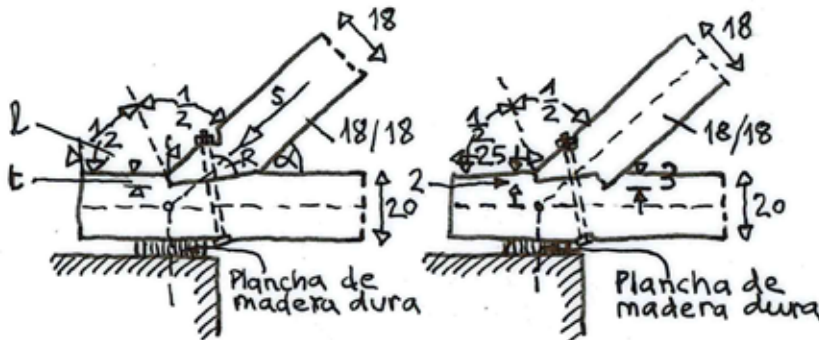


Fig. 73 Unión de jabalcón por espera sen cilla

Fig. 74 Unión de jabalcón por espera doble

- Unión de los pares con el pendolón, (fig. 75, 76).- El ensamble se hace a caja, espiga y barbilla, o bien a horquilla y barbilla. Para el refuerzo, se colocan dos pletinas de hierro, una por cada lado, sujetas con tornillos de tuerca o perno. La cabeza del pendolón tendrá com mínimo 20 cm.
Cuando la cabeza del pendolón no puede prolongarse lo suficiente, el embarbillado se hace en sentido contrario (fig. 77), y puede hacerse el refuerzo mediante un perno que alcance los pares y el pendolón.
Otra variante de la unión de los pares con el pendolón, es la fig. 78.
- Unión del pendolón con el tirante, (fig. 79).- El pendolón sujeta y aploma el tirante mediante una pletina que lo abraza, evitando que se arquee. Nunca ha de hacerse solidario el uno del otro.
- Unión de los tornapuntas, (fig. 1, 3, 12, 19).- Los tornapuntas se ensamblan con el

pendolón, con los pares y con el tirante, mediante caja, espiga y barbilla, pudiéndose reforzar con pletinas de hierro. El grabado de la fig. 80, muestra el detalle del ensamble del tornapunta con el pendolón.

- Unión de la parhilera o cumbrera con el pendolón, (fig. 75).- Para efectuar el ensamble, se abre en el pendolón una horquilla, sobre la cual descansa la cumbrera; la cual, si fuera bastante gruesa, para no debilitar el pendolón con una horquilla grande, se hará una entalladura a cada lado de las uniones. También la parhilera puede sobrepasar sobre el pendolón (fig. 81)
- Unión de las correas con el cuchillo, (fig. 82).- La manera más segura para fijar una correa sobre el par, consiste en apoyarla contra una pieza de madera llamada ejión, que se clava al par o se embarbilla ligeramente, con objeto de impedir el deslizamiento de la correa. También puede hacerse la unión con un perfil de hierro angular sujeto por medio de tornillos en el par y en la correa. La carrera (fig. 12), puede resolverse con una correa con su ejión que corresponda (fig. 81). En cuanto a las correas propiamente dichas, para no obligarnos a ejecutar empalmes para franquear varias cerchas con una sola pieza de correa, (los empalmes podrían hacerse de pico de flauta o de rayo de Júpiter, coincidiendo la unión sobre los pares), su colocación más práctica y usual es la superpuesta coincidiendo en el par, (fig. 1 y 2).
- Unión de los cabios, listones y tabla ripia, (fig. 1 y fig. 12).- Los cabios se colocan perpendicularmente sobre las correas, a la distancia establecida según la carga que deban soportar. Los listones se colocan perpendicularmente sobre los cabios, a la distancia que exija el modelo de la teja; de no colocar los listones, se coloca la tabla ripia formando una superficie continua. Todas las uniones dichas, van sujetas simplemente con clavos.