

ASIGNATURA: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.
PROYECTO DE EJECUCIÓN Y REHABILITACIÓN:

CASA-MOLINO DE ÁNGEL GANIVET Y DEL MARQUÉS:

Profesor tutor: Guillermo Rus Carlbog
Alumnos: Francisco Botella Juan, Manuel Abas allés

INDICE GENERAL DE LA MEMORIA:

CASA-MOLINO DE ÁNGEL GANIVET Y DEL MARQUÉS....

RECONOCIMIENTO DEL EDIFICIO.....

ACTUACIÓN.....

APEO DE URGENCIA.....

APEO SUPLETORIO.....

EJECUCIÓN DEL GRAPADO DE MUROS.....

**REFUERZO MEDIANTE RECRECIDO DE MURO
ANCLADO POR GANCHOS.....**

**USO DE ATIRANTADOS METÁLICOS PARA LA
CUBIERTA.....**

RECERCADO DE HUECOS EN MUROS.....

APEO MEDIANTE SISTEMA SOLDIER.....

PUNTALES TELESCÓPICOS DE ACERO.....

ACTUACIÓN.....

REPARACIÓN DE LA CIMENTACIÓN.....

REALIZACIÓN DEL APEO SUPLETORIO.....

**APEO DE ESTABILIZACIÓN DE LA FACHADA QUE DA A
LA VIA PÚBLICA.....**

REPARACIÓN DEL FORJADO DE MADERA.....

REPARACIÓN DE LA CUBIERTA.....

SUSTITUCIÓN DEL MURO DE PLANTA BAJA.....

**SUSTITUCIÓN DE UN MACHÓN DE LADRILLO DE
PLANTA PRIMERA.....**

**REHABILITACIÓN SOSTENIBLE EN LA RECUPERACIÓN
DE FORJADOS DE MADERA.....**

FICHAS EXPLICATIVAS DE PROYECTO.....

PLANOS GENERALES DE PROYECTO.....

ANEJO DE CÁLCULOS Y PRESUPUESTO.....

CASA-MOLINO DE ÁNGEL GANIVET Y DEL MARQUÉS

El presente trabajo correspondiente a la asignatura de Ensayos no Destructivos consiste en un proyecto de rehabilitación de un conjunto de edificaciones constituido por dos molinos y una serie de viviendas. Los molinos son seguramente de origen árabe y aprovechan el curso del agua de la acequia Gorda, que desciende en rápida pendiente del barrio: “barranco del abogado” de Granada.

La Casa-Molino de Ángel Ganivet corresponde a las cinco primeras viviendas de la calle. Son casas de dos alturas adosadas, entre medianeras, ordenadas en línea. Una cornisa separa las dos plantas y el alero. Los huecos están dispuestos rítmicamente, con una composición regular y sencilla. Por la parte de atrás, por donde discurre la acequia, se abren terrazas alargadas con baranda de hierro. Inicialmente se trataría de una sola vivienda siendo subdividida y prolongada con otras a comienzos de este siglo. Sobre el 14 existe un busto orlado y una placa alusiva al escritor y diplomático granadino que aquí vivió.

La Casa-Molino del marqués corresponde a los números 20-22. Se trata de un molino contiguo al de Ganivet hasta hace poco bien conservado, de interés como arqueología industrial. Una casa corresponde a la casa y la otra más grande al molino. Lo más interesante de la casa es su espalda, que abre a un patio sobre la acequia y entre los dos molinos muy pintoresco. La zona del molino tiene dos naves de distinta altura. Toda la compleja maquinaria estaba hasta hace poco casi intacta, ocupando la sala alta. Bajo ella varias bóvedas de cañón de piedra y ladrillo dejan pasar el agua, que mueve unas pesadas ruedas de madera. En la fachada que forma ángulo con el molino de Ganivet se instaló en 1965 un pilar de piedra enmarcado por pilastras de ladrillo y frontón triangular, como conmemoración del centenario del escritor.

RECONOCIMIENTO DEL EDIFICIO

Subsuelo: Cimentación ciclópea mediante zapata corrida. La capacidad resistente de la cimentación del edificio puede quedar afectada por alteraciones acaecidas en el subsuelo propio o en el de las edificaciones vecinas. El curso de la acequia Gorda por el molino puede haber generado desperfectos en la cimentación, que será interesante estudiar no sólo a través de sus efectos en los muros de carga, sino también mediante excavación directa. Es prioritario conocer su estado de cara a plantear cualquier base de apoyo en el sistema de apeos y establecer también las garantías de habitabilidad de los espacios en uso.

Sistema estructural: Es preciso conocer el sistema estructural con objeto de poder decidir las posibles alteraciones que supone ejecutar una obra e introducir un sistema de apeos

Forjados: El de la planta baja es un relleno apoyado sobre el abovedamiento de piedra que permite el curso de la acequia. El de la planta primera es un forjado formado por viguería de madera apoyada sobre durmiente y penetrando en el muro de carga a través de mechinales. Sobre la viguería se apoya una tablazón de madera de 4 cm de espesor. No existen rellenos. La luz máxima que soportan es de 5.50 m.

Previamente a la actuación es preciso reconocer no sólo el estado del forjado a apear sino el de los inferiores, al menos aquellos en los que se prevea descargar un elemento constructivo superior. Igualmente, se debe investigar la posible existencia de galerías ocultas que puedan quedar afectadas al descargar sobre el terreno natural.

Muros de carga: El edificio del molino presenta en su planta un muro de carga mixto de ladrillo aligerado con cajones de tapial, probablemente original, de 60 cm de canto. En planta primera el muro se transforma en unos machones de ladrillo de 50x50 cm que parecen proceder de una remodelación posterior. La vivienda del molinero, adosada al molino presenta también un sistema estructural de muros de carga y entramado de madera.

Los chequeos sobre el entramado de madera deben ejecutarse con la suficiente precaución para no aumentar su precariedad. En un muro entramado con su estructura leñosa dañada, las plementerías y revocos suplen de función estructural por lo que ha de evitarse un picado masivo del paramento, mediante la selección de los puntos más críticos previamente identificados: nudos de conexión entre carreras y pies derechos, apoyo de pies derechos en los dados de base...

Si los mechinales y horadaciones practicadas en el muro han de mantenerse para acometer los trabajos de reparación en un plazo indefinido, se dispondrá de placas o telas impermeabilizantes que garanticen la estanqueidad de la fábrica afectada y preserven la habitabilidad de la edificación.

Tabiquerías: Las tabiquerías ejercen un efecto de descarga y acodalamiento, con influencia en el sistema estructural del edificio, pudiendo provocar el cedimiento de fábricas, soportes o forjados al desaparecer alguna tabiquería que estaba actuando de apeo. Habrá que prever por tanto los pertinentes elementos de refuerzo que suplan las tabiquerías desaparecidas.

Cubierta: Muy afectada en algunos puntos de la edificación, con algunos desplomes. La estructura es de pares de madera y va atirantada en algunos puntos. Habrá que analizar los problemas de estanqueidad e instalar cubriciones provisionales.

Instalaciones: Por su uso como molino, el edificio está equipado con una maquinaria hidráulica, que será preciso conservar y reparar en su caso.

ACTUACIÓN

Se proponen varias actuaciones sobre el edificio del molino:

Realización de un apeo de urgencia con puntales telescópicos así como un apeo de estabilización de la fachada que da a la vía pública.

Realización de un apeo supletorio. El objetivo de éste apeo es la descarga de elementos estructurales para su sustitución y refuerzo. Una vez realizado se llevarán a cabo las siguientes obras:

- Recalce de zapata
- Sustitución del muro de la planta baja (muro de ladrillo con cajones de tierra) en mal estado por un muro de carga de ladrillo visto.
- Reparación del forjado de madera
- Sustitución de uno de los machones de ladrillo de planta primera
- Grapado de grietas
- Refuerzo del muro que da a C/ Cuesta de los Molinos
- Atirantado de la cubierta

APEO DE URGENCIA

En primer lugar se plantea cubrir el objetivo de realizar un apeo de urgencia. Dichos apeos tienen la misión de evitar un hundimiento imprevisto, o sus efectos y crear las condiciones de seguridad adecuadas para que los operarios puedan trabajar. Dadas las precarias condiciones de trabajo, los elementos deben ser de material ligero y rápida entrada en carga. Los **apeos telescópicos metálicos** son idóneos para esta fase de la actuación. En el forjado flechado se acorta su luz mediante una hilera de puntales telescòpicos. Bajo cubierta se instala un apeo enano formado por un pie derecho y una tornapunta sin apretar, lo que se denomina “a la espera”, trabados en cerrojo por un pasador y descargando sobre la línea vertical de puntales.

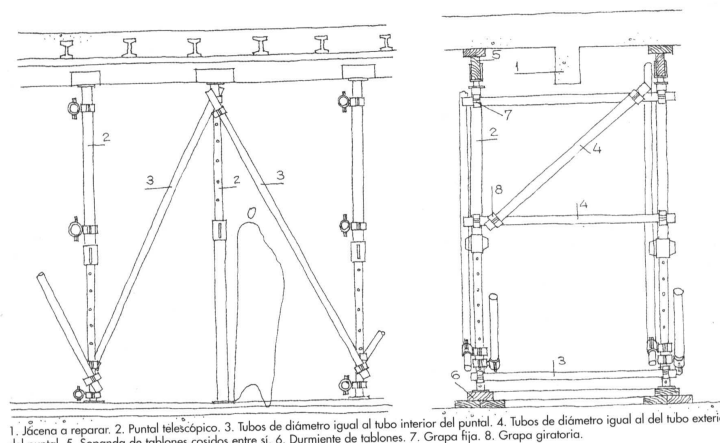


Fig. 3.1.b. Apeo mediante puntales telescópicos de acero y bridas fijas y giratorias de dos tipos de diámetros.

En las zonas de muro que hayan perdido sección por desprendimiento de piezas de ladrillo, conviene instalar otra tornapunta de poca altura, con la mínima inclinación, que evite el desmoronamiento del muro. Para contrarrestar el empuje horizontal en la base se ejecuta una cala en el terreno que permita introducir el durmiente e inmovilice la base de la tornapunta. El riesgo de caída al exterior de algún tramo de los canecillos sobre la vía pública es inminente, por lo que se debe acotar con vallas una zona de seguridad y, en una segunda fase, sustituir estas vallas por unos andamios con visera que permitan la circulación por el exterior sin peligro. Entre las siguientes operaciones se encuentra la instalación de un segundo orden de apeos, de ahí que se deba prever que los ahora instalados no dificulten o impidan la instalación y ubicación de los siguientes.

PUNTALES TELESCÓPICOS DE ACERO

Es uno de los recursos más utilizado en la ejecución de apeos. El más convencional está constituido por dos tubos de acero de distinto diámetro, cada uno de los cuales lleva en un extremo una placa cuadrada taladrada de reparto, cuyo lado oscila alrededor de los 15 cm. El tubo de menor diámetro se desliza por el interior del mayor, disponiendo de unos taladros equidistantes para alojamiento de un pasador, cuya función es la de servir de tope con el tubo de mayor diámetro, en forma tal que la altura total del puntal queda definida, en principio, por la posición del taladro elegido para introducir el pasador. El tubo de mayor diámetro dispone de una rosca en su extremo, en la que se acopla un manguito roscado con asas cuya misión es la de permitir el ajuste fino de la altura del puntal y su entrada en carga, ya que al girarlo presiona sobre el pasador, elevando el tubo de menor diámetro.

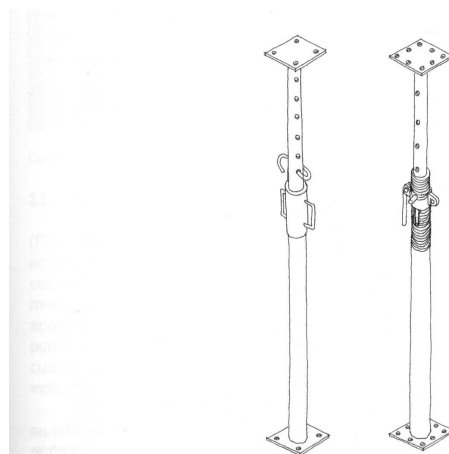


Fig. 2.3.1.a. Puntales telescópicos de acero.

Se comercializan normalmente dos tipos de puntales que se conocen por el diámetro del tubo mayor, que normalmente es de 48 mm o de 60 mm, fabricándose a su vez cada uno de ellos para distintos tramos de longitudes, de forma que es factible poder montar puntales telescópicos en alturas comprendidas entre unos 1,7 m y 5 m. En cuanto a la capacidad de carga, aunque depende de cada fabricante, puede estimarse que un puntal telescópico de tres metros de altura suele admitir una carga que oscila entre 10 y 25 kN. Un puntal de 48 mm extendido a una altura de dos metros puede admitir una carga en torno a los 15-20 kN, que se reducen a la mitad cuando se extiende hasta 4 m. Con 60 mm de diámetro el valor estimado puede llegar a 25 kN o 35 kN para 2 m de altura, que llega a reducirse a 5-10 kN para los 5 m de altura.

Estos valores de capacidad de carga están establecidos para unas condiciones de trabajo ideales. Habrá que precaverse contra las importantes disminuciones de resistencia que suponen pequeñas desviaciones en esas condiciones ideales a la hora de fijar su capacidad de carga efectiva en los cálculos.

Cuidar un correcto aplomado y garantizar una centrada transmisión de cargas es fundamental para acercarse a la capacidad teórica de carga de un puntal.

Una adecuada aplicación de estos puntales requiere arriostrarlos con triangulaciones confeccionadas con tubos embridados a ellos.

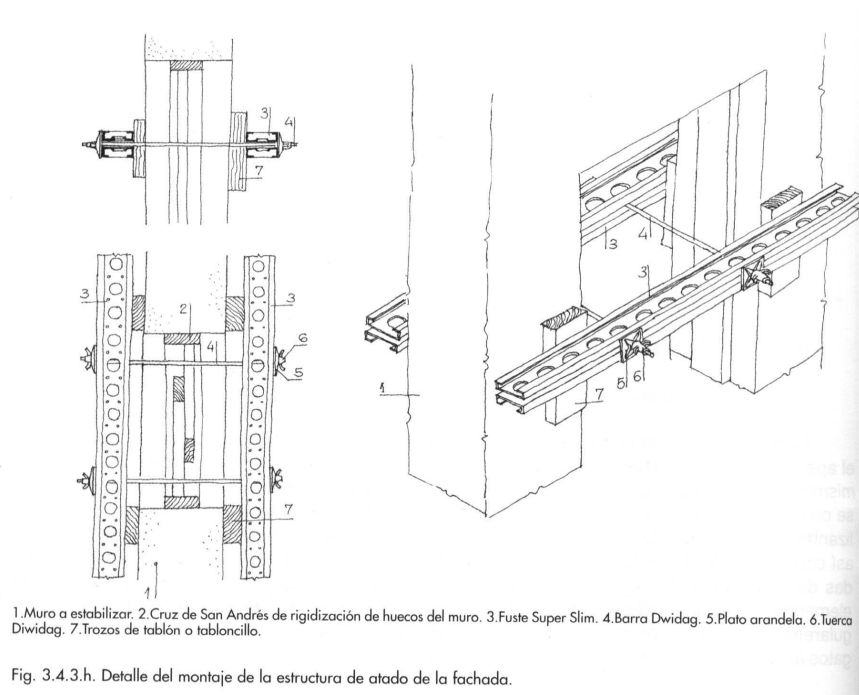
La firma PERI dispone de un amplio surtido de puntales telescópicos, con piezas accesorias que permiten resolver problemas como los comentados.

PUNTALES TELESCÓPICOS DE ACERO PERI PEP					
MODELO	TIPO	CARGA ADMISIBLE (kN)	LONGITUD(m)		PESO(kg)
			Mínima	Máxima	
PERI PEP	PEP 20 N 260	20	1,51	2,60	15,1
	PEP 20 N 300	20	1,71	3,00	16,6
	PEP 20 N 350	20	1,96	3,50	19,8
	PEP 20 G 410	20	2,26	4,10	25,1
	PEP 30 G 300	30	1,71	3,00	20,2
	PEP 30 G 350	30	1,96	3,50	24,5

APEO DE ESTABILIZACIÓN. FACHADA A VIA PÚBLICA

Emplearemos las piezas del **sistema Super Slim Soldier**. Las barras de la estructura se compondrán con piezas de fuste atadas entre sí para obtener las longitudes requeridas, utilizando conectores de seis u ocho vías en los nudos de unión de las barras perpendiculares, así como ángulos de esquina o ángulos bisagra en algunas ocasiones para las barras inclinadas de coronación de la estructura. Arriostremos convenientemente la estructura mediante elementos del sistema Rapid Tie en planos paralelos a fachada y horizontales, así como triangularemos los planos perpendiculares a ella con tornapuntas formados por piezas de fuste y gatos ajustables en sus extremos, dispuestos con espadas de enlace para unir a las barras ortogonales de la estructura mediante tubos pivotes. Finalmente anclaremos las piezas base de la estructura en dados de hormigón previamente anclados al terreno y que recibirán los esfuerzos horizontales del apeo, mientras que los verticales son descargados al terreno mediante tablas de madera.

El atado a la fachada se hará mediante barras Super Slim colocadas horizontalmente y paralelas a sus paramentos interior y exterior, atándolas entre sí mediante varillas Diwidag perpendiculares a ellas aprovechando los huecos abiertos en fachada más otros que nosotros taladraremos. Entre las barras horizontales Super Slim y los paramentos se interpondrán trozos de tablón o tabloncillos, retacados con cuñas cuando sea necesario para complementar las irregularidades de los planos del muro. Mediante el apriete de las tuercas de mariposa de las varillas conseguiremos formar un cuerpo entre las barras horizontales y el muro, garantizado por la deformabilidad de las piezas intermedias de madera.



APEO SUPLETORIO

Si el plan de obra se enfoca desde un principio hacia la reparación de la edificación abarcando trabajos de sustitución de elementos estructurales, el sistema de apeo debe ser capaz de suplir la estructura dañada. Será preciso analizar previamente cuál es la función estructural principal y derivada de cada uno de los elementos que se proyecta modificar o sustituir, debiéndose tener en cuenta las alteraciones que esto supondrá en los elementos estructurales que se mantengan en uso. Este sistema de apeo debe instalarse previamente a cualquier operación de sustitución. En el caso más desfavorable debe tener el carácter de una estructura totalmente autónoma y alternativa de la dañada. Su trazado ha de permitir la manipulación, traslado o evacuación de los elementos estructurales en fase de reparación.

La opción de ejecutar un apeo supletorio permite realizar operaciones de reparación globales o puntuales sin un orden pre-establecido por razones técnicas, de manera que permite desarrollar un calendario de obras racional pudiendo supeditarse este orden a otros condicionantes de la obra.

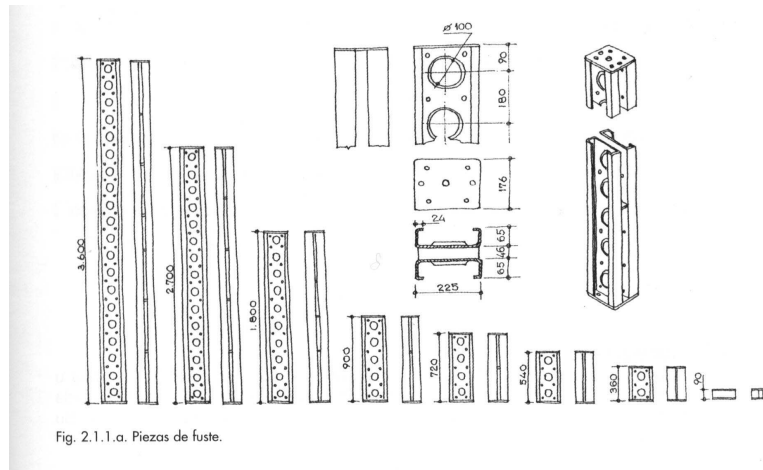
SISTEMA SOLDIER

La ventaja de los apeos industrializados es su mayor capacidad de carga y dimensiones y su rapidez de montaje con respecto a los apeos de madera.

Hacemos uso para el apeo de los elementos estructurales del molino del sistema Soldier, con una gran variedad de piezas que permiten adaptarlo a múltiples situaciones. En España se comercializan actualmente dos sistemas de características muy similares: el Super Slim Soldier y el MK-II (Soldier), ambos constituidos por fustes o vigas formadas por dos U de chapa plegada como base del sistema, disponiendo de piezas complementarias tales como los conectadores, bases regulables, tensores de varillas, mariposas dywidag, etc.

Piezas componentes

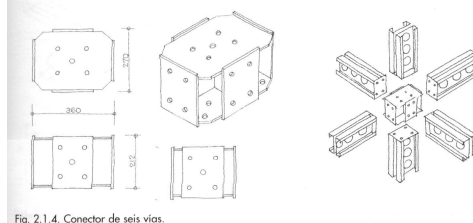
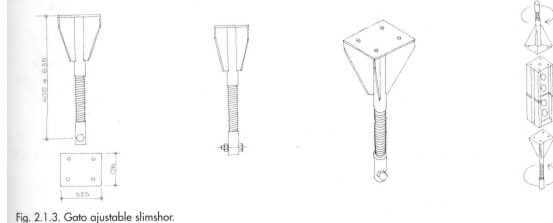
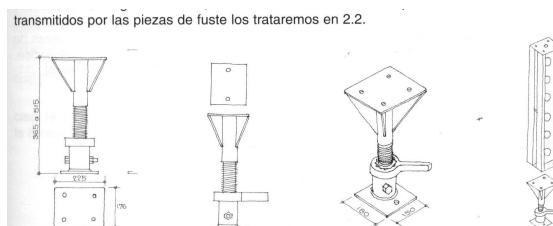
Piezas de fuste o vigas: Compuestas por dos perfiles en U de chapa plegada, con perforaciones en toda su longitud y placas extremas taladradas. Solas, o unidas entre sí, formarán el cuerpo de las principales piezas del sistema de apeo, que, según su posición de trabajo, podemos denominarlas como sus similares en madera: vertical (soportes, velas), horizontal (puentes, agujas, sopandas, durmientes, codales), inclinadas (tornapuntas, jabalcones). La combinación de varias piezas de fuste permite formar elementos de cualquier longitud que sea múltiplo de 90 mm.



Base ajustable Slimshor: Permite ajustar la dimensión de los soportes a la altura requerida, ya que la combinación de varias piezas de fuste, sólo nos dará una aproximación por defecto de la longitud deseada. Además, la regulación del husillo por medio de la llave que incorpora, nos permite actuar sobre la entrada en carga del apeo, aunque sin controlar el esfuerzo, lo que puede ser suficiente para algunas aplicaciones. Su capacidad de carga axil es de 100 kN.

Gato ajustable Slimshor: Equivalente a la pieza anterior. La regulación de la longitud de la pieza se realiza instalando un gato ajustable a cada extremo del fuste (uno con rosca a derechas y el otro a izquierdas) y girando el fuste. Su capacidad de carga axil es de 100 kN.

Conector de seis vías: Elemento de unión entre fustes, que pueden acometerle por sus seis caras. Su capacidad de carga es de 100 kN a compresión y de 80 kN a tracción.



Conector doble de seis vías: Permite el uso de soportes verticales dobles como principal alternativa. Admite cargas de 200 kN a compresión y 160 a tracción.

Espada de enlace y tubo pivote: Complementaria del gato ajustable, al que prolonga, permitiéndole su articulación a cualquiera de los taladros del alma de las piezas de fuste. El tubo pivote es la pieza que materializa el eje de giro en esa articulación. La utilización de este tubo limita la capacidad de carga transmitida por la espada a 65 kN

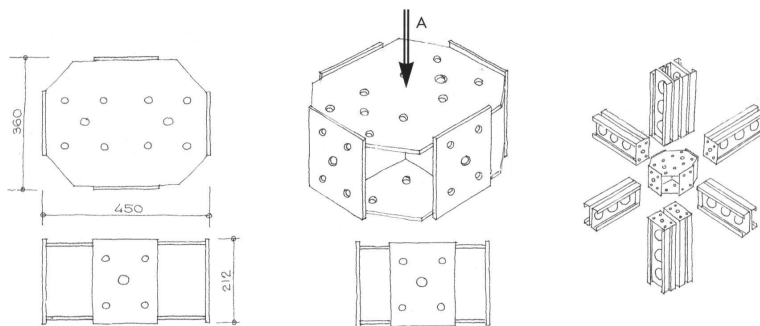


Fig. 2.1.5. Conector doble de seis vías.

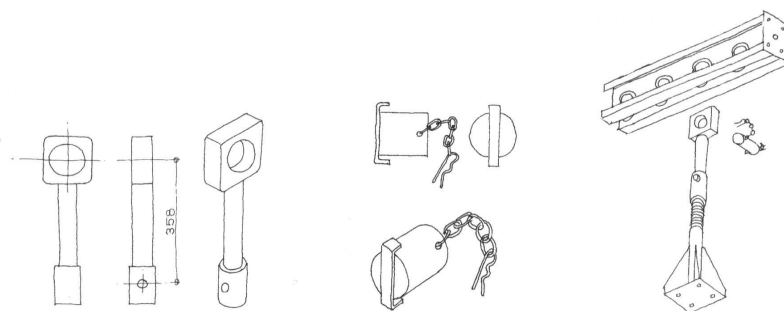


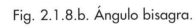
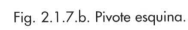
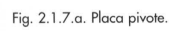
Fig. 2.1.6.a. Espada de enlace final.

Fig. 2.1.6.b. Tubo pivote.

Fig. 2.1.6.c. Montaje de espada de enlace con tubo pivote.

Placa pivote y pivote de esquina: Ofrece la posibilidad de articular directamente el gato ajustable a la cara de un conector o de otras piezas Super Slim, o bien a elementos ajenos al sistema, a los que puede unirse utilizando sus diversos taladros y ranuras. El pivote de esquina se utiliza para unir la cabeza de una pieza de fuste a la zona intermedia de otro, con auxilio del tubo de pivote.

Ángulo de esquina y ángulo bisagra: Puede usarse tanto para la unión de dos piezas de fuste perpendiculares como para la articulación de un gato ajustable a cualquier cara del conector o placa extrema de fuste. El ángulo bisagra permite la unión de dos piezas longitudinales formando cualquier ángulo entre ellas.



Placa soporte Slimshor: Para sustentación de piezas de madera, tales como velas, largueros...



Elementos de arriostramiento; sistema Rapid Tie y soporte para agujeros Slimshor: Para arriostrar los elementos principales del apeo, sobre la base de la formación de las correspondientes triangulaciones entre ellos.

Sistema de arriostramiento mediante tubos: El plano de arriostramiento queda desplazado respecto a los planos principales del apeo, a diferencia de lo que ocurre con el sistema Rapid Tie. Cuando se conforma un apeo espacial que precisa del arriostramiento en los dos planos, se hace preciso acudir a ambos sistemas: el Rapid Tie para el plano paralelo a las almas de los fustes y el de tubos y bridas para el perpendicular a él.

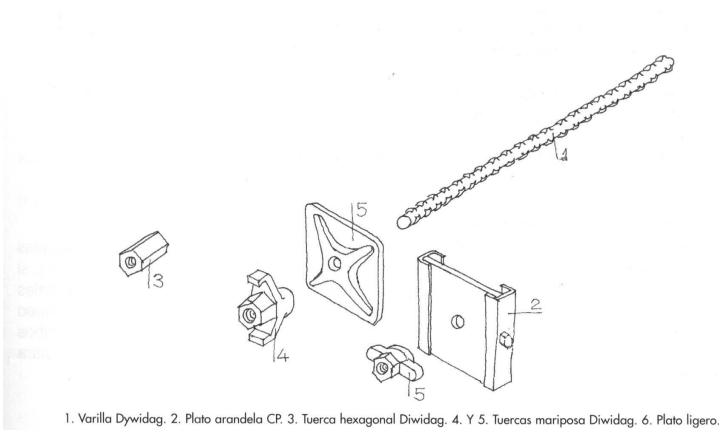


Fig. 2.1.11.a. Elementos de arriostramiento: Sistema Rapid Tie.

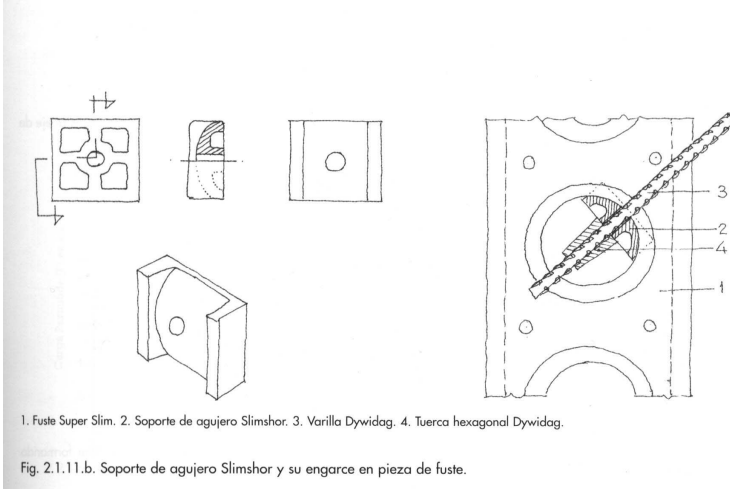


Fig. 2.1.11.b. Soporte de agujero Slimshor y su engarce en pieza de fuste.

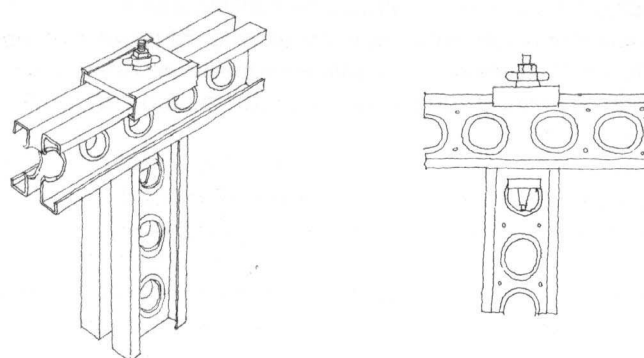
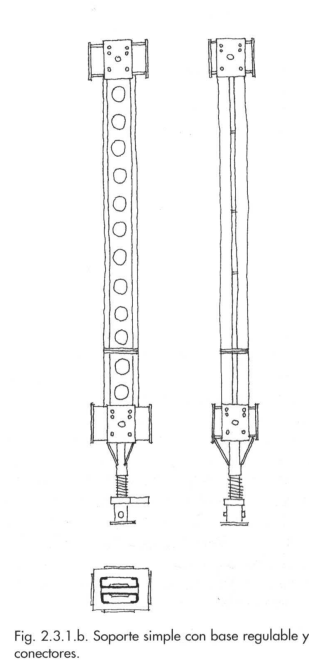
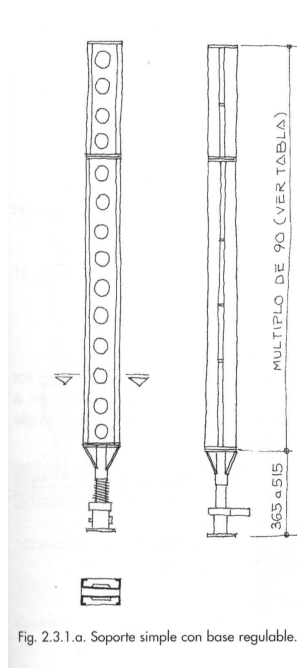


Fig. 2.1.11.c. Conexión de viga a soporte.

Elementos de apeo compuestos con piezas Super Slim

Soportes: La combinación de varias piezas de fuste y de una base ajustable permiten construir un soporte de la altura que necesitemos. Jugaremos con las longitudes diferentes de piezas de fuste (90, 360, 540, 720, 900, 1800, 2700, 3600 mm) y la altura y la carrera posible del husillo de la base ajustable (de 365 a 515 mm). La colocación de conectores de seis caras en los extremos del fuste nos permite unir lateralmente el soporte a otros elementos de la estructura de apeo en dos direcciones perpendiculares.



Durmientes: Transmite la carga que recibe del soporte al elemento de la construcción o al terreno en que se apoya. Es muy utilizado el tablón de madera de 7x20 cm de sección dado sus ventajas de adaptabilidad al lecho en el que apoya, frente a la rigidez que ofrecen las piezas de acero. Aunque el durmiente final que elijamos sea metálico, conviene disponer una cama de tabloncillos bajo él. Sabiendo que la placa de apoyo de la base ajustable tiene unas dimensiones de 18x15 cm, la capacidad de carga del tablón será:

$$Q = 18 * 15 * f_{c,90,d}$$

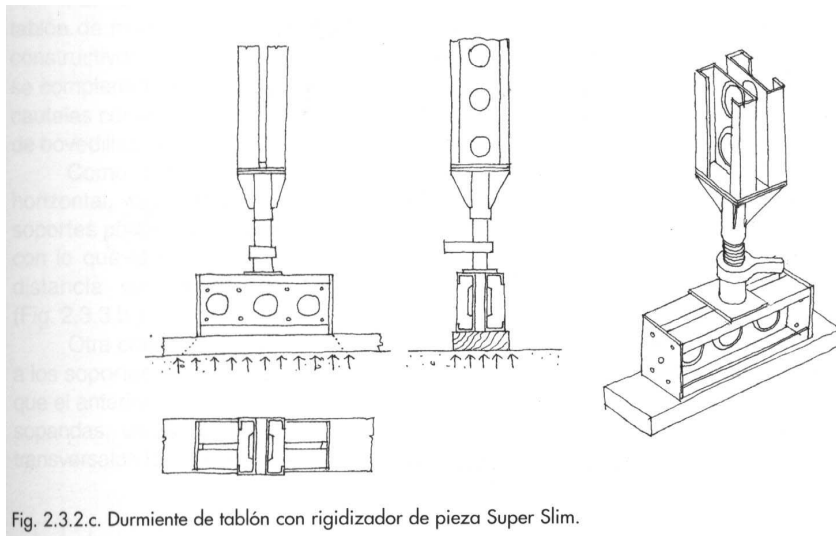
Si precisamos aprovechar la capacidad de carga del soporte, habrá que interponer una pieza rígida que reparta la carga sobre el durmiente de madera. Para calcular la superficie de contacto con el suelo recurrimos a la fórmula

$$Q_s = S * \sigma_s, \text{ con } Q_s \geq Q$$

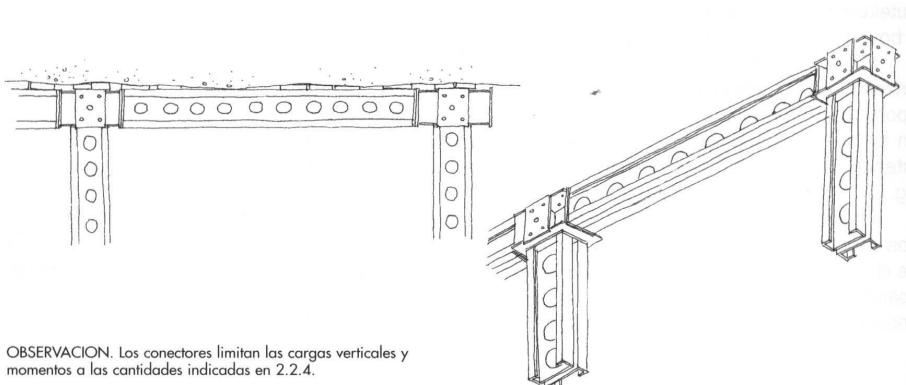
siendo

Q_s la carga admisible en suelo

S la superficie de contacto con el suelo
 σ_s la presión admisible en el suelo
 Q la carga transmitida por el durmiente



Sopanda: Usamos las piezas de fuste en posición horizontal, cuya unión nos permite adaptarnos a las longitudes necesarias. Su unión a los soportes podemos materializarla mediante los pivotes de esquina, con lo que la modulación de distancia entre soportes, únicamente ha de tener en cuenta la distancia de 18 cm existente entre los orificios del alma de las piezas de fuste. Otro sistema consiste en usar los conectores de seis vías, más costoso, pero que permite efectuar fáciles atados transversales de las sopandas.



Puentes y agujas: Las funciones de estas piezas son fácilmente asumibles en el sistema Super Slim. Las construcciones para sopandas nos sirven para puentes y agujas. Los importantes esfuerzos de flexión a que se ven sometidas estas construcciones, se asumen mediante el añadido de jabalcones que dividen su luz, o incluso, utilizando perfiles laminados IPN apoyados sobre los soportes de fustes mediante el concurso de la cabeza oscilante y adaptador a perfiles Slimshor.

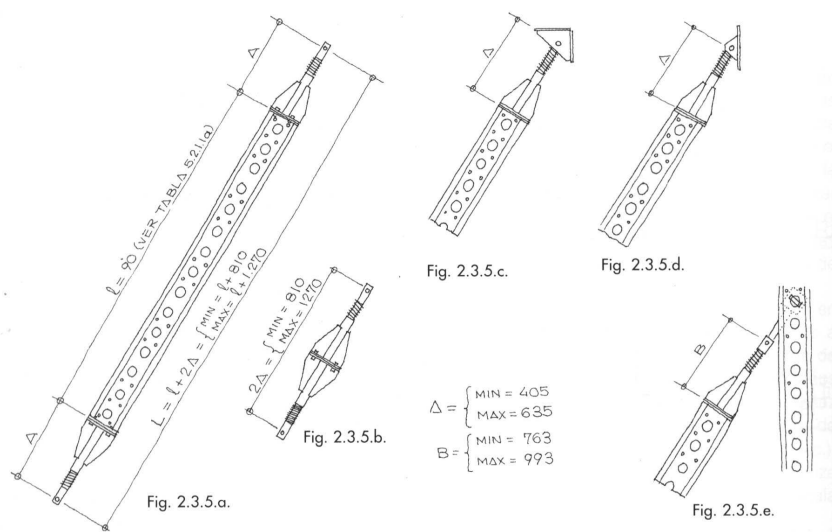
Tornapunta: Piezas indispensables de las tornapuntas son los gatos ajustables Super Slim, uno con rosca a derechas y el otro a izquierdas, colocados en los extremos del cuerpo central constituido por una o varias piezas de fuste. Al elemento así construido podemos conectarle en cada extremo aquella o aquellas piezas que sean las más adecuadas para acoplar la tornapunta final a elementos de la construcción a apeo o bien a otras piezas del sistema que formen parte de la estructura de apeo, como son el ángulo de esquina, la placa pivote o la espada de enlace, que permite la unión a otras piezas de fuste mediante la utilización del tubo pivote. La longitud total necesaria se regula por medio de los husillos, hasta alcanzar la precisa para ajustarse al acoplamiento. Una vez realizado éste, el templado de la tornapunta o su entrada en carga, se realiza mediante la rotación del fuste, lo que, gracias a la inversión de roscas de los husillos, permite su alargamiento o acortamiento final una vez instalado.

En caso de necesitar acometer directamente la tornapunta a un muro de fábrica u hormigón por vuelco del mismo, la solución más inmediata es la del anclaje directo de alguna de las piezas articuladas del sistema que pueden montarse en su extremo, tal como el ángulo de esquina o la placa pivote Super Slim.

Habrà que asegurarse de que el esfuerzo horizontal que introduce la tornapunta sobre el edificio sea canalizado adecuadamente por los elementos estructurales que pueden contrarrestarlo, cuidando evitar que se produzcan solicitaciones de flexión lateral o torsiones para las que los elementos a los que acometa la tornapunta carecen de capacidad resistente.

Siempre que se pueda, las descargas verticales de muros, jácenas, forjados, que se confíen a tornapuntas se realizarán con tornapuntas simétricas, a fin de contrarrestar mutuamente los empujes de sus cabezas.

Habrà que considerar por otra parte el problema de la absorción de los empujes horizontales en las bases de las tornapuntas. Esto se puede resolver mediante anclaje directo de alguna de las piezas articuladas del sistema acoplables a la tornapunta. En caso de descarga sobre terrenos, habrá que cajar éste disponiendo una base capaz de transmitir la componente vertical y la horizontal, como por ejemplo un dado de cimentación en hormigón armado.



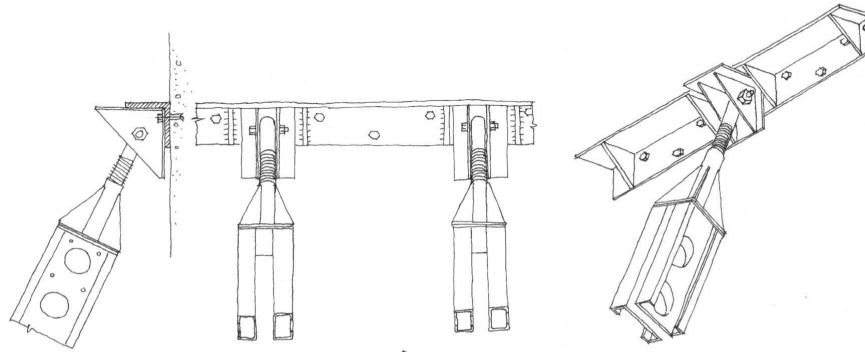
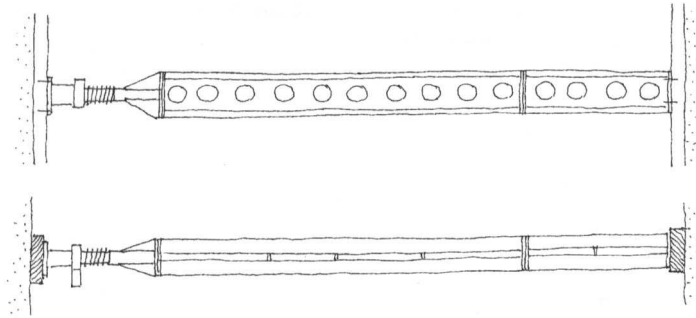


Fig. 2.3.5.h. Anclado de hilera de tornapuntas a muro, mediante perfil corrido.

Codales: El codal más simple está constituido por piezas de fuste en cuyo extremo se dispone una base ajustable Super Slimshor. También puede ejecutarse con los extremos de gatos regulables de rosca inversa. Su colocación puede realizarse directamente entre los elementos a acodalar o con piezas intermedias que aumenten la superficie de reparto o mejoren el ajuste de su acoplamiento, como sucede con la madera, entrando en carga mediante el accionamiento del husillo de la base ajustable o por giro del fuste en el caso de los gatos.

Si la actuación es duradera, es conveniente la fijación mecánica con alguna forma de anclaje que evite su caída por pérdida de la presión de apriete, llegando incluso a apoyar directamente sobre el suelo mediante torretas configuradas con el propio sistema o con estructuras de andamio, cuando el peso del codal sea considerable.



Jabalcones: Con función similar a la tornapunta, el jabalcón recibe la carga en un extremo, procedente de un punto intermedio de una pieza estructural, transmitiéndola por su otro extremo a otra pieza normalmente perpendicular a la anterior. Su construcción se realiza con dos gatos ajustables de roscas inversas, cosidos en sus bases, o interponiendo entre ellas piezas de fuste para aumentar su longitud. Los gatos estarán dotados de espadas de enlace en sus extremos a fin de poder conectar con los agujeros de las piezas de fuste mediante el empleo de los tubos de pivote.

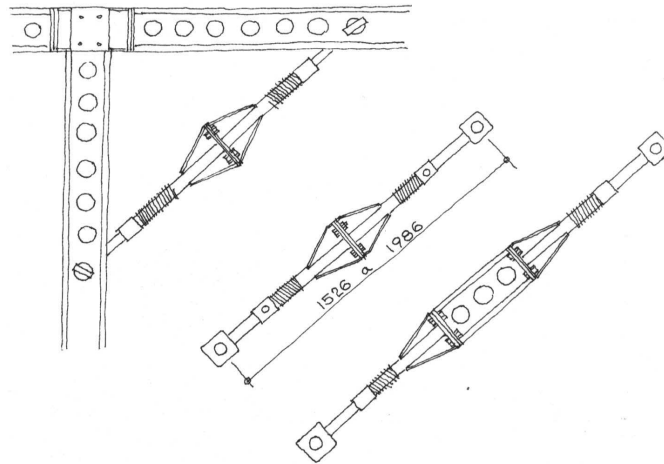


Fig. 2.3.7.a. Jabalcón.

REALIZACIÓN DEL APEO SUPLETORIO

La situación del edificio, sobre la acequia, nos lleva a proponer una medida para que las obras del edificio no afecten al calendario de riegos de la Vega. Se puede canalizar el cauce mediante tubería de PVC que acoja el agua que acomete en el molino y la dirija a la acometida del molino de Ángel Ganivet. No parece una operación muy compleja puesto que la acequia discurre al aire libre en este tramo.

Una vez realizado esto, el terreno que rodea al molino queda libre para sustentación del apeo supletorio. El objeto de este apeo es liberar de su carga al muro de planta baja para que pueda ser sustituido, así como liberar de su carga la zapata objeto de recalce. También contiene la estructura de la cubierta con objeto de llevar a cabo su reparación.

Se utiliza el sistema Soldier para el apeo del muro de planta primera mediante puentes de agujas. El sistema Soldier en apeo de muros de fachada representa el más adecuado cuando se trata de resolver problemas de grandes cargas o complejos por la diversidad de zonas a apear combinadas a veces con desplomes o empujes horizontales. Su diversidad de piezas y considerable resistencia permiten realizar combinaciones difíciles o imposibles de resolver con otros sistemas. Se ejecutarán taladros alternos en el muro a la altura de la base del durmiente del forjado de planta primera, permitiendo así el atado transversal de los pórticos realizados con barras Super Slim. La distancia entre los taladros deberá ser tal que las concentraciones de cargas sean admisibles en todos los puntos de la fábrica. Las líneas de apeo sustentadoras de las agujas deben prolongarse hasta apoyar las viguetas del forjado. Las agujas requieren jabalconado, dada la importancia de las cargas que reciben.

La descarga del forjado podemos confiarla a sopandas de fustes con interposición de tabloncillos o ajustando con cuñas las irregularidades. Agujas y sopandas las entregaremos a los correspondientes soportes de fustes. Los soportes interiores se han previsto atravesando el forjado por considerar que las cargas entregadas por las agujas son excesivas para el estado de éste.

Arriostraremos convenientemente el conjunto y lo apoyaremos sobre bases regulables que nos permiten un adecuado ajuste antes del desmontaje del muro de planta baja.

Se dispone el apeo del forjado distanciando los soportes lo que permita aprovechar la capacidad resistente de esas sopandas en función de la carga que reciban y atendiendo a la colocación de soportes que resulte más adecuada por cuestiones funcionales. Los arriostramientos en el plano de la línea de apeo se confían al sistema Rapid Tie y en el plano perpendicular, entre líneas paralelas de apeo, al sistema de arriostrado mediante tubos y bridas y grapas especiales, así como fustes colocados horizontalmente. Se emplean asimismo jabalcones que permiten lograr espacios más diáfanos para trabajar tanto en el recalce de la zapata como en el interior del molino. Habrá que cuidar que el apeo no recoja las viguetas en zonas donde están podridas o dañadas. Un chequeo previo que descubra las viguetas, a ser posible en su parte superior, garantizará el apeo de las mismas en su parte sana.

Se procede igualmente a la realización de puente aguja para la descarga de la zapata objeto de recalce.

La distancia entre agujas deberá diseñarse teniendo en cuenta la adecuada canalización de las cargas del muro hacia ellas, y que los mechinales que ejecutamos suponen un debilitamiento del muro. Las calas deberán realizarse alternadamente recibiendo las piezas de descarga antes de ejecutar las restantes.

Las agujas irán provistas de los correspondientes rigidizadores del alma en los puntos de transmisión de carga para evitar el pandeo del alma.

El apeo de cubierta tiene el objeto de descargar los pares y tirantes, reduciendo los esfuerzos horizontales aplicados sobre los muros, así como servir de medida de seguridad para la reparación de los pares que incluye destejado y desmontaje o refuerzo del par dañado. Se recoge la hilera mediante fustes Super Slim, y los pares mediante tornapuntas mínimos, con tablazón de madera de contacto para absorber la irregularidad de la superficie a apear.

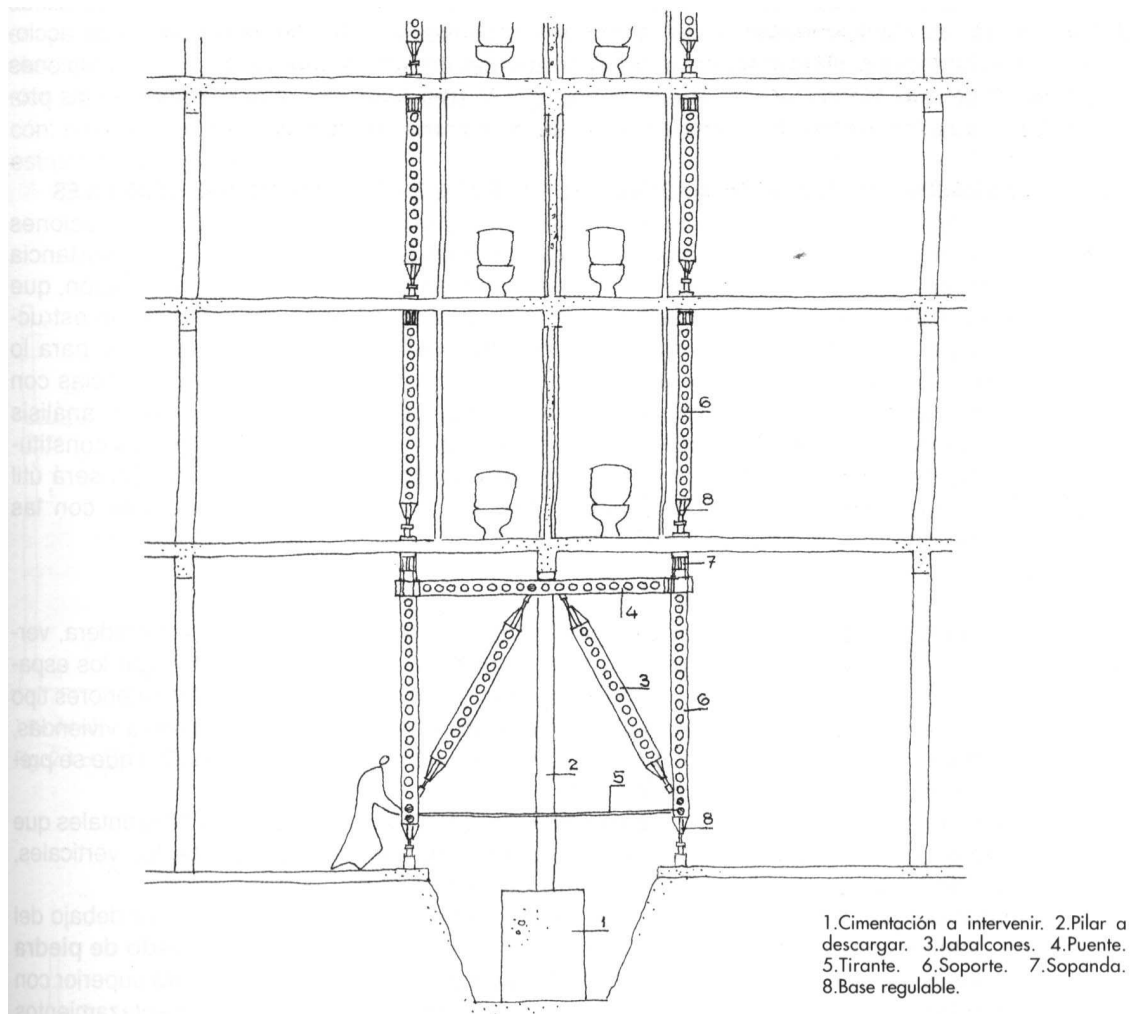


Fig. 1.3.6.d. Apeo para cimentación de pilares mediante descarga de forjados y puentes jabalconados en Sistema Soldier.

RECERCADO DE HUECOS EN MUROS

Constituyen medidas de seguridad en muros, sea para contrarrestar daños locales, como puede ser la rotura del cargadero en un dintel; para colaborar en las medidas de seguridad de daños globales, como el cedimiento diferencial de un muro o para distribuir adecuadamente las presiones generadas al introducir determinados elementos de apeo como por ejemplo las agujas que introducimos para apeo del muro de carga de planta primera.

Utilizaremos distintos modelos de recercados en función del esfuerzo al que se vea sometido el hueco. Así, en huecos de escasa dimensión con roturas en dinteles basta con un recercado simple.

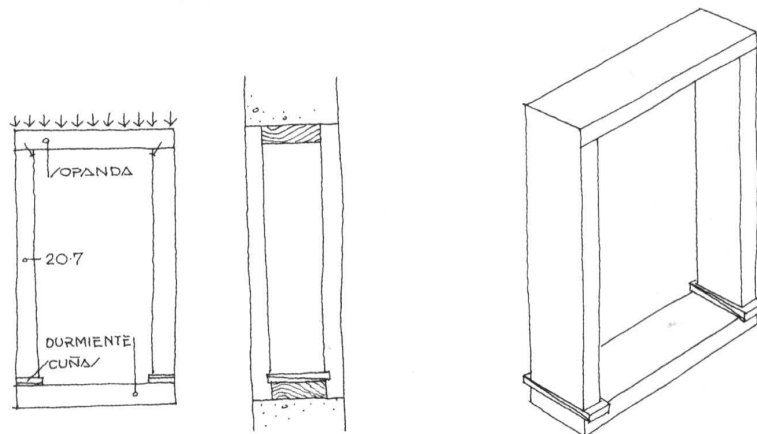


Fig. 4.1.a. Recercado simple para contrarresto de acciones verticales.

Cuando se produzcan roturas por compresión en machones puede disponerse un sistema sencillo de velas con codales. En huecos de paso que hayan de quedar expeditos y existan roturas en dinteles puede adoptarse un recercado con jabalones.

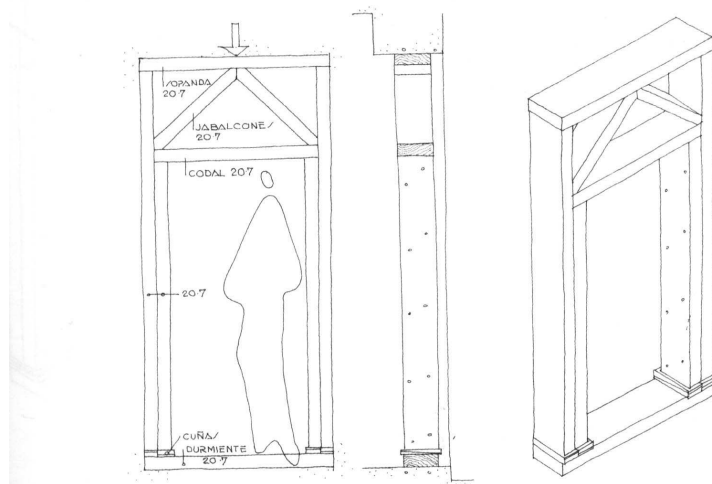


Fig. 4.1.c. Recercado de huecos con jabalones simples.

El caso de rotura de muro por asiento diferencial que genera grietas inclinadas se aborda con la colocación de recercados con tornapuntas diagonales o con cruces de San Andrés, debiendo tener presente que la dirección de la diagonal o del elemento principal de la cruz debe orientarse en la misma dirección que las grietas a fin de oponerse a las componentes de compresión.

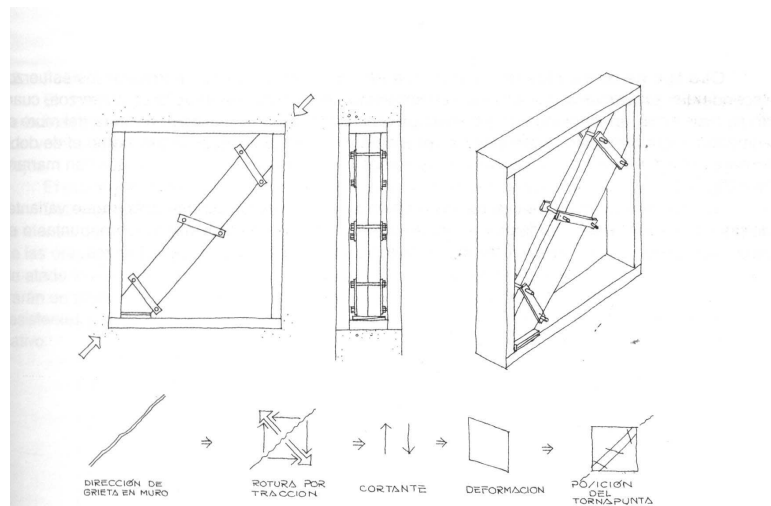


Fig. 4.1.e. Recercado con diagonal.

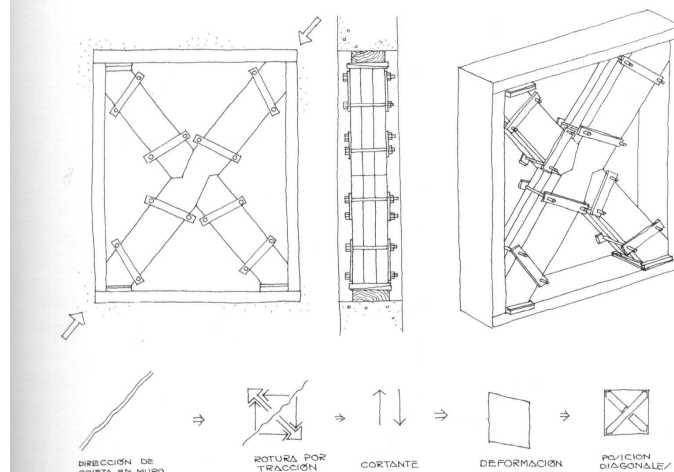


Fig. 4.1.f. Recercado con cruz de San Andrés.

En su instalación se deben evitar los excesivos descentramientos del plano medio del recercado respecto al plano medio del muro, para lo que , con frecuencia, nos veremos obligados a desmontar las carpinterías de ventanas si queremos garantizar la eficacia de la transmisión. De igual forma debemos evitar que una inclinación acusada del alféizar genere una componente horizontal perpendicular al plano del muro que provoque el desplazamiento del recercado hacia el exterior.

Otro tipo de recercados de huecos es aquel cuyo objetivo es contrarrestar los esfuerzos ascendentes provocados por agujas o tornapuntas, situación a la que nos enfrentamos en los huecos de la planta primera, por descarga mediante sistema Soldier. Tales esfuerzos, cuando se transmiten en las zonas de antepechos de huecos pueden provocar la rotura del muro en esa zona, siendo preciso reconducirlos por medio de recercados adecuados, como el de doble tornapunta

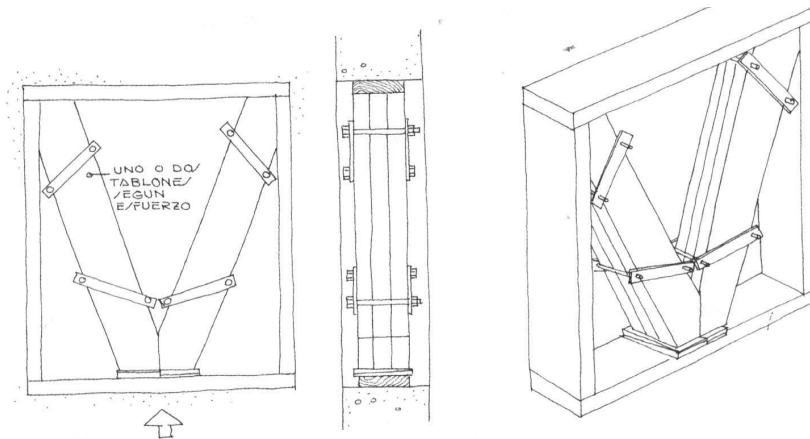


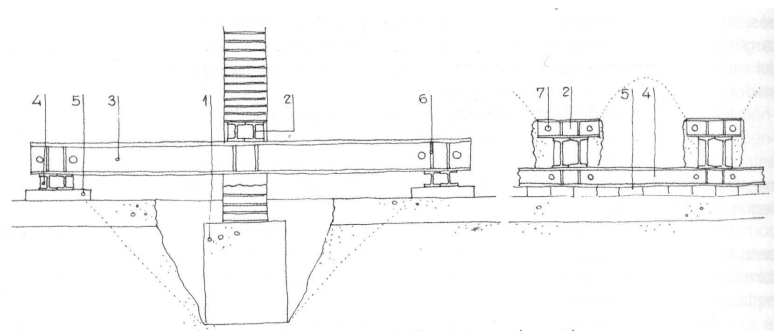
Fig. 4.1.i. Recercado para contrarresto de esfuerzos ascendentes provocados por agujas o tornapuntas.

REPARACIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Partimos de un supuesto de fallo de una de las zapatas corridas del abovedamiento que encauza la acequia. La impermeabilización de la base del cauce ha fallado, y la filtración de agua está generando el lavado de la argamasa de la cimentación, procediendo a su disgregación. El firme, de piedra, se encuentra en buen estado.

Vamos a efectuar un recalce de la cimentación mediante recrecio de zapata. Como medida preventiva habrá que cortar el paso de agua por el abovedamiento objeto del recalce.

La zapata ya ha sido descargada según se explicó en un paso previo. El apeo deja una zona suficientemente diáfana para poder operar. Desmontaremos donde sea necesario el abovedado de piedra, cuya función estructural es la sustentación del suelo de planta baja y se excavará el terreno perimetral a la zapata.



1. Cimentación corrida a recalzar.
2. Muletilla de apoyo del muro.
3. Aguja.
4. Dormiente metálico.
5. Dormiente de madera.
6. Rigidizadores.
7. Conectores entre perfiles.

Fig. 1.1.1.b. Apeo para reparación de cimentación en perfiles metálicos.

Serán preparadas las caras laterales del elemento a reforzar practicándose rozas o picados para mejorar el contacto. También se puede aplicar una resina Sika Top Armatec 110 Epocem que mejora el contacto entre la zapata original y el recrecido.

Mantendremos el cimiento primitivo, reforzándolo mediante zuncho perimetral o viga cintura, en la que se aprovecha la retracción del hormigón para conseguir la compresión del elemento primitivo.

La cuestión esencial a resolver en esta actuación es la conexión entre el elemento existente y la parte ampliada, de tal forma que constituyan un todo solidario con comportamiento mecánico unitario.

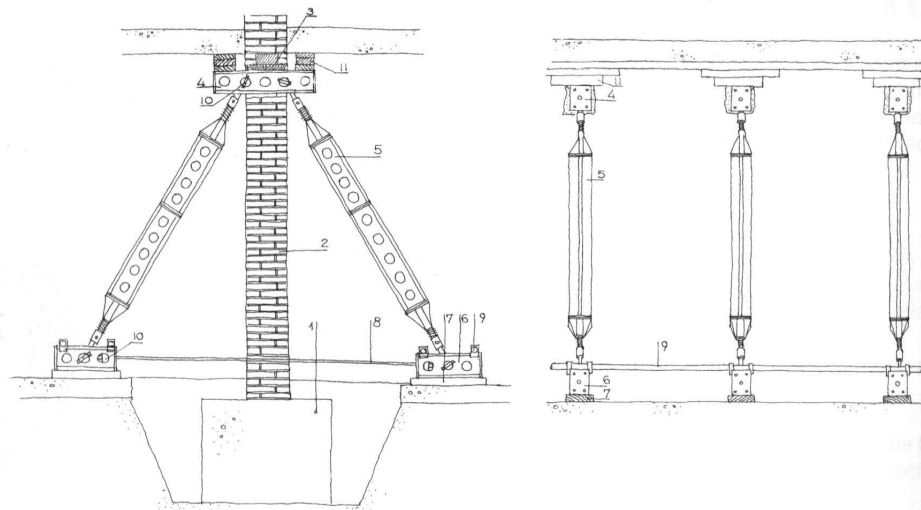
Realizaremos taladros en el murete de piedra y la cimentación en los que se introducirán barras corrugadas $\phi 12$ con inyecciones de Sika Top para lograr una buena adherencia de forma que al hormigonar, todo constituya un conjunto solidario.

Otra cuestión a tener en cuenta será la evaluación de asientos de la nueva cimentación conjunta tras su puesta en carga. Se puede mejorar el terreno bajo la nueva cimentación con inyecciones de diversos productos como cemento, arcilla-cemento, gel de bentonita, ligno-cromo, emulsión bituminosa, gel de sílice, resinas acrílicas o fenólicas, etc.

Por otra parte se cubrirá el lecho del cauce de la acequia con láminas bituminosas autoprotegidas y un mortero gunitado que impidan nuevas filtraciones.

SUSTITUCIÓN DEL MURO DE PLANTA BAJA

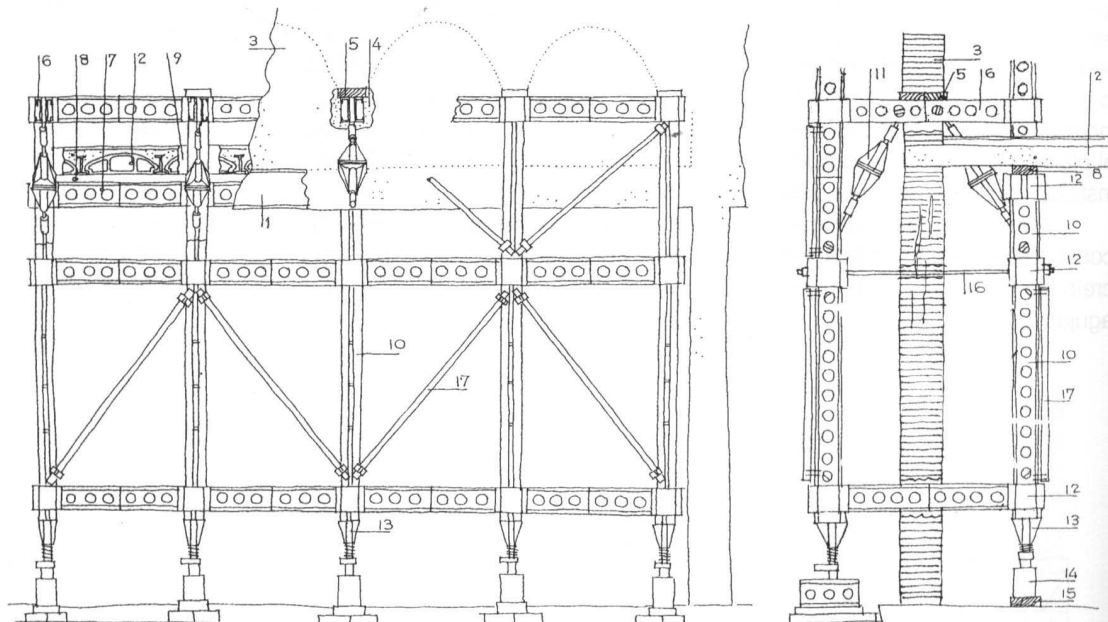
El muro de carga de planta baja es de fábrica de ladrillo con cajones de tapial. Debido a su mal estado de conservación se propone su sustitución por un nuevo muro de fábrica de ladrillo. Se realizará el apeo anteriormente descrito mediante puentes-agujas en sistema Soldier, liberando de carga al muro de planta baja que será demolido y sustituido. La conexión con la arcada de piedra de la base se realizará de la siguiente manera. Se realizarán taladros cada 30 cm en la arcada en los que se introducirán barras corrugadas de $\phi 12$ impregnadas con resina Sika Top Armatec 110 Epocem. Estas barras servirán de esperas para el nuevo muro de ladrillo macizo. El mismo procedimiento se utilizará para lograr la cohesión del nuevo muro con la fábrica antigua de planta primera.



1. Cimentación corrida. 2. Muro a descargar. 3. Muletillas o calzos bajo carrera existente. 4. Fuste de descarga o aguja. 5. Tornapuntas Super Slim. 6. Durmientes de fuste. 7. Durmiente de madera. 8. Tensor Rapid Tie. 9. Tubos de atado de las bases. 10. Soporte de agujero. 11. Acodalamiento de las agujas al forjado.

Fig. 1.1.3.a. Apeo de muro para reparación de su cimiento mediante sistema Soldier.

Diversos modos de apeo del muro



1. Muro a sustituir. 2. Forjado a apelar directamente. 3. Muro de carga a apelar. 4. Mechinales para las agujas. 5. Muletillas. 6. Agujas. 7. Sopandas. 8. Taboncillo o cuñas de ajuste entre sopanda y forjado. 9. Calado de forjado para paso de soportes. 10. Soportes de fustes. 11. Jabalones de gatos ajustables con rosca inversa. 12. Conectores de seis vías. 13. Bases ajustables. 14. Durmientes de fustes. 15. tablon. 16. Tirante Rapid Tie. 17. Arriostamiento de tubos.

Fig. 2.4.6.e. Apeo para sustitución de muro de fachada en Sistema Soldier.

EJECUCIÓN DEL GRAPADO DE MUROS

El grapado de muros puede efectuarse por una de las dos caras del muro o por las dos caras y, en este segundo caso pueden distribuirse en paralelo o conectarse en zig-zag. El grapado por las dos caras garantiza un equilibrio simétrico de tensiones por los dos paramentos del muro. El grapado en zig-zag restituye la continuidad vertical al atado por ambos lados de la grieta, pero encarece su puesta en obra puesto que la perforación e introducción de grapas se debe ejecutar alternando la puesta sucesiva por cada cara. Como la fábrica grapada se va a revestir de revoco el tramo central de la barra quedará oculto y protegido de la intemperie por un mortero.

Con objeto de que en el corte de la grieta no se disperse el mortero inyectado, se introduce previamente en la perforación efectuada en el muro una pieza pasatubos ciega en su zona central y perforada en los extremos. De esta manera se facilita el paso del mortero a la fábrica y se evita que fluya por el corte de la grieta.

En base a la normativa vigente, para fijar las grapas en los huecos perforados se puede recurrir a uno de los siguientes sistemas de relleno:

- mediante mortero con base de cemento de retracción compensada
- mediante mortero polimérico
- mediante tacos de diferente naturaleza y principios mecánicos

La norma UNE-41954, 1-2000 sobre anclajes para revestimientos de fachadas de edificios, en su parte primera regula las características técnicas de estos elementos y su puesta en obra para revestimientos con un peso menor de 180 kp/cm². La exigencia al fabricante del sello de idoneidad técnica de los elementos de anclaje DIT garantiza el cumplimiento de esta normativa.

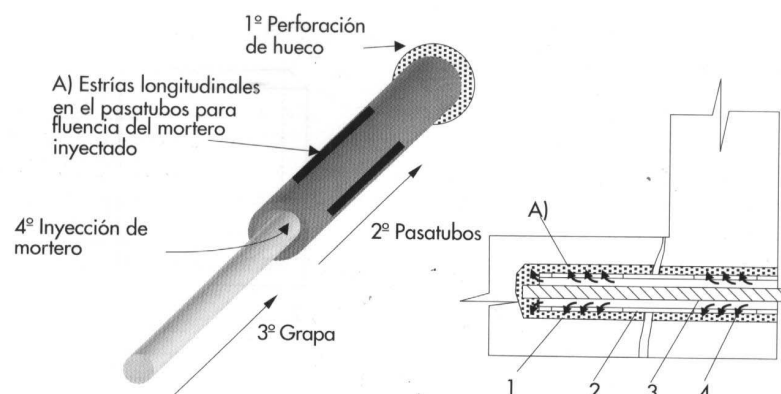


Fig. 2.2.c. Grapa recta en esquina con pasatubos según modelo ANCIM. Sección y despiece.

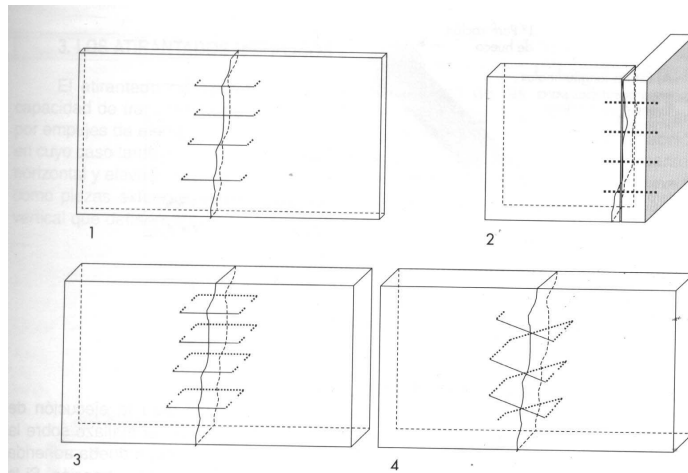


Fig. 2.2.a. Distribución de grapas: 1 En U a una cara. 2 Recta en esquina. 3 En U a doble cara en paralelo. 4 En U a doble encadenadas en zig-zag.

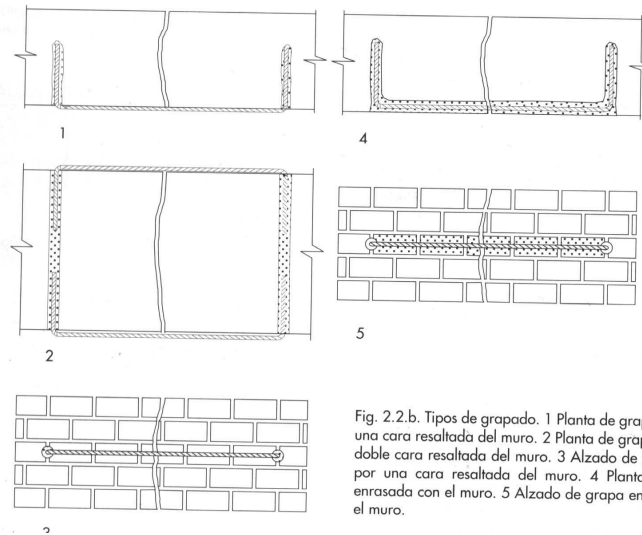


Fig. 2.2.b. Tipos de grapado. 1 Planta de grapa en U por una cara resaltada del muro. 2 Planta de grapa en U por doble cara resaltada del muro. 3 Alzado de grapa en U por una cara resaltada del muro. 4 Planta de grapa enrasada con el muro. 5 Alzado de grapa enrasada con el muro.

REFUERZO MEDIANTE RECRECIDO DE MURO ANCLADO POR GANCHOS

Los ganchos de fijación en muros constituyen un elemento útil para la ejecución de recrecidos de fábrica mediante un mortero gunitado. Los ganchos sujetan el mallazo sobre la pared. Mallazo y grapas quedan revestidos por el mortero gunitado. Esta capa queda adherida así a la fábrica agrietada y la refuerza frente a los esfuerzos de compresión y tracción. Incluso se puede conectar el forjado con el recrecido de refuerzo mediante pernos anclados a los durmientes o a las cabezas de las vigas de madera.

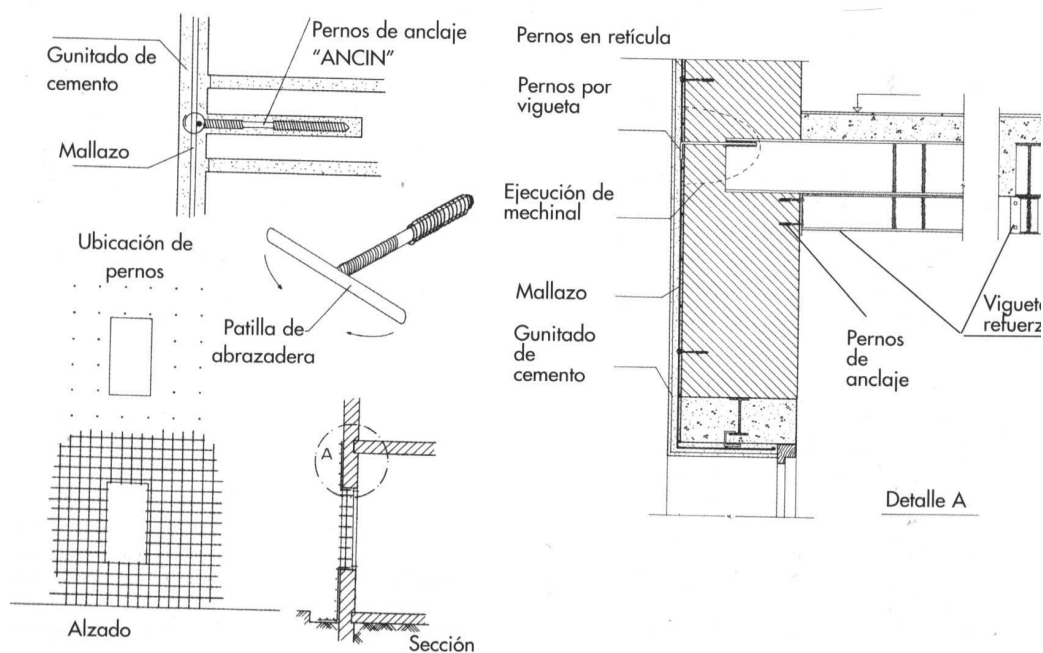


Fig. 2.3.a. Refuerzo de un muro mediante recrecio de su cara exterior con mortero gunitado.

REPARACIÓN DEL FORJADO DE MADERA

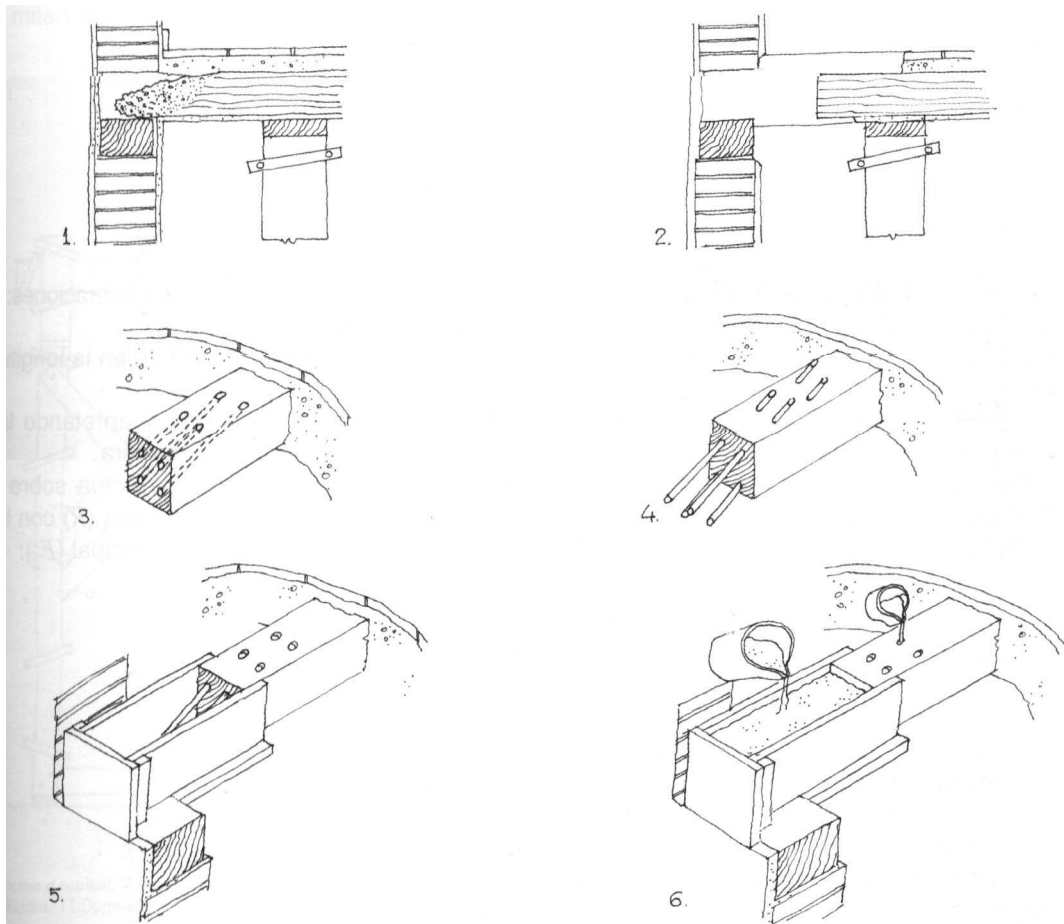
Una vez apeado el forjado con el sistema ya descrito, y tras descubrir la tablazón dejando descubierta la viguería, pasamos a sanear los apoyos. Picamos los mechinales y saneamos la fábrica en los puntos que así lo requieran.

Habrà que sustituir las vigas que estèn defectuosas. Para aquellas que tengan porciones en mal estado planteamos una reparación parcial por colocación de prótesis.

El procedimiento que utilizamos es el sistema β : Eliminamos el trozo de la viga que está defectuoso y lo sustituimos por otro constituido por una formulación epoxi, conectado con la madera por medio de un material de refuerzo. La formulación epoxídica está formada por resina epoxi y un endurecedor, que al mezclarse en estado líquido en determinadas proporciones se transforman en un sólido de gran resistencia mecánica y que queda adherido fuertemente a la madera. A la mezcla de los dos componentes aludidos se les suele añadir cargas de otros materiales inertes para disminuir su costo y mejorar algunas de sus propiedades. El material de refuerzo consiste normalmente en barras cilíndricas de pequeña sección, que se introducen en taladros realizados en la madera embebidos en resina epoxi, con el fin de reforzar la madera en el tramo inmediato a la prótesis.

Fases de montaje:

- Apuntalamiento y saneado de la vigueta, que ya ha sido realizado
- Ejecución de los taladros en la vigueta para el paso de las varillas de refuerzo, ejecutándolos con diámetro ligeramente superior a éstas para permitir el relleno de la holgura con la formulación epoxi.
- Colocación de las barras de refuerzo en los orificios practicados en la madera
- Montaje de un encofrado estanco que permita reconstruir la cabeza eliminada.
- Vertido de las formulaciones epoxi tanto en el encofrado de la cabeza como en los orificios de los conectadores.



4.2.2.a. Fases de realización de prótesis β en sustitución de cabeza de vigueta.

En los casos en los que la porción dañada sea considerable, aunque no lo suficiente como para optar por la sustitución de la vigueta, se sustituye la parte afectada por un trozo de madera y se une a la vigueta original por medio de una prótesis.

Otra opción sería la reparación mediante prótesis metálica.

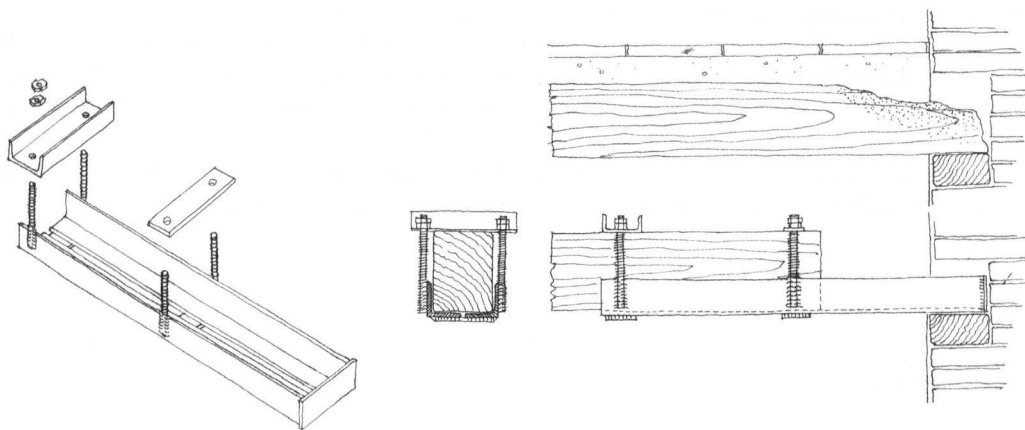


Fig. 4.2.2.b. Prótesis metálica para reparación de vigueta.

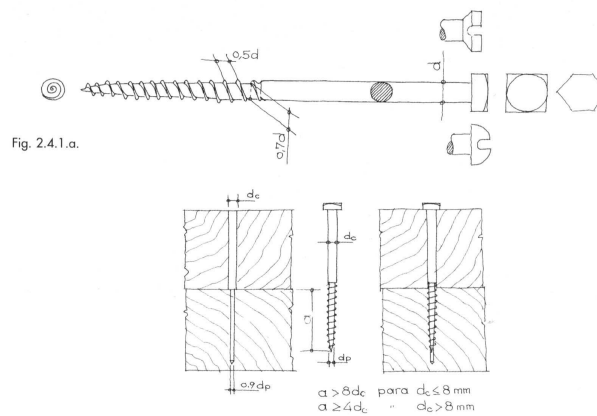
Una vez reforzada la vigería, pasamos a recuperar las deformaciones en las viguetas originales, aplicándoles presión mediante los fustes del sistema Soldier de apeo y tras este paso se aplican tratamientos químicos sobre la madera.

A continuación, se coloca un impermeabilizante sobre la tablazón, como una lámina geotextil, y unos **tirafondos** en las viguetas que a su vez irán conectados a un mallazo electrosoldado de $\phi 12$. Este mallazo irá empotrado al perímetro del muro y servirá de armadura de una losa de hormigón H-250 de 8 cm que hará de refuerzo del forjado. Para que la losa apoye en los muros se hace una roza perimetral de unos 5 cm.

TIRAFONDOS

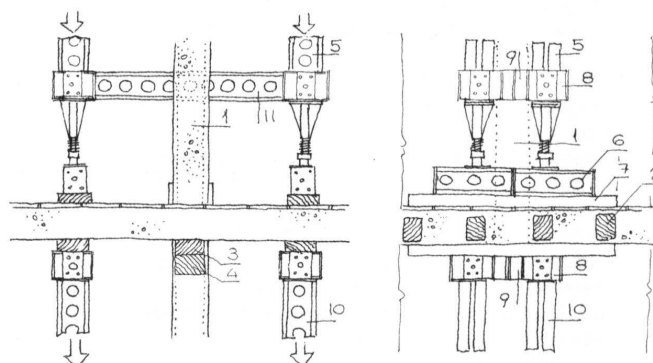
Las uniones atornilladas se realizan mediante tirafondos de acero cuya resistencia característica a tracción fijada por norma ha de ser $f_{u,k} \geq 400 \text{ N/mm}^2$, debiendo tener diámetro inferior a 30 mm y las relaciones señaladas en la figura. Para su uso en Clase de Servicio 3, deben ser inherentemente protegidos contra la corrosión o bien poseer un recubrimiento frente a la corrosión de Fe/Zn 25 c (o Z350 en caso de emplearse galvanizado en caliente).

La caña o parte del fuste cilíndrica y lisa tendrá una longitud igual o ligeramente inferior al espesor de la pieza en cabeza. La colocación de los tirafondos se realiza mediante pretaladros de la pieza en punta, con diámetro aproximadamente igual al de iniciación de la punta, así como pretaladro de la pieza en cabeza con el diámetro nominal de la caña.



SUSTITUCIÓN DE UN MACHÓN DE LADRILLO DE PLANTA PRIMERA

En la planta primera encontramos varios machones de ladrillo coronados por una carrera que recibe las cargas de los pares y tirantes de la cubierta. Suponemos uno en mal estado que vamos a sustituir. El apeo se realiza como ya se ha descrito anteriormente, de forma que descargamos el machón de su función estructural. La constitución de los puente-aguja con jabalcón según sistema Soldier, nos permite actuar libremente sobre el elemento en cuestión. Dos mechinales realizados en la fachada a ambos lados del machón permiten la introducción de sopandas de fustes Super Slim a las que se introducirán cuñas de madera. Las sopandas quedan unidas a soportes verticales mediante los conectores de seis vías y van con jabalcones para lograr una mayor luz en el sistema de apeo que permite un espacio más diáfano para trabajar con holgura. La entrada en carga del apeo se produce introduciendo presión mediante el enroscamiento de la base ajustable.



1. Pie derecho a sustituir. 2. Viguetas de forjado inferior. 3. Carrera forjado inferior. 4. Zapata forjado inferior. 5. Soporte Super Slim de apoyo de la zapata del pie derecho a sustituir. 6. Durmiente de reparto con piezas Super Slim. 7. Durmiente de tablón. 8. Conector de seis vías. 9. Fustes Super Slim de 90 mm para conexión entre soportes. 10. Soportes prolongación del apeo en plantas inferiores. 11. Fuste de conexión de soportes.

Fig. 2.3.3.b.

Una vez descargado el machón se procede a su demolición y sustitución por un soporte metálico formado por doble U soldada en cajón, de forma que por su pequeña superficie queda absorbida en el espesor del nuevo machón de recubrimiento de ladrillo que se le introduce. El perfil metálico queda unido al muro de ladrillo de planta baja mediante una placa de anclaje de 3 cm de espesor, atornillada y mediante una brida queda unido a la carrera superior.

Irá equipado con el consiguiente mecanismo de entrada en carga.

1. 1ª fase: colocación de placa base.
2. 2ª fase: colocación de tuercas inferiores y placa superior en posición baja, apoyando la aguja.
3. 3ª fase: entrada en carga por giros sucesivos y alternadores de las tuercas inferiores.
4. 4ª fase: acuíñado entre placas metálicas.

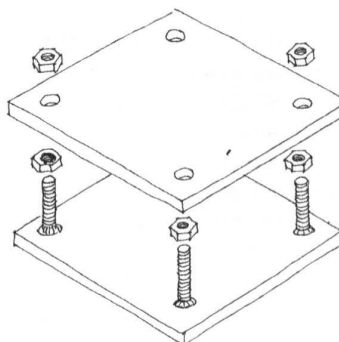
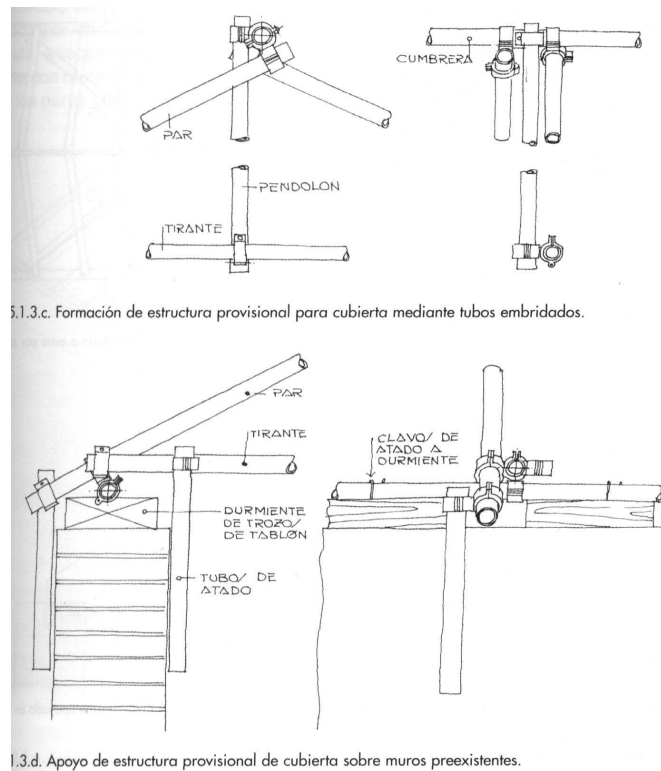


Fig. 1.a. Mecanismo de entrada en carga.

El machón se reconstruye formalmente, rodeando al perfil metálico con ladrillo que se trabará al muro de fachada y que dejará libertad de movimiento al soporte.

REPARACIÓN DE LA CUBIERTA

Una vez apeada, se procederá al desmontaje de las zonas caídas y se realizará una cubierta provisional de tubos embridados sobre la que se instalará un sistema de lonas que protejan de la intemperie a las zonas afectadas. La ejecución de la estructura provisional debe atender a la formación de triangulaciones que la hagan indeformable en todas las direcciones. Es suficiente reponer el esquema de pares y tirantes, introduciendo tubos como pendolones para evitar la excesiva flexión de los tirantes. Deberá cuidarse el apoyo y atado de la estructura provisional de cubierta a los muros existentes, evitando que sean las bridas, como elementos sobresalientes las que descarguen el peso sobre la coronación de los muros, para lo que se dispondrán trozos de tablón apoyados en la coronación del muro separados entre sí para permitir el alojamiento de los nudos embridados, y descansando sobre ellos el tubo-durmiente, que se inmovilizará mediante clavos. Finalmente, mediante tubos de atado verticales se impedirá el desplazamiento horizontal de la nueva cubierta.



Procederemos a la sustitución de los pares deteriorados, comenzando por destejar la zona de influencia en ambos faldones a fin de eliminar la carga del par contrapuesto al que pretendemos sustituir. Cuando sean sólo porciones de pares las que están dañadas se podrá recurrir al sistema ya visto de reparación por prótesis.

Una vez reforzados los pares se instalarán tirantes de acero que sustituyen la función de los tirantes de madera, con tensor que permita regular y templar el esfuerzo y que absorberán los empujes horizontales de los pares. Aseguraremos la estanqueidad de la tablazón mediante lámina geotextil y se volverá a tejar la cubierta utilizando las tejas originales en la medida de lo posible ancladas con un mortero elástico.

USO DE ATIRANTADOS METÁLICOS PARA LA CUBIERTA

En la estabilización de la cubierta de par-hilera el tirante contrarresta los empujes horizontales, simétricos y contrarios aplicados en los puntos de apoyo de la estructura.

El esfuerzo de tracción generado es:

$$T = \frac{Q * I}{tg \alpha}$$

siendo:

T- Esfuerzo de tracción aplicado al tirante

Q- Carga y sobrecarga uniformes, ponderadas, soportadas por el faldón de la cubierta

L- Longitud del faldón

α - Ángulo de inclinación del faldón con el plano horizontal

Elementos del sistema de atirantado:

Tirante: Utilizaremos un perfil trenzado. La entrada en tensión se acompaña de una reducción de la sección y el correspondiente alargamiento. Resultan idóneos para montajes de gran rapidez debido a la simplicidad de sus elementos de unión y su flexibilidad. Nos inclinamos por el tipo T4 por su mayor rigidez.

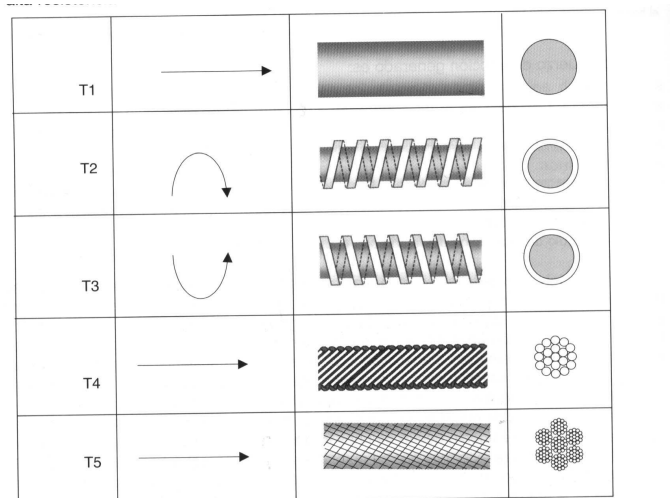
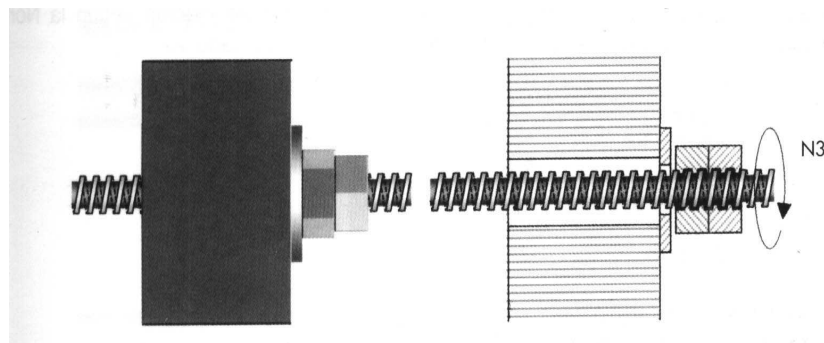


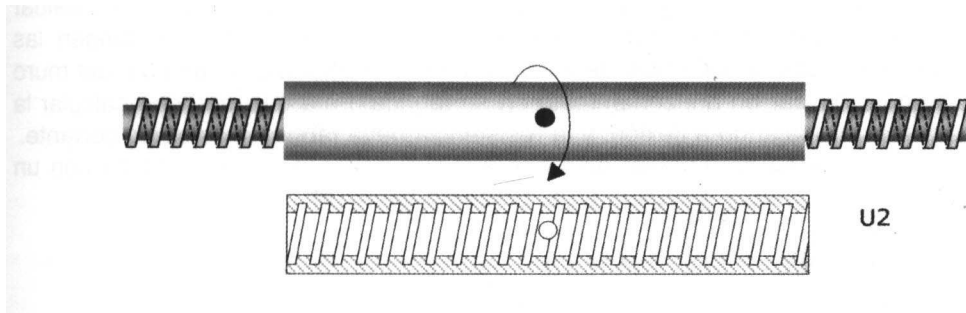
Fig. 3.2.1.a. Tipos de tirante: T1 Perfil liso. T2 Perfil roscado derecho. T3 Perfil roscado invertido. T4 Trenzado Rígido. T5 Trenzado flexible.

Tensor: Es el mecanismo que hace entrar en carga el atirantado. Por su ubicación se distinguen dos tipos de tensores: los interiores, emplazados entre dos tramos del tirante, y los extremos, unidos normalmente a los elementos de anclaje. Utilizamos el modelo N3, tensor extremo de doble tuerca, en el que la tensión se consigue haciendo girar las tuercas hasta hacer entrar en carga al tirante.

En el caso de no encontrar tirantes que se adaptaran a las dimensiones que necesitamos sería necesario empalmar varios tramos de tirantes. Para ello utilizaríamos una unión de rosca-rosca por manguito.



Anclaje: Constituye el conjunto de piezas destinado a transmitir la tensión del tirante a los elementos constructivos atirantados. Utilizaremos placas ancladas a las carreras.



En la ejecución del tensado de tirantes se podría producir un contravuelco o punzonamiento de los muros de anclaje y sujeción al aplicar mayor presión de la debida a los tensores de los tirantes. Para evitarlo pueden preverse conectores que eviten este contragiro. Los conectores transmiten la tensión aplicada a los tirantes a otros elementos estructurales con resistencia a compresión como forjados o muros transversales.

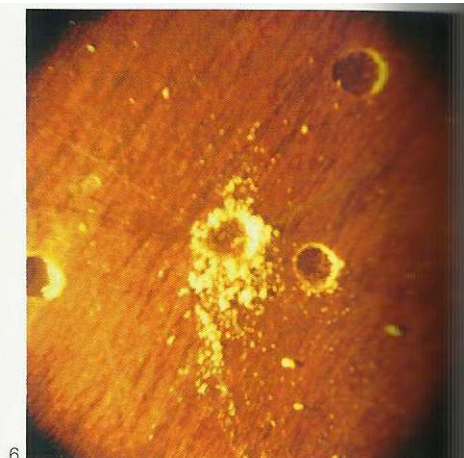
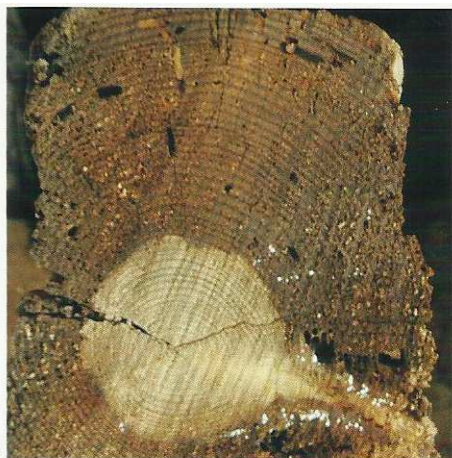
REHABILITACIÓN SOSTENIBLE EN LA RECUPERACIÓN DE FORJADOS DE MADERA:

Un examen de la capacidad mecánica residual de la estructura de madera, es decir, de su **rigidez** y de su **resistencia residual**, es paso previo imprescindible antes de plantear cualquier tipo de intervención en este tipo de estructuras. Los datos que se suelen recoger dependen de varios parámetros como la clasificación estructural, deformación diferida o, luz la mayoría con inspecciones visuales.

Hoy se abren a numerosas técnicas de investigación enfocadas en las técnicas no destructivas, que por otro lado son tremendamente respetuosas con las intervenciones y gozan de un carácter sostenible en el ámbito de la rehabilitación.

Recientes estudios, han determinado que los valores resistentes de la madera, incluso en el caso de ataque por hongos o insectos de ciclo larvario es considerable. Si consideramos el daño sufrido por la sección de madera, incluso en el caso de ataque por hongos o insectos de ciclo larvario, es considerable.

Si consideramos el daño sufrido por la sección de madera, ya sea perimetral o con pérdida de canto, podemos llegar a estimar con precisión la disminución de la rigidez y resistencia, gráficamente (Fig 1,2) observándose la variación de la capacidad mecánica al disminuir la sección de escuadría.



La problemática de la intervención en elementos de patrimonio histórico artístico, por la cara superior (como los artesonados de madera) o en edificios de viviendas, constituye el punto de partida para concebir este sistema constructivo de recuperación sostenible de forjados que diera una solución eficaz al problema.

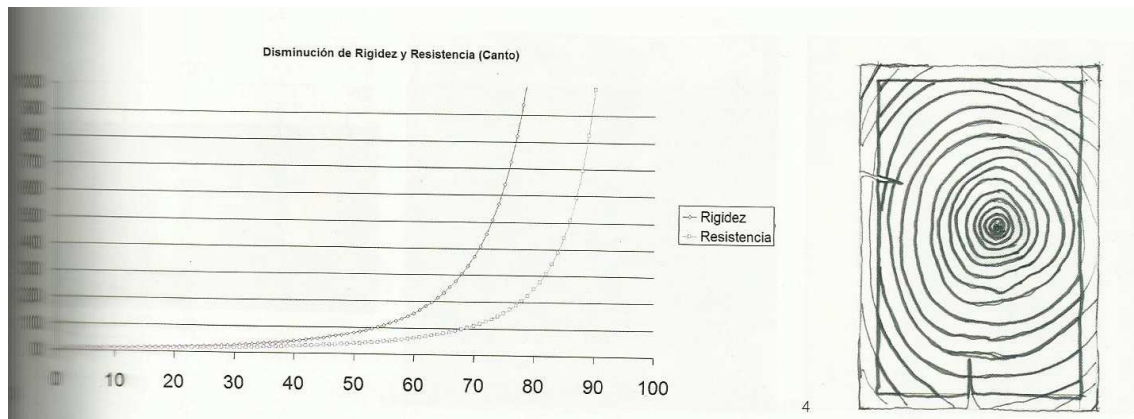
La idea consistió en partir de una serie de parámetros básicos, y respetuosos con la idea de intervención sostenible, con la voluntad de marcar una metodología de trabajo y mejora de la capacidad mecánica de forjados de madera preexistentes.

Los parámetros fueron los siguientes:

- Aplicación tanto a piezas dañadas como a aquellas, que estando sanas, son objeto de incremento de su capacidad.

- Intervención con mínima incisión, por la cara superior del forjado sin apeo.
- Economía de materiales u mano de obra.
- Facilidad de manipulación de montaje.
- Aumento significativo de la rigidez y resistencia.
- Reducción significativa de la demolición y de la producción de residuos urbanos.
- En determinados casos, aumento significativo del aislamiento acústico y de la vibración.
- Dotar a los entramados horizontales preexistentes de una losa superior de forjado que homogenice el reparto de tensiones sobre la misma y acodando los elementos de carga vertical.

Dadas las características de la madera, y pretendiendo que el aprovechamiento de dicho material sea el adecuado, se planteó un trabajo en común acero y madera. Esta sinergia de materiales se plasma en una respuesta sinérgica de la capacidad mecánica del acero y de la madera (parte en compresiones y parte en tracciones).

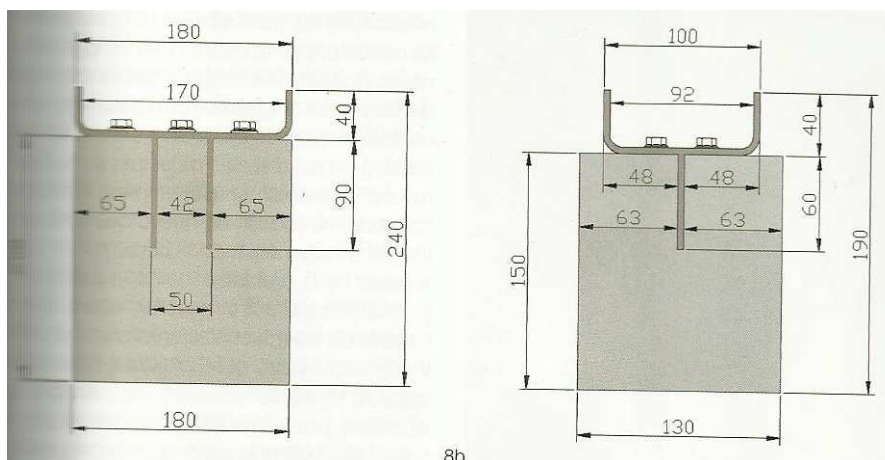


La intervención se efectúa por la cara superior, una vez descubierta la madera del forjado. La eliminación de la capa de agarre supone una reducción de peso en la estructura de madera ya deformada (flecha diferida). En el espacio que antes ocupaba el solado y su agarre, se puede disponer el refuerzo y una losa superior de forjado. Dado que los forjados de madera carecen de la hoy preceptiva losa superior de forjado, las deformaciones de los elementos lineales sometidos a flexión son diferentes de unas piezas a otras. Las ondulaciones convierten al forjado en una superficie, a veces de gran complejidad con curvaturas en varios planos diferentes.

Con el refuerzo metálico planteado se homogeniza no sólo la superficie del forjado sino también su comportamiento estructural. Con este tipo de intervención se realizan actuaciones de mínima incisión, en las que no existe trabajo por debajo del forjado (como apeos o puntales). Esta posibilidad de intervenir sólo por una de las caras facilita el régimen de programación de obras, la ausencia de desalojo en viviendas o la influencia en zonas delicadas en obras de patrimonio histórico artístico.

Los materiales empleados en la rehabilitación integral del forjado, siguiendo este sistema constructivo, se limitan al acero y a los elementos de conexión con la madera de las viguetas.

Por otro lado y al no existir sistemas sofisticados de unión (resinas epoxi o fibras de carbono) no es necesario el empleo de mano de obra especializada. El refuerzo metálico se coloca atornillado sobre la madera previa incisión en la misma de una acanaladura que aloja la pletina o pletinas verticales inferiores.



La pieza se acopla desde arriba sobre la madera, quedando ligeramente separada de la cara superior de la escuadría de madera.

La completa unión refuerzo-madera, se lleva a cabo mediante el atornillado de metal que hace que los dos materiales queden adheridos. Los tirafondos poseen longitud y sección diferente según el tipo de refuerzo que se emplean y éste depende de la capacidad mecánica que se desee adquirir y de la sección de la pieza a reforzar.

Los tornillos, que poseen una separación de 100mm siempre al tresbolillo en torno a las pletinas, se introducen (sobre un pretaladro) con ayuda de una máquina de atornillado, aunque las últimas vueltas se realizan manualmente con una llave para evitar la rotura a torsión del tirafondos.

Uno de los objetivos perseguidos en el empleo de este sistema constructivo, como ya se expuso más arriba, es el incremento de resistencia y rigidez en la estructura lignaria.

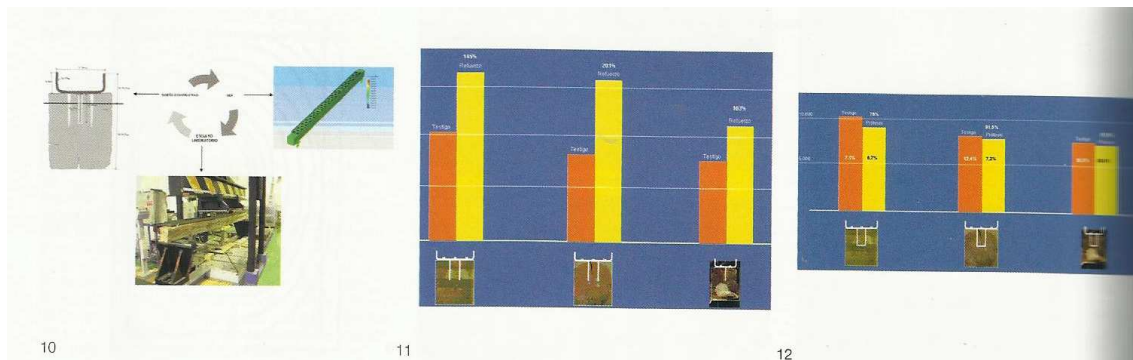
Para conseguir esto, los valores de trabajo de las piezas se ensayaron previamente mediante métodos de elementos finitos a través de programas informáticos.

El proceso se encuadra en un sistema cíclico para optimizar las distintas etapas del diseño y el proceso de experimentación.

Los ensayos se llevaron a cabo sobre piezas a escala real sobre piezas de distinta tipología y constitución (madera laminada, madera maciza y madera antigua).

En los ensayos se obtuvieron valores de deformación y tensión en distintas fases de la carga, aunque lo que primó es el ensayo a rotura de las piezas según la UNE EN408.

Las conclusiones de los ensayos de laboratorio fueron decisivas consiguiéndose incrementos de resistencia en algunos casos (madera-maciza), del doble respecto de las piezas sin reforzar. Un dato importante es que los coeficientes de variación de las distintas muestras se redujeron considerablemente al emplear el refuerzo, comprobándose de nuevo que este actuaba homogeneizando el conjunto.



A pesar de la problemática de la deformación diferencia entre madera y acero ensamble de los materiales en el sistema constructivo demostró que la madera posee una capacidad mecánica residual considerable y que ésta se ve complementación del acero, tras la ascensión experimental por la fibra neutra de la sección reforzada.

Se posibilita así, que la línea estructural de madera, ahora reforzada, funcione en la franja óptima de esfuerzos, recuperándose su función portante en el caso de piezas con cierto grado de ataque e incrementándose notablemente su capacidad para absorber nuevas cargas para las que el forjado antiguo no estaba preparado. Las flechas (inicial y final) de los paños era alta, lo que atestiguaba un problema de ataque antes incluso de proceder al levantamiento de solado para comprobar el estado del la madera.

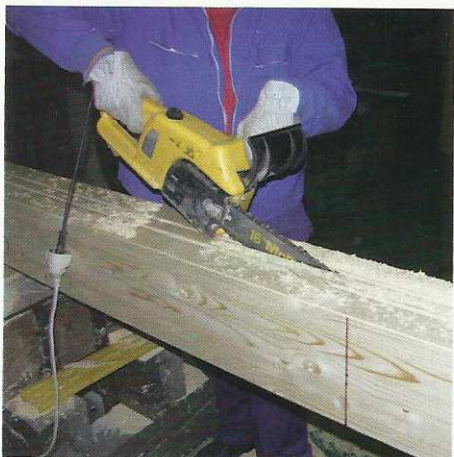
Tras los cálculos realizados sobres los paños concretos se diseño un perfil que recuperaba la capacidad mecánica de la pieza hasta incluso un 60%.

Para el montaje se acortó la acanaladura con sierra de disco para posteriormente realizar la perforación con sierra motorizada.

El atornillado de la pieza metálica se lleva a cabo desde los apoyos y hacia dentro y la deformación de la pieza se va reduciendo al ir uniéndose acero y madera.

Por otro lado dado que la fase de atornillado conlleva tanta importancia de cara la conexión entre los dos materiales, se han realizado estudios para poder conocer el rango del par de apriete de los tornillos de los refuerzos, con valores en la fase acabada los 15 Nm. Inicialmente, y a través de la terminación del solado empleando morteros aligerados así una losa superior de forjado cuya función aparte de la estipulada por el CTE y el eurocódigo trata de complementar la estructura de tres materiales, madera, acero hormigón.

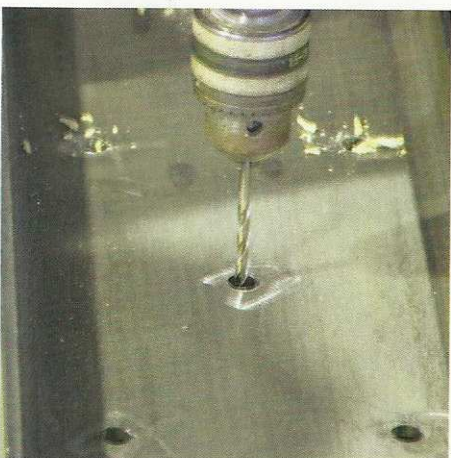
En estos momentos se está trabajando en la segunda generación de este tipo de refuerzos empleando acero conformado en frío de 1mm de espesor con unos resultado muy prometedores cifrados en valores muy similares de resistencia y de reducción de peso características.



6



17



3



19

PLANOS:

