



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
C/. Serrano Galvache, n.º 4. 28033 Madrid
Tel. (+34) 91 302 04 40 · Fax (+34) 91 302 07 00
<http://www.ietcc.csic.es>



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 271R/11

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMA DE REPARACIÓN
DE FORJADOS DE VIGUETAS**

Nombre comercial:

NOU-BAU

Beneficiario:

SISTEMES DE REFORÇ ACTIU, S.L.

Sede Social:

Jaume Balmes 8
08301 MATARÓ (Barcelona)
España
Tel. 93 796 41 22 Fax 93 755 31 07
E-mail: noubau@noubau.com
[http:// www.noubau.com](http://www.noubau.com)

Validez. Desde:
Hasta:

13 de diciembre de 2011
13 de diciembre de 2016
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 32 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÈMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGRÈMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREMENT IN BAUWESEN

MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento integro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.

C.D.U.: 695.059.32
Refuerzo de estructuras
Structural
Renforcement de structures

DECISIÓN NÚM. 271R/11

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad SISTEMES DE REFORÇ ACTIU, S.L., de renovación y ampliación del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA n.º 271R, al ampliar el campo de aplicación a forjados de viguetas de madera, colocación de los refuerzos en posición vista, normal e invertida y actualización de texto en el **Sistema de reparación de forjados de viguetas con cemento aluminoso NOU-BAU**,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesión celebrada el día 10 de noviembre de 2011,

DECIDE:

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 271R, con el número 271R/11 al **Sistema de reparación de forjados de viguetas NOU-BAU**, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA avala exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto técnico y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente.

El proyecto técnico vendrá suscrito, en cada caso, por SISTEMES DE REFORÇ ACTIU, S.L., que justificará el cumplimiento de la normativa en vigor, aportando la correspondiente memoria de cálculo y la documentación gráfica en la que se detallen la geometría de todas las piezas, las condiciones de conexión de piezas entre sí y las condiciones de apoyo en la estructura existente.

En general, se tendrán en cuenta las prescripciones de las normativas vigentes. Como recordatorio se citan las siguientes: "Código Técnico de la Edificación" (CTE); "Instrucción de Hormigón Estructural" (EHE), en todos aquellos puntos que puedan ser de aplicación.

CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en este Documento en su Informe Técnico, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del Sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados últimos y de servicio.

Asimismo, se deberán estudiar las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que el incremento de cargas debidas al Sistema de reparación y la transmisión de esfuerzos que se derivan, son admisibles.

CONDICIONES DE PUESTA EN OBRA

La puesta en obra del Sistema debe realizarse por el fabricante o por empresas cualificadas y autorizadas por él. Con este fin, Sistemes de Reforç Actiu, S.L., dispondrá de una lista de empresas autorizadas, las cuales garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente documento. Una copia de dicha lista estará disponible en el IETcc.

Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones en el curso de montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 271R/11 sustituye y anula el Documento n.º 271R y es válido durante un período de cinco años a condición de:

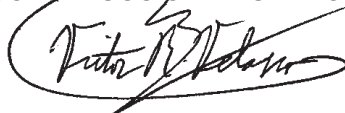
- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 13 de diciembre de 2016.

Madrid, 13 de diciembre de 2011

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Víctor R. Velasco Rodríguez

INFORME TÉCNICO

0. OBJETO DEL DIT

Sistema de refuerzo de forjados nervados unidireccionales de viguetas, consistente en una sustitución funcional de las viguetas deterioradas mediante la colocación, bajo las mismas, de una viga extensible de acero inoxidable o galvanizado capaz de asegurar la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de resistencia a flexión de la viga afectada.

La viga extensible soporta directamente los elementos de entrevigado, además de la viga deteriorada.

A nivel resistente, el forjado a reparar debe ser capaz de resistir los esfuerzos originados por la contraflecha introducida en la puesta en obra del Sistema hasta absorber su concarga.

Una vez puesto en obra, el Sistema no considera, a efectos de cálculo, la colaboración resistente de las viguetas del forjado que se repara.

La evaluación técnica, tal y como queda reflejada en el DIT n.º 271, se realizó para forjados de viguetas de hormigón armado o pretensado realizadas con cemento afectado de aluminosis.

La puesta en práctica y los ensayos realizados han demostrado que el Sistema es válido para la reparación de otros tipos de forjados unidireccionales, con viguetas de hormigón, acero o madera, siempre que se respeten las indicaciones del informe técnico, la compatibilidad de los materiales y las observaciones de la Comisión de Expertos.

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema está compuesto por un conjunto de elementos de acero inoxidable o galvanizado, constituidos por un módulo longitudinal extensible conformado en omega, utilizando tres perfiles que se sueldan entre sí en obra, y unos apoyos que encajan por debajo del perfil extremo y se anclan al soporte.

En luces cortas, el módulo longitudinal podrá estar constituido por un perfil único que cubra toda la longitud de la viga a reparar.

La transmisión de esfuerzos al soporte se realiza mediante unos anclajes de tipo químico o mecánico según los casos.

El perfil se puede colocar de varias formas:

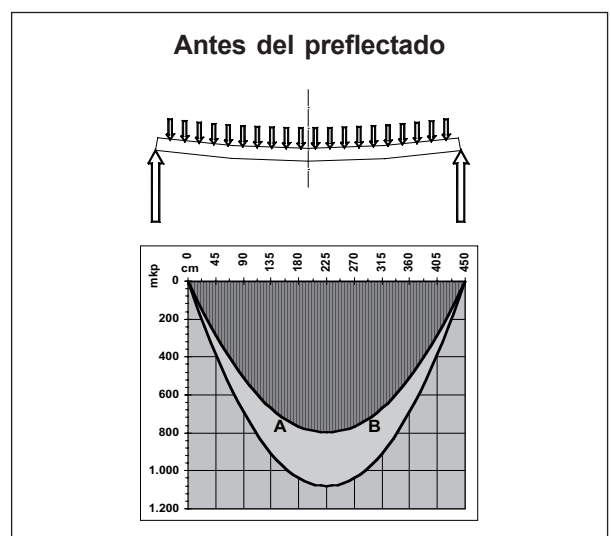
- Empotrada o semiempotrada: el perfil se coloca abrazando, total o parcialmente, a la viga del forjado que se refuerza y rellenando posteriormente el espacio entre el perfil y la viga con un material sin función resistente que actúa como distribuidor de cargas (Figura 1).
- Colocado en posición vista en el intradós del forjado, en posición normal (Figura 2) o invertida (Figura 3). En estos montajes se disponen tres caballetes rigidizadores en el interior del perfil y no se realiza el relleno.

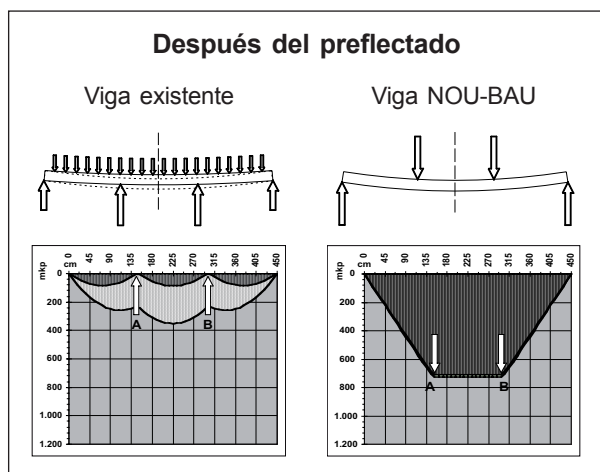
En ambos casos se precisa realizar un rejuntado entre el perfil (aletas o base según la posición) y el forjado para que se produzca correctamente la transmisión de cargas (Figuras 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4).

El Sistema es un refuerzo activo de forjados, consistente en provocar la descarga del elemento estructural horizontal que se pretende reforzar, mediante el plectado de un elemento lineal resistente colocado en su parte inferior; de esta forma se consigue una colaboración entre “elemento existente-elemento nuevo”, absorbiendo el elemento nuevo las concargas y el conjunto de las sobrecargas, colaboración que perdura mientras el elemento a reforzar no pierda totalmente su capacidad resistente a flexión (Figuras 1, 2 3 y 4).

Una vez realizada la puesta en obra, si esta pérdida se produce, el elemento de refuerzo absorbe la totalidad de las cargas quedando la viga original como mero distribuidor de cargas conjuntamente con el material de relleno, en su caso, con requerimientos de resistencia a compresión de 1 kp/cm².

El plectado del refuerzo consigue un doble efecto: la descarga de la viga existente a sustituir y la puesta en carga de la viga de refuerzo.





La descarga del elemento estructural que se va a sustituir (la vigueta existente) se consigue aplicándole dos fuerzas verticales ascendentes mediante unas piezas llamadas prismas separadores (A y B) situados al final de los perfiles extremos (aproximadamente a un tercio de la luz de la vigueta) con las que se anula, en estos puntos, el momento flector producido por las cargas muertas.

Las solicitaciones de las cargas muertas, sobre la vigueta existente así descargada, se reducen a, aproximadamente, una novena parte de las que soportaba.

El preflectado de la viga del Sistema de refuerzo se consigue por la acción de las fuerzas de preflectado, que se aplican sobre los soportes, y las reacciones en los prismas separadores. El valor óptimo de esta fuerza es el que anula el momento flector, producido por el conjunto de las cargas muertas, en los puntos de aplicación sobre la vigueta existente, puntos A y B de la Figura 5.

De este modo se consigue una puesta en carga de la viga de refuerzo muy parecida a la que debería soportar en el caso que la vigueta existente llegara a perder su resistencia mecánica a flexión totalmente, con lo que se evita el riesgo de posteriores flechas.

Las operaciones de descarga de la vigueta existente y de preflectado de la viga de refuerzo se realizan conjuntamente al aplicar las fuerzas de preflectado. La transmisión de esfuerzos entre las dos piezas se produce a través de los prismas separadores.

El valor diferencial entre la elevación del perfil en los apoyos y la elevación en el punto central del perfil, es lo que se denomina flecha virtual de montaje o deflexión inicial.

El preflectado puede disminuir la flecha inicial del forjado existente, dependiendo este hecho de la rigidez del mismo.

2. MATERIALES

2.1 Chapa de acero

2.1.1 Chapa de acero inoxidable

Chapa laminada en frío. Según el caso, se utilizan dos tipos de acero: el AISI-304 (X5CrNi18-10) para condiciones normales, y el AISI-316 (X5CrNiMo17-12-2) para condiciones excepcionales de alta exposición a la presencia de cloruros, como por ejemplo junto al mar.

Las características de estos aceros se dan en el

Cuadro 1

Datos del material		
Tipo de acero	AISI-304	AISI-316
UNE-EN 10088-2:2008	X5CrNi18-10	X5CrNiMo17-12-2
Estructura	Austenítica	Austenítica
Composición química (%)		
C	≤ 0,07	≤ 0,07
Si	≤ 1,00	≤ 1,00
Mn	≤ 2,00	≤ 2,00
P máx.	0,045	0,045
S	≤ 0,015	≤ 0,015
N	≤ 0,11	≤ 0,11
Cr	17,50 - 19,50	16,50 - 18,50
Ni	8,00 - 10,50	10,00 - 13,00
Mo	—	2,00 - 2,50
Propiedades mecánicas		
Resistencia tracción	520-720 N/mm ²	520-670 N/mm ²
Límite elástico*	≥ 290 N/mm ²	≥ 290 N/mm ²
Alargamiento rotura	≥ 45 %	≥ 45 %
Dureza	< 215 HBR	< 216 HBR
Equivalencia internacional		
E (UNE)	F-3505	F-3534
USA (AISI)	AISI-304	AISI-316
Fr (AFNOR)	(Z6CN18-09)	(Z6CND17-11)
UK (BS)	(304S15)	(316S16)
S (SIS)	(2332)	(2347)
J (JIS)	SUS27	SUS32
D (DIN)	1.4301	1.4401

* El límite elástico se controla a partir de los certificados de colada.

2.1.2 Chapa de acero galvanizado

La chapa de acero bajo en carbono, galvanizada en continuo por inmersión en caliente, tiene una protección de cinc del tipo Z 275 (275 g/m²) según norma UNE-EN 10346:2010.

Las características de estos aceros se dan en el

Cuadro 2

Datos del material	
Tipo de acero	DX 51 D+Z
UNE-EN 10346:2010	1.0226
Recubrimiento	Z 275
Composición química (%)	
C máx.	0,10
S máx.	0,035
P máx.	0,04
Mn máx.	0,60
Propiedades mecánicas	
Resistencia mínima a tracción	270 N/mm ²
Resistencia máxima a tracción	500 N/mm ²
Límite elástico mínimo	> 140 N/mm ²
Límite elástico requerido	> 275 N/mm ²
Alargamiento rotura A ₈₀	> 22%
Equivalencia internacional	
E (UNE)	Fe P02 G
UK (BS 2989)	Z1 G / Z2 G
D (DIN)	St 01Z / St 02Z
ASTM	A 653 CQ

El límite elástico se controla a partir de los certificados de colada.

2.2 Material de relleno

Mortero celular obtenido con espumantes para reducir la densidad. El cemento a utilizar se elegirá en función del material de la vigueta y deberá estar en posesión de marcado CE. El espumante utilizado es Horcel de la casa Asfaltos Chova, S.A. Las características de este aditivo son:

- Tipo: Líquido.
- Color: Marrón negruzco.
- No se degrada con el tiempo.
- Es imputrescible y no inflamable.
- Presentación: Comercial en envases de 30 l.
- Dosificación:
 - 50 kg de cemento;
 - 500 cm³ de Horcel;
 - 40 l de agua.
- Tiempo de amasado: 3 minutos.
- Temperatura mínima de aplicación: + 5 °C.

El mortero obtenido debe tener las siguientes características, debiendo quedar garantizada la compatibilidad del mortero con el hormigón de la vigueta a reforzar.

- pH: 10-11.
- Contenido en Na₂O: < 0,6 %
- Contenido en SO₃: < 3 %
- Corrosividad: No ataca a las armaduras ni elementos metálicos en contacto.

2.3 Soldaduras

2.3.1 Acero inoxidable

En la puesta en obra, pueden utilizarse dos sistemas de soldadura:

- Sistema TIG con ánodo de tungsteno en atmósfera de gas de protección. Aconsejable para su uso en interiores habitados, por el bajo nivel de chisporroteo. Se usa sin aportación sólo cuando las piezas a soldar están en contacto perfecto, si el contacto no es total se utiliza aportación de alambre con bajo contenido en carbono.
- Sistema MIG con alambre de aportación continua, a utilizar cuando el contacto entre las planchas a soldar no es total.

La soldadura se hace con alambre de bajo contenido de carbono, especial para soldaduras de acero inoxidable en atmósfera de gas de protección.

Gases de protección utilizables:

GTAW	Gas inerte	Ar (99,99%)	I1
GMAW	Gas de mezcla	Ar + 1 a 3 % O ₂	M11
	Gas de mezcla	Ar + 2 % CO ₂	M12

Cuadro 3

Características del hilo		
Tipo de acero a soldar UNE-EN 10088-2:2008	X5CrNi18-10	X5CrNiMo17-12-2
Estructura	Austenítica	Austenítica
Clasificación del hilo		
AWS A5.9	ER 308 LSi	ER 316 LSi
EN 12072	G 19 9 LSi	R 19.12.3L Si
Composición química típica (% en peso)		
C	0,01	< 0,08
Mn	1,70	1,00 - 2,50
Si	0,80	0,65 - 1,00
Cr	20,00	18,00 - 20,00
Ni	10,00	11,00 - 14,00
Mo	0,20	2,00 - 3,00
P máx.	0,04	0,03
S máx.	0,015	0,03
Propiedades mecánicas del metal depositado		
Resistencia tracción	> 510 N/mm ²	> 500 N/mm ²
Límite elástico	> 320 N/mm ²	> 400 N/mm ²
Alargamiento rotura	> 30 %	> 30 %

2.3.2 Acero galvanizado

Se utiliza el sistema MIG de aportación continua con alambre tubular auto-protegido, para la soldadura de aceros al carbono en general, donde no se requieran propiedades al impacto.

Cuadro 4

Características del hilo	
Tipo de acero a soldar UNE-EN 10346:2010	DX 51 D+Z
Clasificación del hilo	
AWS A5.20	E71T-11
Composición química típica (% en peso)	
C	0,21
Mn	0,60
Si	0,18
Al	1,50
P	0,008
S	0,007
Propiedades mecánicas del metal depositado	
Resistencia tracción	> 580 N/mm ²
Límite elástico	> 450 N/mm ²
Alargamiento rotura	> 23 %

2.4 Galvanizador de cincado en frío

Se utiliza ZINCANTE ZI 102 (ECO SERVICE). Se trata de un protector antioxidante en formato de spray con un elevado contenido de zinc particularmente adaptado para la protección de la soldadura. Este producto forma una película de zinc que preserva el material ferroso de la oxidación y puede ser sobre barnizado o dejado como protección final.

Cuadro 5

Características del spray	
Base	Zincado puro en un 98% en un envase a presión con base y gas líquido
pH	5
Disolvente	Hidrocarburo natural inodoro, no tóxico, no contiene CFC
Poder de inflamación	Elevado
Resistencia al calor	Hasta 700 °C
Color	Zincado gris
Tiempo de secado	Secado rápido
Espesor de la película en seco	15 - 20 µm

2.5. Resinas

Mediante las resinas se realizan los anclajes al soporte. Se utiliza la resina “DESA-CHEM” (DESA). Se trata de un producto bicomponente con

certificado N.º IC/4867-093/1, otorgado por el Imperial College of London de conformidad con la directiva UEAtc.

- Tiempo de fraguado: a 30 °C 30 minutos;
a 25 °C 60 minutos;
a 15 °C 120 minutos;
a 5 °C 180 minutos.
- Temperatura mínima de aplicación: + 5 °C.
- Temperatura máxima de aplicación: + 40 °C.

2.6 Tornillos

2.6.1 Acero inoxidable

El material de la tornillería a utilizar en los anclajes de los apoyos será del mismo tipo que el utilizado para la chapa: acero AISI-304 (X5CrNi18-10) para condiciones normales, y acero AISI-316 (X5CrNiMo17-12-2) para condiciones excepcionales de alta exposición a cloruros, con la única diferencia que las características mecánicas requeridas serán las garantizadas con carácter general para los materiales estándar.

Las características de estos aceros se dan en el

Cuadro 6

Datos del metal		
Tipo de acero UNE-EN 10088-2:2008	X5CrNi18-10	X5CrNiMo17-12-2
Estructura	Austenítica	Austenítica
Propiedades mecánicas		
Resistencia tracción	> 500 N/mm ²	> 500 N/mm ²
Límite elástico	> 290 N/mm ²	> 290 N/mm ²
Alargamiento rotura	> 45 %	> 40 %
Dureza	< 215 HBR	< 216 HBR

2.6.2 Acero galvanizado

El material de la tornillería a utilizar en los anclajes de los apoyos para galvanizado será acero S 275 JR (F1). Las características de estos aceros se dan en el

Cuadro 7

Datos del metal	
Tipo de acero UNE-EN 10025-2:2006	S275JR (F1)
Estructura	Austenítica
Propiedades mecánicas	
Resistencia tracción	> 410 N/mm ²
Límite elástico	> 275 N/mm ²
Alargamiento rotura	> 16 %
Dureza	> 168 HBR
Protección	Z275

3. COMPONENTES DEL SISTEMA

3.1 Módulo longitudinal

El módulo longitudinal consiste en una viga extensible constituida por tres perfiles en omega que permite una ligera convexidad en su puesta en obra, compuesta por un perfil central y dos perfiles extremos que encajan en el perfil central (Figuras 1.1, 2.1 y 3.1).

El solape mínimo para permitir la perfecta continuidad de comportamiento no será menor de 100 mm en los perfiles menores, hasta NB-180, y no será menor de 150 mm en los superiores. La unión entre los distintos perfiles se realiza mediante soldadura (Figura 4).

Las características geométricas y mecánicas de los perfiles utilizados se dan en los Cuadros 8.1 y 8.2. Se podrán utilizar perfiles semejantes, con ligeras variaciones de dimensiones o gruesos para adaptarse a necesidades especiales.

Cuando el refuerzo se coloca en posición invertida se colocan tres caballetes rigidizadores en el perfil central y las dos piezas más extremas quedan situadas en los puntos de transmisión de las fuerzas del preflectado.

En la solución vista en posición normal, las posiciones de los caballetes son las mismas pero se colocará un caballete en cada uno de los tres perfiles debido al solape. De esta manera los prismas separadores irán colocados sobre los dos caballetes más extremos.

El caballete es una pieza de chapa metálica, del mismo acero que el módulo longitudinal, de sección en forma de U, que encaja en la superficie interior del perfil al que va unido mediante soldadura. Véanse Figuras 2.2, 2.4, 3.2 y 3.4. Estas piezas aportarán rigidez al conjunto, para evitar la posible inestabilidad de las aletas y actuarán como repartidores de carga.

3.2 Apoyos

El apoyo está formado por un perfil, de sección complementaria de los perfiles extremos, solidario con dos placas de base que disponen de las perforaciones necesarias para la fijación al soporte mediante anclajes de tipo mecánico o químico (Figuras 1.2, 2.4, y 3.4). El conjunto se obtiene por plegado de chapa.

El diseño de la pieza permite que los extremos del perfil del módulo longitudinal estén coartados en cuanto a los desplazamientos en el sentido transversal, disminuyéndose de este modo el efecto del posible pandeo lateral de las alas del perfil.

El preflectado se realizará con puntales dinamométricos o con gatos hidráulicos controlados con manómetros que permitan la medición del esfuerzo introducido.

Cuando el forjado está apoyado en muros portantes de fábrica de ladrillo, sobre jácnas metálicas o de hormigón, pueden disponerse las uñas en forma de L hincadas en el paramento vertical, justo en la misma línea de asiento del elemento a reforzar y a ambos lados del mismo, que recibirán por soldadura la pieza base del apoyo (Figura 7). Estas uñas se reciben al soporte mediante morteros de cemento con resistencia a compresión no inferior a $2,5 \text{ N/mm}^2$ (25 kp/cm^2). Las uñas podrán colocarse según la Figura 8 o de forma invertida, eligiéndose la forma que sea más adecuada al soporte existente y al tipo de solución constructiva elegida. La fijación del apoyo se complementa, en estos casos, con anclajes de tipo mecánico o químico.

3.3 Anclajes

La definición del tipo y número de anclajes se realizará en función del material base de apoyo y de los esfuerzos transmitidos al mismo. Estos datos serán facilitados por el responsable del Sistema, en función de las recomendaciones del fabricante del anclaje para cada material base de apoyo. Cuando el anclaje se realice en hormigón se recomienda poseer marcado CE

3.4 Elementos complementarios

3.4.1 Prismas separadores

Para producir el contacto puntual, requerido durante la operación de montaje, entre los perfiles "NOU-BAU" y la vigueta a reforzar, en los puntos donde se aplican las fuerzas de preflectado, se colocan unos prismas de madera, de $7 \times 7 \text{ cm}$ de base y altura variable, según la solución adoptada.

3.4.2 Aletas inferiores

Pieza en forma de "L" de ángulo ligeramente agudo, complementario de la abertura del perfil. Su misión es recibir las piezas de reconstrucción de las bovedillas en el montaje totalmente empotrado (Figura 8).

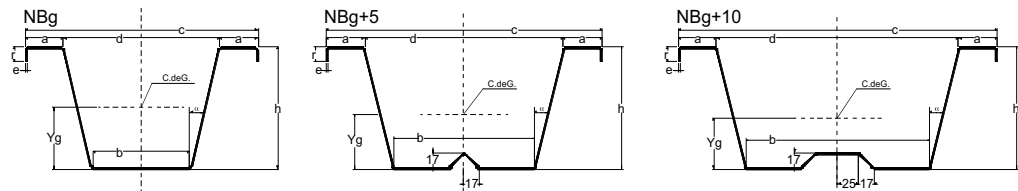
3.5 Material de relleno

Sirve de relleno entre la vigueta deteriorada y el perfil de refuerzo, cuando la colocación es empotrada o semiempotrada. Su función es la de mero distribuidor de cargas, con requerimientos de resistencia mínima a compresión de $0,1 \text{ N/mm}^2$ ($\sim 1 \text{ kp/cm}^2$).

Cuadro 8.1. PERFILES DE ACERO INOXIDABLE

D	Desarrollo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
P	Peso unitario															Eje X						Eje Y																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Yg	Altura C. de G.															I _x			W _x			i _x			I _y			W _y			i _y																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
S	Sección															cm ⁴			cm ³			mm			cm ⁴			cm ³			mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
I	Momento de inercia																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
W	Módulo resistente																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
i	Radio de giro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		h	e	b	d	c	a	r			D	P	Y _g	S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Cuadro 8.2. PERFILES DE ACERO GALVANIZADO

D	Desarrollo																		
P	Peso unitario																		
Y_g	Altura C. de G.																		
S	Sección																		
I	Momento de inercia																		
W	Módulo resistente																		
i	Radio de giro																		
														Eje X			Eje Y		
Perfil	h	e	b	d	c	a	r			D	P	Y_g	S	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad	°	mm	kg/m	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	mm	cm ⁴	cm ³	mm
GVn-140	140	2	113	180	270	45	17	0,24	14	510	8,16	69,88	10,27	300,25	42,69	54,17	665,12	49,27	80,62
GVn-160	160	2	123	200	300	50	17	0,24	14	570	9,12	79,73	11,46	436,74	54,41	61,74	903,87	60,26	88,83
GVn-180	180	2,5	134	215	335	60	24	0,22	13,2	648	12,96	92,16	16,31	787,28	85,53	69,43	1.604,29	96,19	99,11
GVn-200	200	2,5	144	217	357	70	29	0,18	10,8	727	14,54	104,57	18,28	1.091,69	104,4	77,27	2.023,71	113,37	105,2
GVn-220	220	3	160	240	390	75	35	0,18	10,8	805	19,32	114,68	24,19	1.738,15	151,56	84,76	3.267,91	167,59	116,2
GVn+5-140	140	2	163	230	320	45	17	0,24	14	570	9,1	62,8	11,48	344,62	44,65	54,76	1.108,92	69,31	98,24
GVn+5-160	160	2	173	250	350	50	17	0,24	14	638	10,21	72,6	12,69	496,6	56,82	62,53	1.443,70	82,5	106,6
GVn+5-180	180	2,5	184	265	385	60	24	0,22	13,2	714	14,28	84,8	17,89	890,94	93,61	70,55	2.457,85	127,68	117,2
GVn+5-200	200	2,5	194	267	407	70	29	0,18	10,8	789	15,78	97	19,82	1.227,48	119,14	78,68	3.019,76	148,39	123,4
GVn+5-220	220	3	210	290	440	75	35	0,18	10,8	872	20,93	107,1	26,03	1.936,09	171,48	86,24	4.708,63	214,03	134,5
GVn+10-140	140	2	213	280	370	45	17	0,24	14	627	10,03	58,1	12,5	363,45	44,36	53,91	1.695,64	91,66	116,5
GVn+10-160	160	2	223	300	400	50	17	0,24	14	689	11,02	68,5	13,72	524,94	57,38	61,83	2.141,79	107,09	124,9
GVn+10-180	180	2,5	234	315	435	60	24	0,22	13,2	771	14,42	80,3	19,19	944,39	94,76	70,15	3.527,70	162,19	135,6
GVn+10-200	200	2,5	244	317	457	70	29	0,18	10,8	848	16,96	92,2	21,11	1.302,72	120,8	78,54	4.263,13	186,57	142,1
GVn+10-220	220	3	260	340	500	75	35	0,18	10,8	923	22,15	102,1	27,59	2.051,75	173,99	86,23	6.474,26	264,26	153,2
														Eje X			Eje Y		
Perfil	h	e	b	d	c	a	r			D	P	Y_g	S	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad	°	mm	kg/m	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	mm	cm ⁴	cm ³	mm
GVg-120	121,5	2	113	170	260	45	17,5	0,24	14	471	7,54	59,96	9,44	211,61	34,95	47,33	578,07	44,47	78,23
GVg-140	140,5	2,5	113	180	270	45	17	0,24	14	510	10,2	69,61	12,72	372,69	52,57	54,1	824,07	61,04	80,45
GVg-160	160,5	2,5	123	200	300	50	17	0,24	14	570	11,4	79,68	14,25	542,13	67,08	61,74	1.120,69	74,71	88,66
GVg-180	180,5	3	134	215	335	60	24	0,22	13,2	648	15,55	92,11	19,55	941,06	106,46	69,37	1.919,90	114,62	99,08
GVg-200	200,5	3	144	217	357	70	29	0,18	10,8	727	17,45	104,51	21,86	1.304,04	124,77	77,22	2.413,13	135,19	105,1
GVg-220	221	4	160	240	390	75	35	0,18	10,8	805	25,76	114,58	32,06	2.298,24	200,58	84,66	4.308,20	220,93	115,9
GVg+5-120	121,5	2	163	220	310	45	17,5	0,24	14	533	8,53	53,78	10,68	242,91	36,41	47,67	976,61	63,01	95,58
GVg+5-140	140,5	2,5	163	230	320	45	17	0,24	14	570	11,4	62,84	14,27	427,01	54,98	54,69	1.375,44	85,97	98,16
GVg+5-160	160,5	2,5	173	250	350	50	17	0,24	14	638	12,76	72,56	15,8	616,32	70,09	62,44	1.792,02	102,4	106,5
GVg+5-180	180,5	3	184	265	385	60	24	0,22	13,2	714	17,14	84,81	21,39	1.062,77	111,06	70,48	2.931,00	152,26	117,1
GVg+5-200	200,5	3	194	267	407	70	29	0,18	10,8	789	18,94	96,97	23,7	1.465,21	141,52	78,62	3.603,23	177,06	123,3
GVg+5-220	221	4	210	290	440	75	35	0,18	10,8	872	27,9	107,08	34,47	2.556,55	224,41	86,11	6.214,13	282,46	134,3
GVg+10-120	121,5	2	213	270	360	45	17,5	0,24	14	590	9,44	50,65	11,71	254,92	36,49	46,64	1.508,28	83,79	113,5
GVg+10-140	140,5	2,5	213	280	370	45	17	0,24	14	627	12,54	59,14	15,56	450,59	55,38	53,8	2.104,71	113,77	116,3
GVg+10-160	160,5	2,5	223	300	400	50	17	0,24	14	689	13,78	68,46	17,09	651,59	70,79	61,73	2.660,19	133,01	124,7
GVg+10-180	180,5	3	234	315	435	60	24	0,22	13,2	771	18,5	80,3	22,95	1.126,80	112,45	70,06	4.209,01	193,52	135,4
GVg+10-200	200,5	3	244	317	457	70	29	0,18	10,8	848	20,35	92,12	25,26	1.555,46	143,51	78,46	5.089,13	222,72	141,9
GVg+10-220	221	4	260	340	490	75	35	0,18	10,8	923	29,54	102	36,58	2.710,86	227,8	86,08	8.550,68	349,01	152,9

4. FABRICACIÓN

Los materiales y componentes empleados en el Sistema propuesto son suministrados por:

- Chapa de acero inoxidable:
 - ASI (I) (Acciai Speciali Terni España DVP, S.A., del grupo Krupp-Thyssen-Nirosta);
 - Acerinox (E);
 - ALZ (B);
 - Outokumpu Polarit OY (Fnd);
 - Avesta Sheffield Ltd. (UK);
 - S.C. Otelineox, S.A. (Ru).
- Chapa de acero galvanizado:
 - Susider (E) (Calidad y Servicio en Suministros Siderúrgicos);
 - Arcelor, S.A. (UE).

A partir de planchas del grueso requerido se cortan, se estampan y se doblan para fabricar los perfiles y piezas de apoyo.

El fabricante garantiza las siguientes tolerancias, en perfiles y piezas de apoyo:

- Longitud: $\pm 0,5 \%$;
- Altura: $\pm 1,5 \%$;
- Otras dimensiones: $\pm 2,0 \%$.

- Aditivo Horcel: ASFALTOS CHOVA, S.A.
- Resinas para los anclajes: DESA, S.A.

Cualquiera de los materiales descritos utilizados en la fabricación del Sistema, podrán ser suministrados por fabricantes diferentes a los indicados, siempre que se garantice, mediante certificación, que cumplen las mismas condiciones exigidas en este Documento. Modificaciones que deberán ser notificadas previamente, para su aprobación, al IETcc.

5. CONTROL DE CALIDAD

SISTEMES DE REFORÇ ACTIU, S.L., tendrá registrados y a disposición del IETcc todos los controles y certificados que a continuación se indican, para garantizar la calidad y trazabilidad de los productos.

5.1 Controles de recepción de materias primas o componentes

Chapa: El material base está garantizado por el suministrador del acero, que tiene establecido su sistema de control sobre todo el proceso de fabricación, mediante certificación del producto garantizando su composición y características mecánicas.

La chapa de acero está fabricada por los suministradores antes mencionados a los que se exigirá certificación de calidad según ISO 9001.

Cada suministro llevará adjunto el certificado de características de la bobina utilizada.

Aditivo: Certificado emitido por la empresa suministradora garantizando las características del producto.

Resina: Certificado emitido por el fabricante garantizando las características del producto.

Anclajes: Certificados emitidos por las empresas suministradoras tanto de las características de las resinas como de la tornillería utilizada.

Los anclajes en hormigón deberán estar en posesión del Marcado CE.

5.2 Controles de fabricación de componentes

La empresa suministradora de los perfiles realiza un control de dimensiones y tolerancias en los perfiles y piezas de apoyo.

5.3 Control de puesta en obra

Como se indica en las Condiciones Generales de este Documento, los montajes deberán llevarse a término sometidos a la preceptiva dirección de obra; no obstante, el fabricante del Sistema garantizará el control de la puesta en obra, de acuerdo con las especificaciones técnicas contenidas en este Documento.

El montaje del Sistema NOU-BAU será realizado únicamente por personal homologado por el fabricante.

Las soldaduras en obra serán realizadas sólo por soldadores cualificados (ASME Sec. IX QW-484), utilizando procedimientos también cualificados según ASME Sec. IX.

El fabricante dispone de un sistema de Control de Puesta en Obra con certificado de aseguramiento de la calidad según ISO 9001:2000 n.º EC-1421/04 emitido por Applus.

Para cada obra el fabricante redacta el Dossier de Montaje con las instrucciones concretas que se deberán seguir en la puesta en obra. Además de las condiciones generales del montaje, se detalla, para cada unidad de viga a reforzar: su ubicación, el tipo de montaje a realizar (empotrado, semiempotrado, visto en posición normal o invertida), cada uno de los elementos NB que la compondrán y el esfuerzo de preflectado requerido.

En dicho Dossier se establece un control inicial del equipo de montaje (con revisión e inspección tanto del personal, como de la maquinaria, del utillaje, y de las medidas de seguridad) y dos controles de la puesta en obra: el Autocontrol de montaje y la Inspección técnica de recepción.

5.3.1 Autocontrol de montaje

Lo realiza el responsable del equipo de montaje en paralelo con la ejecución del montaje, y tiene por objeto comprobar, en cada viga, la corrección de

todos los elementos que la conforman y de todas las operaciones que se ejecutan para montarla.

Características de cada viga que se revisan y certifican en el autocontrol de montaje:

- Su ubicación, a partir del Número de Identificación (NI) del esquema de montaje.
- El tipo de montaje realizado y los componentes NB que se han utilizado.
- El espesor de los prismas separadores utilizados.
- Las soldaduras: longitud del cordón y calidad visual de la misma.
- La presión aplicada en el preflectado.
- El correcto atornillado de todos los anclajes.
- El nivel del relleno, indicado en cm aproximados de llenado.
- Las piezas especiales, si las hubiere, y otras observaciones.

Como evidencia del control efectuado, a parte de la Certificación de autocontrol, se estampará una marca de estado en la viga controlada.

5.3.2 Inspección técnica de recepción

La Inspección técnica de recepción de cada montaje será realizada por la oficina técnica del fabricante y consiste en una revisión visual, viga por viga, de la ubicación, sus componentes, tipo de montaje, marca de estado, soldadura (aparición y protección) y las observaciones. Por lotes, de un máximo de 25 unidades, se realiza un control más detallado en una viga elegida de forma aleatoria: las soldaduras, los anclajes, el nivel del relleno y la deformación del refuerzo por efecto del preflectado. De cada inspección se levanta el Acta correspondiente.

5.4 Etiquetado

Para facilitar tanto el montaje como la trazabilidad de los componentes, el fabricante dispone de un sistema de etiquetado de todos los elementos.

En la etiqueta figura la identificación de la empresa, la marca del producto, el código del elemento, la identificación del plegador y la fecha de plegado (por lo que queda asegurada la identificación de la bobina de plancha de acero).

En el código de elemento se indica el canto de la viga, el tipo de pieza y, para perfiles, su longitud en decímetros y la longitud de la viga en decímetros.

6. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El transporte se realizará en condiciones tales que los perfiles no puedan deformarse.

Cuando un perfil por causa de algún percance se haya deformado, deberá ser rechazado, no permitiéndose su reparación.

El diseño del perfil permite un fácil transporte, acopio y apilamiento.

Los envases que contienen el aditivo y las resinas deberán conservarse cerrados y se controlará la fecha de caducidad del producto. Cuando estos materiales estén a pie de obra, deberán extremarse las precauciones y deberán almacenarse siempre en un lugar fresco y seco.

7. PUESTA EN OBRA

La puesta en obra será realizada por el fabricante del Sistema o por montadores autorizados por él, de acuerdo con las especificaciones técnicas de este documento y siguiendo las indicaciones del Dossier de Montaje. Los trabajos de montaje deberán coordinarse con los propios del constructor de la obra: protección, preparación y ayudas.

Cada caso requerirá un estudio particular, pero por regla general las fases serán las siguientes (Figura 9):

- a) Apuntalar el forjado objeto del refuerzo, si fuese necesario por condiciones de seguridad (Figuras 9.1.1, 9.2.1 y 9.3.1).
- b) Localizar y descubrir los nervios deteriorados del forjado en toda su longitud, mediante desmontaje del falso techo, picado de revestimientos, etc., según el tipo de acabado de la superficie inferior del forjado a tratar.
- c) Desviar de las instalaciones que, debido a su ubicación, no permitan realizar el correcto montaje de la viga de refuerzo o de sus soportes en las paredes de carga.
- d) En el caso de colocación del sistema de refuerzo empotrado o semiempotrado se deben liberar los laterales de la vigueta a reforzar, rompiendo la parte inferior de las bovedillas en caso de haberlas, para permitir encajar el perfil de refuerzo abrazando la vigueta (Figura 10.2). En el caso en que la colocación del sistema del refuerzo sea vista, ya sea en posición normal o invertida, solo hay que quitar el revestimiento (yeso, cemento, etc.) de la base de la vigueta y de la parte de la bovedilla que vaya a estar en contacto con el perfil.
- e) Vigueta a vigueta, traslado de puntales, si los hubiere, al centro del entrevigado para no dificultar la puesta en obra del sistema (Figuras 9.1.3, 9.2.2 y 9.3.2).
- f) Saneamiento de las partes dañadas de las viguetas objeto de intervención, eliminando las zonas degradadas.
- g) Preparación del paramento vertical, dejando la zona de anclaje del apoyo de la viga, lisa y homogénea. Si fuera necesario, se hará un revoque de cemento en dicha zona (Figuras 9.1.4, 9.2.4 y 9.3.4).

h) Realización de las perforaciones necesarias en la tabiquería para permitir el paso de los perfiles de refuerzo cuando éstos atraviesen la parte superior de su sección (Figuras 9.1.5, 9.2.5 y 9.3.5).

i) En el caso del sistema visto se soldarán los caballetes en los perfiles (Figuras 9.2.6 y 9.3.6).

Una vez realizados los trabajos previos, se procede al montaje de los refuerzos por parte del personal especializado del fabricante, siguiendo los procedimientos, la tecnología y los controles propios del Sistema.

j) Colocación de los perfiles extremos sobre puntales y con la previa incorporación de los prismas separadores en el extremo interior (Figuras 9.1.6, 9.2.7 y 9.3.7).

k) Colocación del perfil central, también sobre puntales, encajando en los perfiles extremos (Figuras 9.1.7, 9.2.8 y 9.3.8).

l) Una vez comprobada la alineación del Sistema, se sueldan los perfiles (Figuras 9.1.8, 9.2.9 y 9.3.9).

Cuando se trabaja con los perfiles de acero galvanizado, las soldaduras se protegen mediante la aplicación del galvanizador de zincado en frío, en formato spray, creando una película de zinc que preservará el material de la oxidación.

m) Colocación de los puntales con los gatos hidráulicos. Se colocan en los extremos del refuerzo, aplicados sobre los soportes, sustituyendo a los puntales provisionales extremos (Figuras 9.1.9, 9.2.10 y 9.3.10).

n) Preflectado, el proceso de pretensado del Sistema se realiza aplicando, a través de los gatos hidráulicos, la fuerza necesaria para conseguir la tensión de cálculo, según las prescripciones de proyecto (Figuras 9.1.10, 9.2.11 y 9.3.11).

o) Montaje de los anclajes con las operaciones de taladrado, extracción del polvo, inyección de la resina, introducción de los pernos, espera de la polimerización y endurecimiento de la resina, y atornillado de las tuercas con llave dinamométrica. Fijación de los anclajes (Figuras 9.1.11, 9.2.12 y 9.3.12).

p) Retirada de los gatos hidráulicos y los puntales.

q) Sellado de los apoyos si se trata del sistema empotrado o semiempotrado (Figura 9.1.12).

r) En caso de sistema empotrado o semiempotrado, proceso de relleno con mortero celular hasta el nivel previsto en el proyecto (Figura 9.1.13).

s) Retirada del equipo.

En el caso de sistema empotrado o semiempotrado y sistema visto en posición normal, posteriormente al montaje, el constructor deberá proceder al

rejuntado, este proceso consiste en el retacado de las aletas a los elementos del entrevigado con mortero de cemento (Figuras 9.1.14 y 9.2.13).

En el caso de sistema visto en posición invertida, se deberá realizar el rejuntado de la base contra vigueta y bovedilla (Figura 9.3.13).

A continuación se ejecutarán los acabados de acuerdo con las instrucciones de la Dirección Facultativa.

8. MEMORIA DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará la estabilidad y resistencia del Sistema, deduciéndose de este estudio el dimensionado del mismo. Asimismo, se justificará la adecuación del procedimiento para soportar los esfuerzos mecánicos y las deformaciones que puedan derivarse de las acciones a las que va a estar sometido el Sistema.

Como se indica en el Objeto de este DIT, el Sistema, una vez puesto en obra, no considera la resistencia mecánica a flexión de las viguetas a reforzar.

Las vigas se consideran biapoyadas siguiéndose, para su cálculo, la teoría general de resistencia de materiales aplicando, para las limitaciones de flecha, la Normativa vigente.

Proceso de diseño y cálculo:

1.º Elección de la serie de perfiles.

Según sean las condiciones físicas de la aplicación se elegirá la serie de anchos necesaria (NB, NB+3...).

2.º Cálculo del módulo resistente requerido.

En función de la tensión de trabajo admisible y de la carga total del forjado (cargas permanentes más sobrecargas) se calculará el módulo resistente y se determinará el perfil de la serie que cumpla los requerimientos.

3.º Limitación de la flecha.

Se comprobará la admisibilidad de la flecha máxima que podrían producir las sobrecargas, en el supuesto de la desaparición total de la viga existente, procediéndose a las correcciones necesarias.

4.º Preflectado a aplicar.

Se calculará la fuerza vertical ascendente que aplicada a los prismas separadores (situados normalmente al final de los perfiles extremos) anule, en estos puntos, el momento flector producido por las cargas permanentes. Véase el apartado primero del Informe Técnico (Descripción del Sistema).

5.º Comprobaciones.

Como comprobación del cálculo realizado se calcularán las reacciones en los apoyos, el

esfuerzo en los tornillos, la deflexión inicial producida por el preflectado, la tensión de trabajo máxima en los perfiles, el factor de seguridad resultante, la relación luz/flecha de cálculo.

Es preciso realizar cálculos de la inestabilidad de la forma:

- Abolladura de las almas.
- Inestabilidad del ala comprimida. Momento crítico.

En principio, ambos fenómenos, sólo se producirían en unas condiciones que quedan muy por encima del rango de valores a los que trabaja el sistema de refuerzo.

El fabricante podrá suministrar programas de cálculo o prontuarios de utilización de los diferentes conjuntos en función de intereses, flechas, cargas, distancias entre apoyos y coeficientes de seguridad. Tales datos deberán ser analizados y considerados por el Director de la obra.

9. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante aporta, como referencias:

- Diversos edificios para ADIGSA en Barcelona, Badalona, Sabadell, Granollers, Martorell y Gerona, con un total de 1.829 m².
- 1994. Barrio de viviendas “St. Ignasi de Loyola” de Manresa para Immobiliària Colonial con un total de 587 vigas NB.
- 1996-1997. Edificios de viviendas del “Barri L’Esperança” de Mataró. 989 vigas NB.
- 1997-2000. Edificios de viviendas en el Barrio San Francisco de Sales de Elda (Alicante). 1178 vigas NB.
- 1998-1999. Edificios de viviendas del “Barri L’Escorxador” (antes Federico Mayo) de Mataró. 1395 vigas NB.
- 2002. Rehabilitación del edificio “Palau Centelles” de Barcelona. 245 vigas NB.
- 2002 y 2003. Edificio en la calle Claudio Coello de Madrid. 122 vigas GV.
- 2004. Edificios de viviendas en Valencia calle Santa Rosa (116 NB), calle Crevillent (102 NB) y calle Ramiro de Maeztu (110 NB).
- 2004. Forjados para polideportivos en “Poliesportiu La Salle Bonanova” de Barcelona (61 NB) y “Polideportivo San Jorge” de Huesca (60 NB).
- 2006. Edificios de viviendas para sus Comunidades de Propietarios en la Avenida de Sarrià (477 NB) y calle Marina (485 NB) de Barcelona.
- 2007. Parador del Golf Málaga (Málaga). 234 vigas GV.
- 2007. Vivienda en la avenida Libertad de Mairena de Aljarafe (Sevilla). 30 vigas NB.

- 2008. 226 viguetas de madera reforzadas en edificio en calle Girona, 102 (Barcelona).
- 2009. 135 viguetas de madera reforzadas en edificio en calle Montayans, 10 (Barcelona).
- 2010. 128 viguetas de madera reforzadas en edificio en calle Santjoanistes, 27-29 (Barcelona).
- 2011. 550 viguetas de madera reforzadas en calle Trafalgar, 11 (Barcelona).

10. ENSAYOS

Parte de los ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) cuyos resultados se reflejan en el informe 16.503; y otra parte de los ensayos han sido aportados por NOU-BAU y realizados en otros laboratorios.

10.1 Ensayos de identificación de los materiales

Las empresas suministradoras de los materiales y componentes del Sistema han aportado, mediante certificación los valores característicos de los mismos.

10.2 Ensayos de aptitud de empleo

Ensayos realizados en el IETcc.

a) Objeto de los ensayos

Se trata de ensayar el Sistema de refuerzo y reparación de forjados, simulando las condiciones reales más desfavorables en que se suelen encontrar éstos.

b) Disposición de los ensayos

Sobre muros de ladrillo hueco doble de medio pie de espesor y 50 cm de anchura, enlucidos y con una separación entre caras externas de 4,00 m e internas de 3,75 m, se apoyaron viguetas con las características que más adelante se detallan y que constituían el elemento a reforzar.

Para los ensayos de cortante se utilizaron viguetas fabricadas en el Instituto que se hicieron con un hormigón cuya resistencia era de 84 kp/cm², llevando como armadura de compresión un redondo de 8 mm de Ø, y de tracción uno de 4 mm que se extendía a los 2/3 de la longitud total de la vigueta en su zona central.

Para los de flexión se construyó una banda de forjado por ensayo, sobre viguetas armadas a la que se habían cortado parte de las armaduras. Otras dos con los mismos cortes se ensayaron a continuación de las reforzadas. La carga de rotura para las viguetas sin reforzar, con el mismo dispositivo de ensayo que aquéllas, fue de 1.300 kp.

El perfil ensayado fue el NB-160 en los ensayos de flexión y el NB-140 en los de cortante.

c) Dispositivo de aplicación de cargas

Se registraron las flechas por medio de los flexímetros dispuestos bajo las viguetas, uno en el centro del vano y otros dos a 10 cm de los apoyos. La carga era aplicada a 50 cm de los apoyos para las viguetas ensayadas a cortante y en los tercios de la luz para los ensayos de flexión.

d) Fases de carga

La carga se aplicó en escalones de 200 kp hasta llegar a 600 kp. En ese momento se descargó. Una vez estabilizada la flecha se reinició el proceso de carga igualmente en escalones de 200 kp que continuó hasta la rotura de la vigueta.

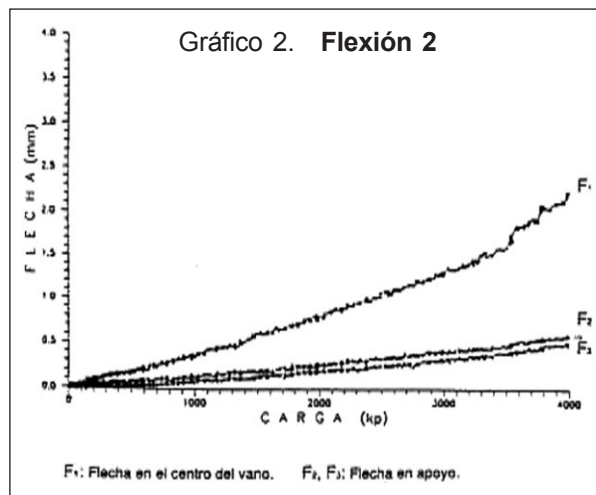
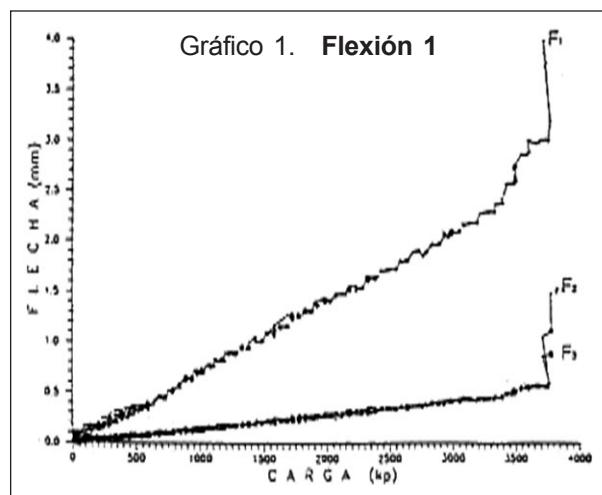
e) Resultado de los ensayos

A continuación se extraen los valores más significativos de los ensayos realizados.

- FLEXIÓN:
 - Carga de rotura: 6.400 kp.
 - Tipo de rotura: Aplastamiento del muro.
- FLEXIÓN 2:
 - Carga de rotura: 6.900 kp.
 - Tipo de rotura: Aplastamiento del muro.
- CORTANTE 1:
 - Carga de rotura: 4.475 kp.
 - Tipo de rotura: Deformación excesiva.
- CORTANTE 2:
 - Carga de rotura: 4.125 kp.
 - Tipo de rotura: Deformación excesiva.

Los resultados dados para ensayos de flexión, así como los gráficos que más adelante figuran, no incluyen el peso propio de la banda de forjado ensayada que era de 212 kp/m. Asimismo tampoco se considera la resistencia aportada por las viguetas que se reforzaron, factor a tener en cuenta también para las flechas obtenidas en los ensayos.

Los gráficos indicados carga total/flecha, corresponden a los ensayos de flexión (Gráficos 1 y 2) indicando las flechas en centro del vano (F_1) y en los apoyos (F_2 , F_3).



10.3 Ensayos a las nuevas piezas de apoyo

Ensayos realizados en el CECAM, con número de informe C06X8272 y fecha 14/06/2006.

a) Objeto de los ensayos

Se trataba de verificar que las nuevas piezas de apoyo, realizadas mediante plegado de chapa acero inoxidable, tienen un comportamiento similar al de las piezas de apoyo soldadas que figuraban en el DIT 271.

b) Disposición de los ensayos

Entre dos perfiles metálicos separados 0,70 m se dispuso una viga NB-140 E que apoyaba sobre dichos perfiles por medio de dos piezas de apoyo de chapa plegada según se describe en el Informe Técnico. Se realizaron dos ensayos similares.

c) Dispositivo de aplicación de cargas

La carga se aplicó por medio de una prensa hidráulica que aplicaba la carga en el centro de la luz sobre un perfil IPN que transmitía la carga a una distancia de 1,5 cantos de los apoyos.

Un dispositivo electrónico de recogida de datos registró las deformaciones de los apoyos y en el centro del vano.

d) Fases de carga

La carga se aplicó a velocidad constante hasta llegar a 100 kN, momento en el que se procedió a retirar los flexímetros que registraban la flecha en los apoyos.

Se continuó la aplicación de carga hasta llegar a 130 kN, momento en el que se detuvo el ensayo por fallo debido a una deformación excesiva, tanto de la viga como de los apoyos.

e) Resultado de los ensayos

El comportamiento de las piezas de apoyo formadas por chapa plegada es similar al de las piezas formadas por soldadura.

10.4 Ensayos a flexión del sistema en forjados de viguetas de madera

Estos ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). La descripción detallada y resultados de los mismos se reflejan en el informe 19.805-01.

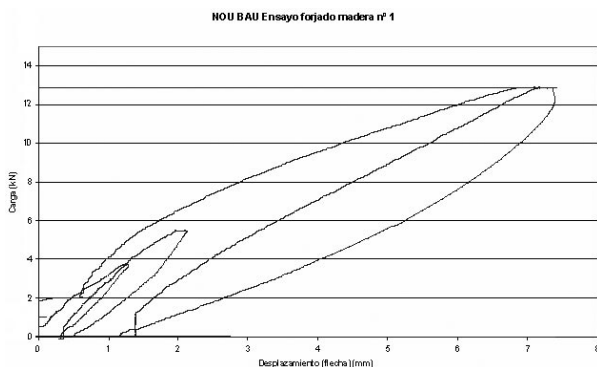
En el laboratorio se construyeron dos bandas de forjado constituidos por una viga de madera de 19 cm de canto con cortes de 14 cm de profundidad cada 45 cm para simular un techo en mal estado, más tablero de rasilla machihembrada y, sobre éste, capa de compresión de hormigón de 3 cm de espesor, 60 cm de ancho y 4,0 m de largo.

Se ensayaron los dos forjados a flexión, apoyados por sus extremos en los soportes GVn-140. La carga se aplica a tercios de la luz. En el punto medio de la luz de la viga se colocó un captador de desplazamiento que medía la flecha de forma continua durante todo el ensayo

A continuación se muestran los resultados de los ensayos; se puede ver las cargas y momentos de rotura, flechas alcanzadas y tipo de rotura en cada caso. Se considera como carga de rotura la registrada en el gato, más el peso de los perfiles de reparto utilizados en el ensayo (aprox. 100 kp). La carga uniforme debida al hormigón y relleno se considera de 85 kp/m.

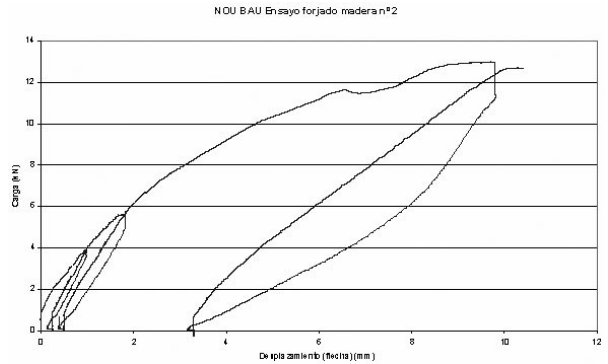
• FLEXIÓN M1:

- Carga de rotura: 21,21 kN.
- Momento de rotura: 16,6 m kN.
- Flecha máxima: 12,93 mm.
- Tipo de rotura: Rotura por flexión separándose el perfil del tablero*.



• FLEXIÓN M2:

- Carga de rotura: 23,15 kN.
- Momento de rotura: 17,9 m kN.
- Flecha máxima: 12,72 mm.
- Tipo de rotura: Rotura por flexión separándose el perfil del tablero*.



10.5 Ensayos a flexión del sistema con perfil en posición invertida

Estos ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). La descripción detallada y resultados de los mismos se reflejan en el informe 19.805-01.

Se construyeron dos bandas de forjado de semiviguetas de hormigón y bovedillas cerámicas con una capa de compresión de hormigón de 4 cm de espesor, de 70 cm de ancho y 4,0 m de largo; a las semiviguetas se les practicaron unos cortes que sobrepasaban la altura de las armaduras inferiores.

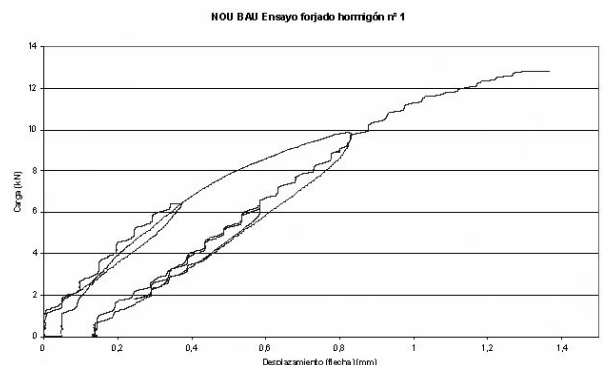
El ensayo se realiza sobre una viga GVn+5 –140 invertida, provista de caballetes rigidizadores del mismo tipo, sobre la que se hizo un rejuntado de mortero en toda la base de la vigueta original para asegurar un buen refuerzo.

A continuación se muestran los resultados de los ensayos. Se considera como carga de rotura la registrada en el gato, más el peso de los perfiles de reparto utilizados en el ensayo (aprox. 100 kp).

La carga uniforme debida al hormigón y relleno se considera de 70 kp/m.

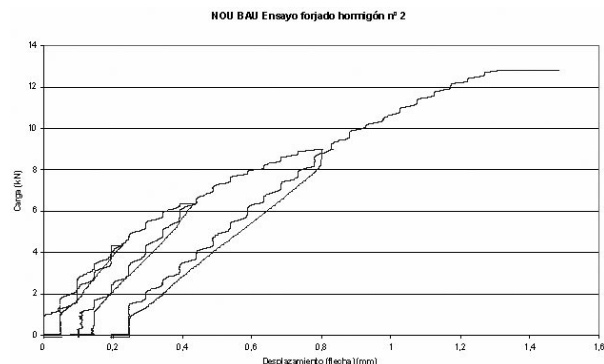
• FLEXIÓN H1:

- Carga de rotura: 54,71 kN.
- Momento de rotura: 38,6 m kN.
- Flecha máxima: 12,87 mm.
- Tipo de rotura: Rotura por flexión separándose el perfil del tablero*.



• FLEXIÓN H2:

- Carga de rotura: 41,82 kN.
- Momento de rotura: 29,9 m kN.
- Flecha máxima: 12,87 mm.
- Tipo de rotura: Rotura por flexión separándose el perfil del tablero*.



10.6 Ensayos de las piezas de apoyo

Estos ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). La descripción detallada y resultados de los mismos se reflejan en el informe 19.805-01.

Los ensayos a cortante, para estudiar el comportamiento de los apoyos de los perfiles, se realizaron usando un útil que permitía probar a la vez dos apoyos con una viga corta, reproduciendo las mismas solicitaciones que tienen lugar en los extremos de las vigas.

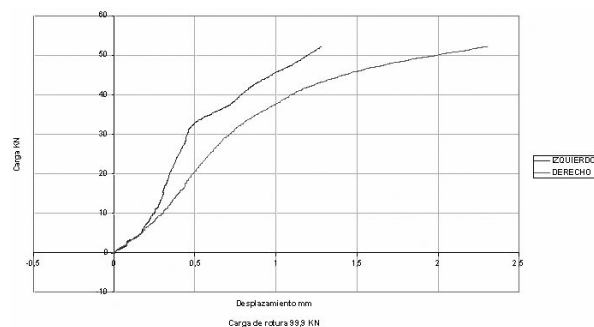
La presión sobre la viga se ejerce sobre los caballetes rigidizadores. Para medir las deformaciones durante la prueba se dispusieron dos comparadores bajo el punto de vuelo máximo de cada apoyo. La prueba a realizar consiste en aplicar presión en los puntos de contacto con la viga NOU-BAU, hasta inutilizar cuatro apoyos tipo GVn-140.

El ensayo en posición invertida tiene la misma disposición que el anteriormente descrito, con la excepción de que la presión se ejerce en la base superior de la vigueta.

• CORTANTE 1 (Posición normal):

- Carga de rotura: 99,9 kN.
- Flecha inferior izquierda: 1,28 mm.
- Flecha inferior derecha: 2,30 mm.
- Tipo de rotura: Rompe por abollamiento de la chapa en soportes y perfil.

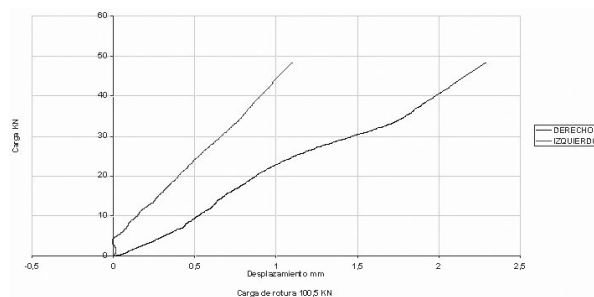
Gráfico 1



• CORTANTE 2 (Posición normal):

- Carga de rotura: 100,5 kN.
- Flecha inferior izquierda: 1,10 mm.
- Flecha inferior derecha: 2,29 mm.
- Tipo de rotura: Rompe por abollamiento de la chapa en soportes y perfil.

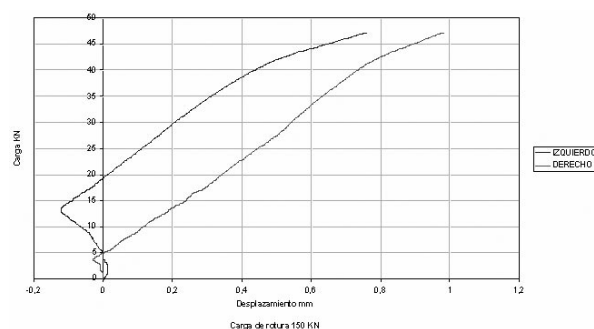
Gráfico 2



• CORTANTE 3 (Posición invertida):

- Carga de rotura: 150,0 kN.
- Flecha inferior izquierda: 0,76 mm.
- Flecha inferior derecha: 0,98 mm.
- Tipo de rotura: Rompe por abollamiento de la chapa en soportes y perfil.

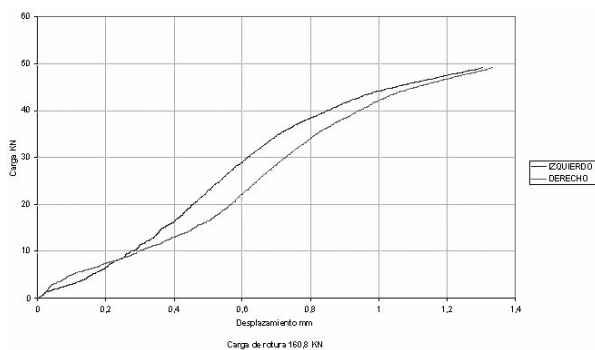
Gráfico 3



• CORTANTE 4 (Posición invertida):

- Carga de rotura: 160,8 kN.
- Flecha inferior izquierda: 1,30 mm.
- Flecha inferior derecha: 1,33 mm.
- Tipo de rotura: Rompe por abollamiento de la chapa en soportes y perfil.

Gráfico 4



11. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

El Sistema, tal y como se describe en este Documento, debido al proceso de puesta en obra que se realiza, constituye un refuerzo activo y es apto para el fin de reparación de forjados al que se destina.

La forma del perfil de refuerzo permite su colocación, abrazando parcial o totalmente a la vigueta del forjado existente, evitándose en este caso pérdidas de altura libre en el espacio situado bajo el forjado objeto del refuerzo.

11.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

11.1.1 DB - SE Seguridad Estructural

La presente evaluación técnica y los ensayos realizados, han permitido comprobar que el modelo de cálculo propuesto es coherente con el comportamiento del Sistema, según se describen en el punto 8.

El proyecto técnico deberá contar con su correspondiente anejo de cálculo de estructuras, donde se especifiquen los criterios de cálculo adoptados, que deberán ser conformes a lo establecido en el presente documento y justificar el cumplimiento de los requisitos básicos de resistencia y estabilidad (SE 1) y de aptitud al servicio (SE 2) del CTE.

El comportamiento del Sistema y su puesta en obra exige unas condiciones de masa y resistencia del forjado existente, tales que sean capaces de absorber los esfuerzos originados por la contraflecha producida en la fase de preflectado. Estas características deberán quedar determinadas antes de realizar el proyecto de reparación, con objeto de verificar su viabilidad.

Dado el carácter activo del refuerzo, el Sistema comienza a actuar desde el momento de su puesta en obra.

Las condiciones óptimas de trabajo del Sistema son aquéllas en las que la relación de las cargas a las sobrecargas, sea la mayor posible. Las condiciones mínimas por las que el Sistema queda limitado, es que la relación cargas/sobrecargas sea inferior a la unidad.

El Sistema, por las características de los materiales que utiliza, supone un reducido incremento de las cargas gravitatorias sobre los elementos estructurales verticales y en último término sobre la cimentación; no obstante, se deberá comprobar, en cada caso, la capacidad de los mismos al citado incremento de cargas, así como el nivel de tensiones en el terreno.

11.1.2 DB - SI Seguridad en caso de Incendio

La estructura de refuerzo, incluyendo los anclajes, deberá quedar convenientemente protegida frente a la acción del fuego, de manera que se cumpla la exigencia básica de Resistencia al fuego de la estructura (SI 6) en función de las características concretas del edificio, según se recoge en el CTE-DB-SI.

11.1.3 DB - SU Seguridad de utilización

No procede.

11.1.4 DB - HS Salubridad

Los componentes del sistema, según declara el fabricante del mismo, no contienen ni liberan sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

11.1.5 DB - HE Ahorro de energía

No procede.

11.1.5 DB - HR Protección frente al ruido

No procede.

11.2 Utilización del producto. Puesta en obra y limitaciones de uso

11.2.1 Puesta en obra

En la puesta en obra deberá tenerse especial cuidado en:

- La colocación de los perfiles para que las longitudes de solape sean correctas.
- La ejecución y aplicación del mortero de relleno entre el elemento a reforzar y el refuerzo, comprobándose que colmata la totalidad del espacio comprendido entre ambos, ya que del mismo depende la garantía de una adecuada

transmisión de cargas. El perfil longitudinal, es muy deformable y con inestabilidad de forma, por lo que es necesario garantizar, a todo lo largo del perfil, su conexión con el forjado existente mediante el mortero de relleno que, a su vez, tiene la función de evitar los desplazamientos horizontales de sus caras laterales por el posible efecto de cargas puntuales.

- En el caso de refuerzo de viguetas de madera es muy importante aplicar el tratamiento adecuado y adoptar las medidas oportunas para frenar la patología que ha provocado su deterioro así como prevenir su completa pudrición, de manera que se pueda mantener su papel como distribuidor de cargas conjuntamente con el material de relleno, en su caso, con requerimientos de resistencia a compresión de 1 kp/cm².

11.2.2 Limitaciones de uso

La presente evaluación técnica cubre únicamente las aplicaciones del sistema recogidas en este documento.

11.3 Gestión de residuos

En la gestión de los residuos producidos durante los procesos de fabricación y puesta en obra del sistema, y en particular de morteros y resinas, se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante de los mismos de acuerdo a la normativa vigente.

11.4 Mantenimiento y condiciones de servicio

El uso del acero inoxidable o galvanizado como materia prima del refuerzo proporciona una mejor durabilidad frente a la corrosión.

Se verifica en la fabricación de los perfiles la existencia de un control de calidad que comprende:

- Un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y control del producto.
- Un sistema de control de puesta en obra.

Considerando que el proceso de fabricación y puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica y los ensayos, se estima favorablemente, en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

LOS PONENTES:

Antonio Blázquez,
Arquitecto

Irene Briones Alcalá,
Arquitecto

12. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS

Las principales observaciones formuladas por la Comisión de Expertos en reuniones celebradas los días 26 de julio de 1993⁽¹⁾, 5 de julio de 2007⁽²⁾, y 10 de noviembre de 2011⁽³⁾, en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, fueron las siguientes:

- Se debe asegurar, antes de la actuación con el Sistema de refuerzo evaluado, que las causas que originaron la degradación de los forjados existentes (humedades, pérdidas de las instalaciones de saneamiento o abastecimiento de agua, etc.) han sido corregidas.
- Como cualquier unidad de obra de un edificio, es aconsejable, en general, realizar revisiones periódicas.
- La evaluación realizada sobre el Sistema no ha contemplado las soluciones particulares de voladizos, brochales, etc.; las cuales deberán, en cada caso, ser analizadas, teniendo en cuenta las posibilidades del Sistema por la Dirección Facultativa de la obra.
- Se recomienda que el fabricante deje marcas visibles en los extremos de los perfiles (central y extremos), que garanticen el solapo mínimo de 100 mm que se pretende, o bien que en el montaje se marquen o pinten los perfiles en esa zona para facilitar la comprobación del solapo.

⁽¹⁾ La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- ADIGSA-Generalitat de Catalunya.
- Ayuntamiento de Madrid.
- CEDEX.
- CENIM (CSIC).
- CIETAN.
- Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona.
- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España.
- Dirección General de Arquitectura y Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- Dirección General para Vivienda y Arquitectura. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.
- Institut de Tecnologia de la Construcció. Generalitat de Catalunya.
- Instituto Técnico Superior de Ingenieros de Caminos de Madrid.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

⁽²⁾ La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS. Dirección de Ingeniería.
- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSAE).
- DRAGADOS, S.A.
- FERROVIAL-AGROMÁN, S.A.
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

⁽³⁾ La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSAE).
- FERROVIAL-AGROMÁN, S.A.
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- AENOR.
- FCC Construcción, S.A.
- SGS TECNOS, S.A.
- asociación de empresas de control de calidad y control técnico independientes (aeccti).
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (UPM).
- Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (EUATM).
- Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (ANDIMAT).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

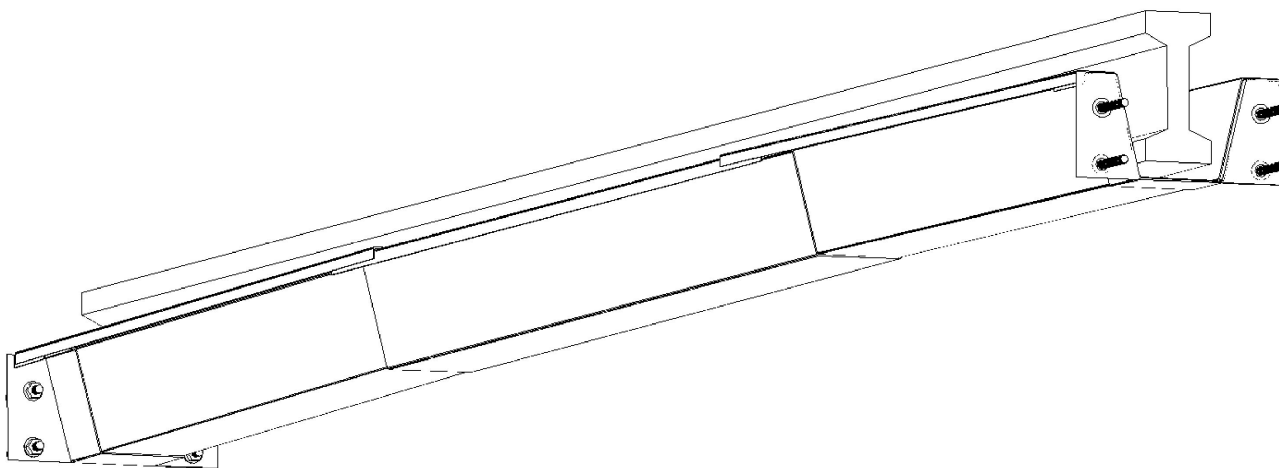


Figura 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SEMIEMPOTRADO.

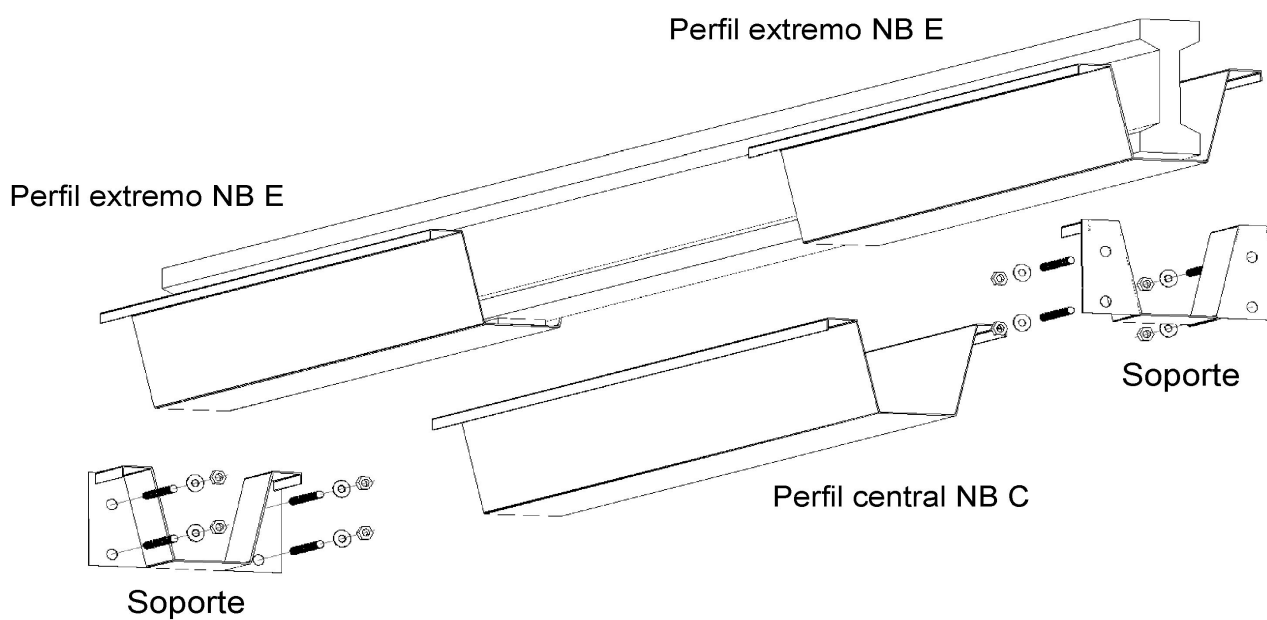


Figura 1.1. COMPONENTES DEL SISTEMA.

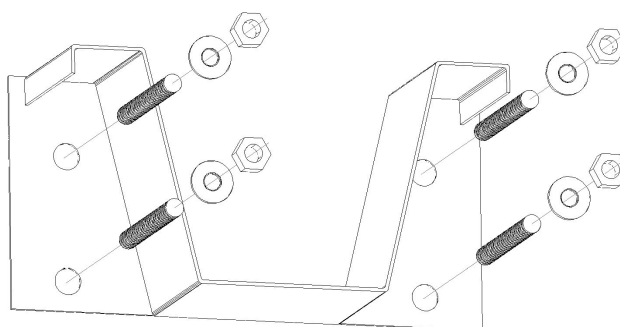


Figura 1.2. APOYO.

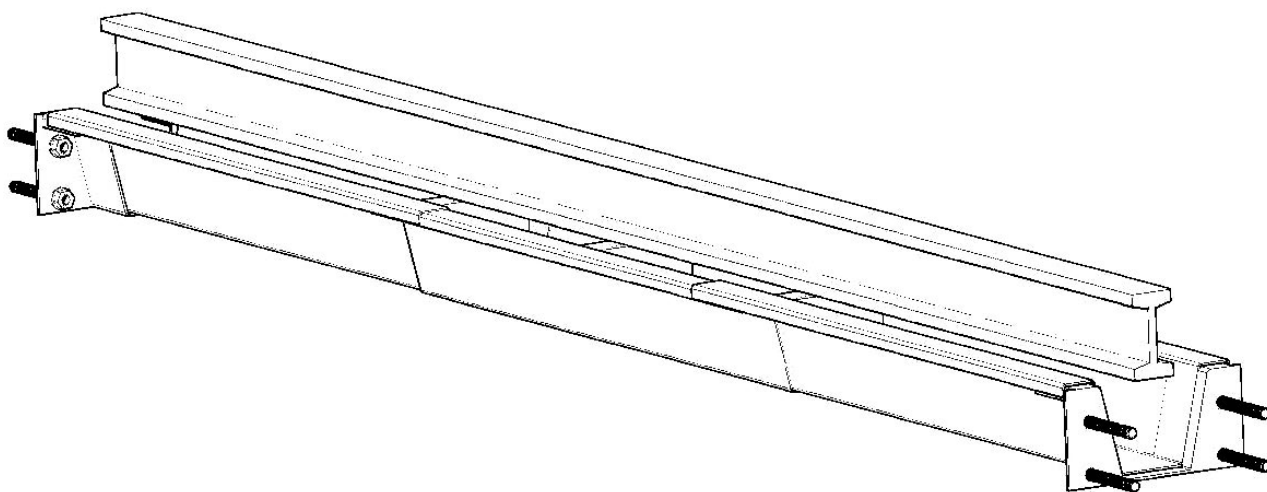


Figura 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA VISTO EN POSICIÓN NORMAL.

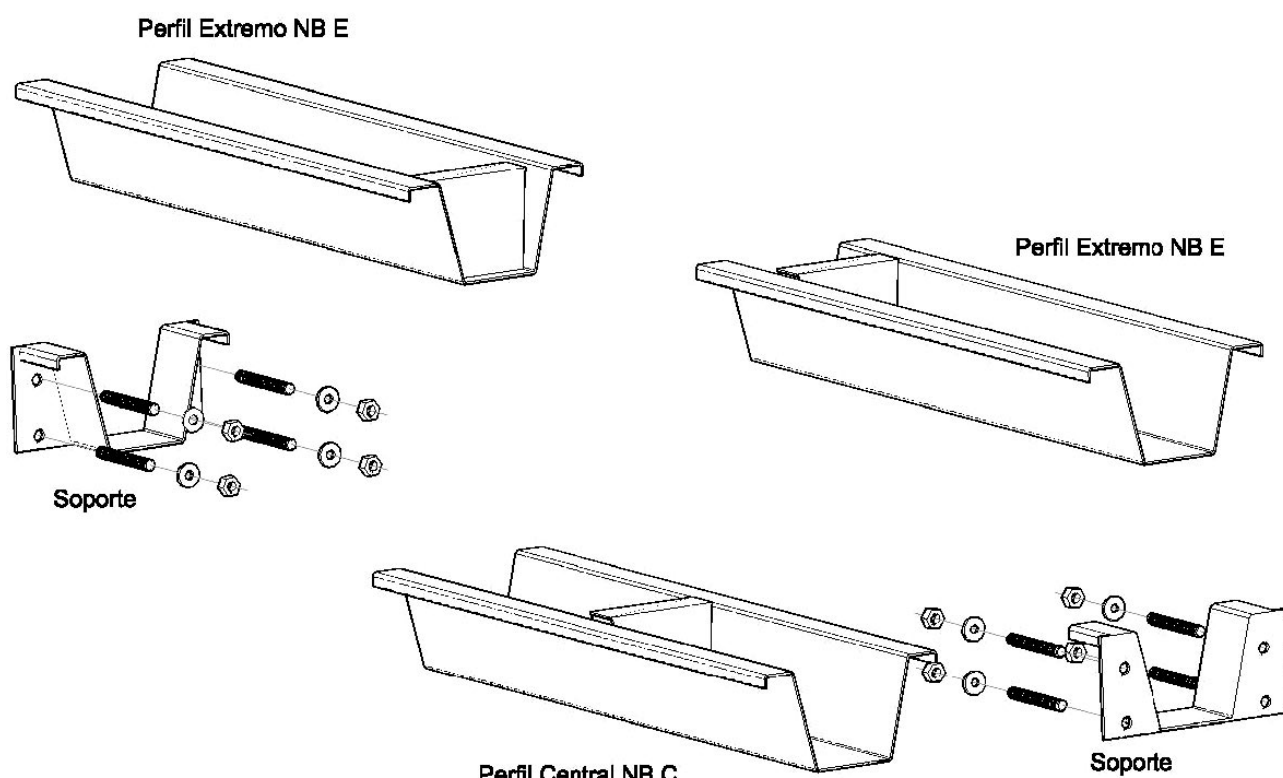


Figura 2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA.

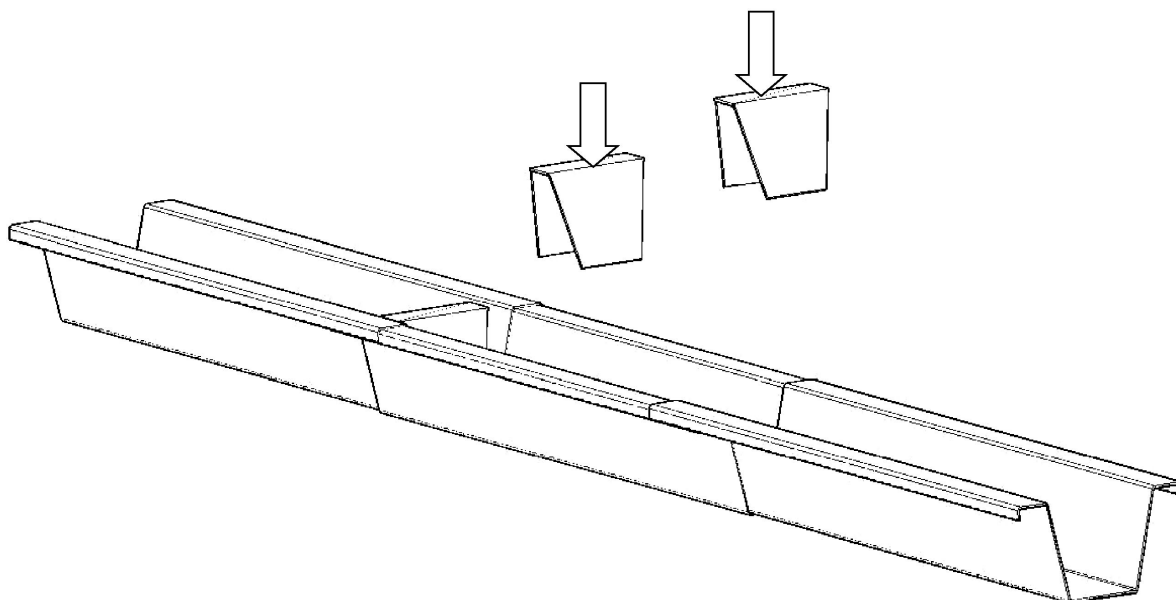


Figura 2.2. COLOCACIÓN DE CABALLETES: VIGA EN POSICIÓN VISTA NORMAL.

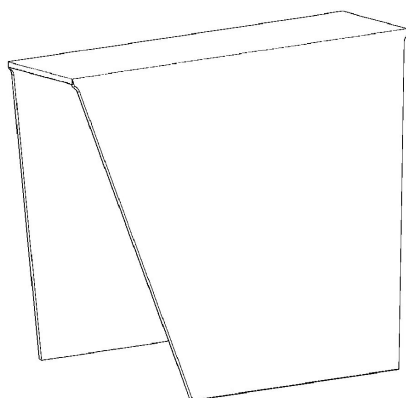


Figura 2.3. CABALLETES PARA SISTEMA VISTO NORMAL.

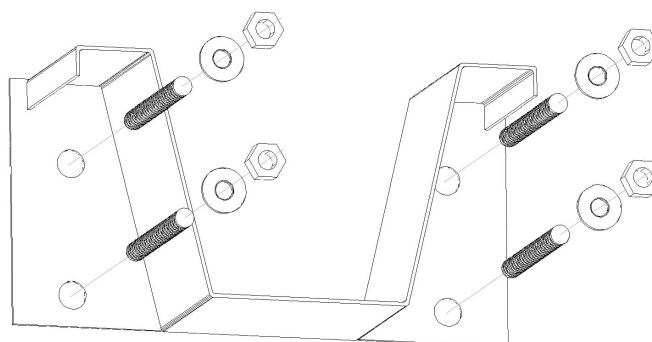


Figura 2.4. APOYO.

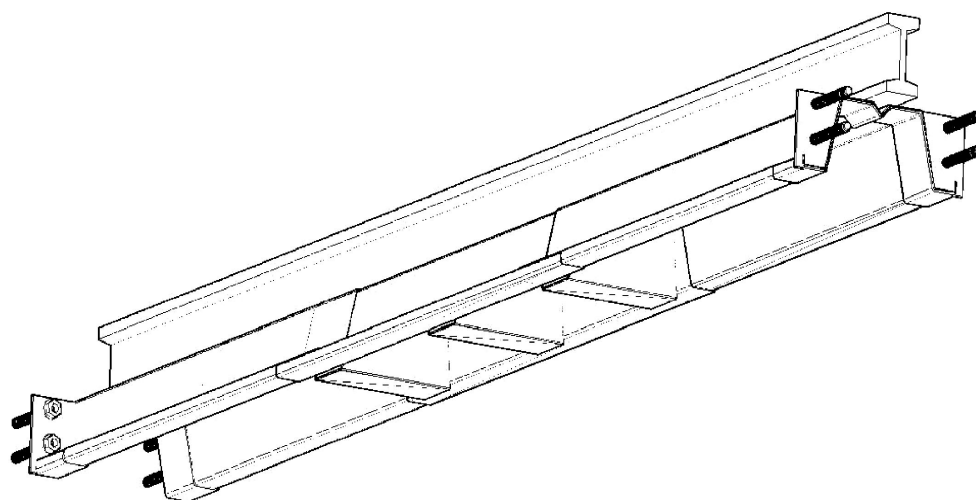


Figura 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA VISTO EN POSICIÓN INVERTIDA.

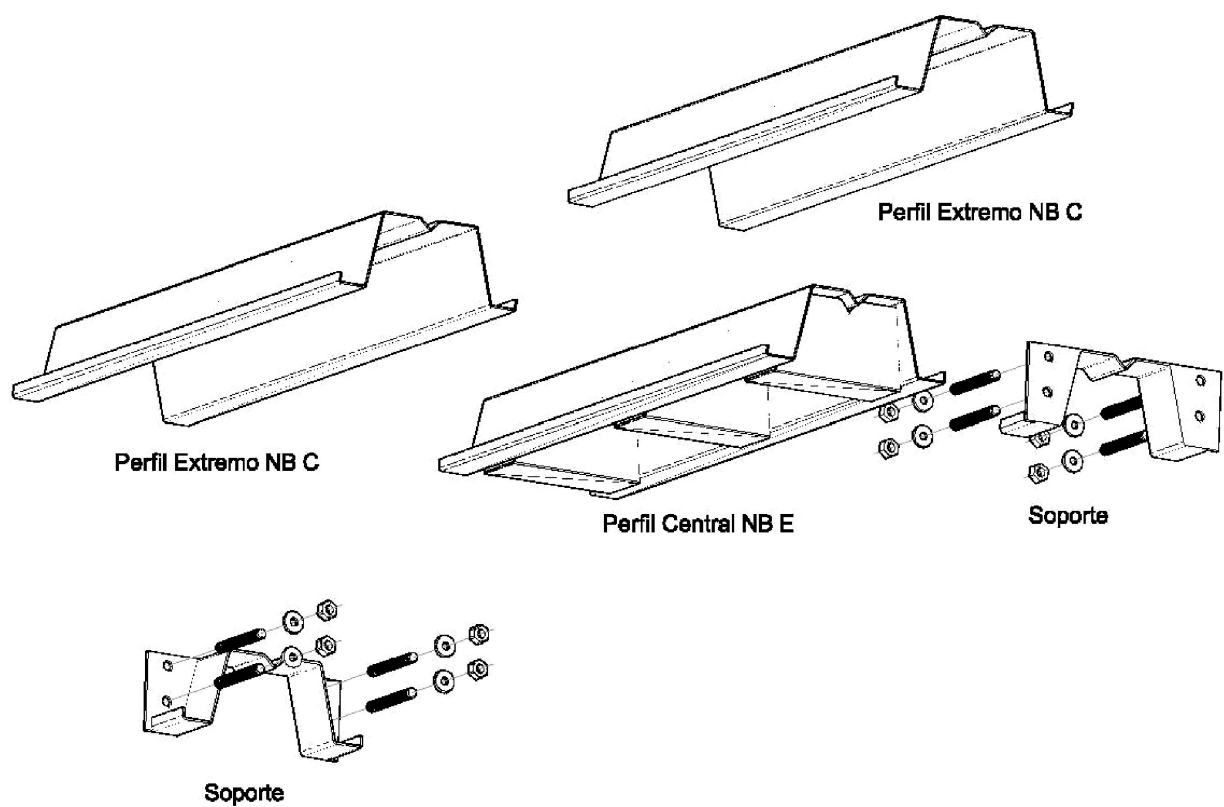


Figura 3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA.

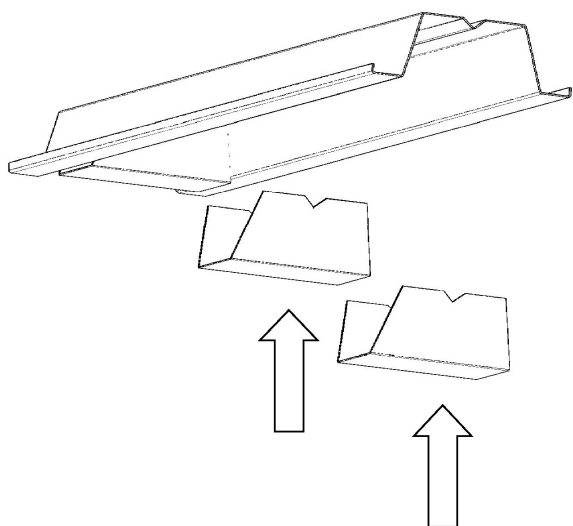


Figura 3.2. COLOCACIÓN DE CABALLETES: VIGA EN POSICIÓN INVERTIDA.

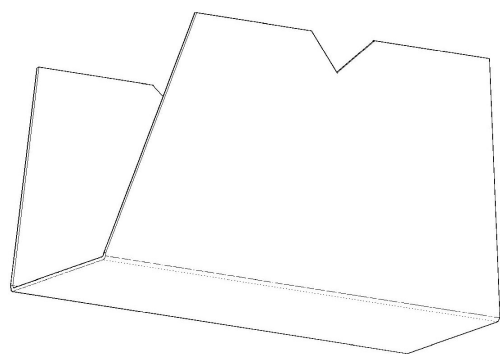


Figura 3.3. CABALLETES PARA SISTEMA VISTO INVERTIDO.

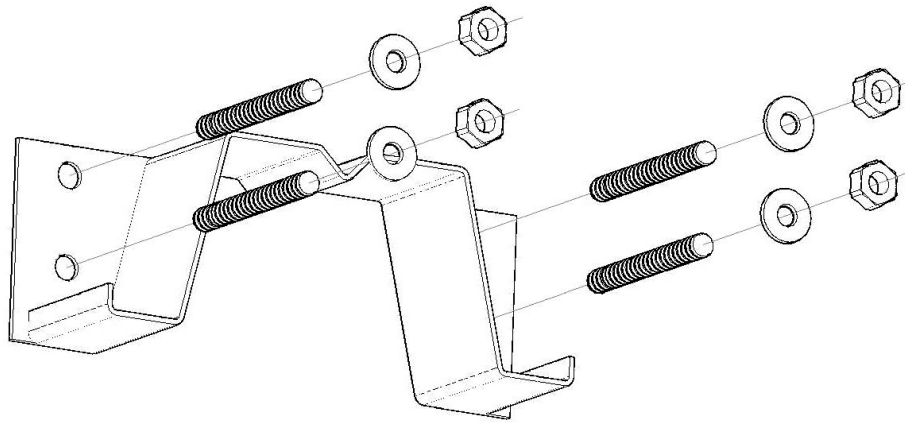


Figura 3.4. APOYO.

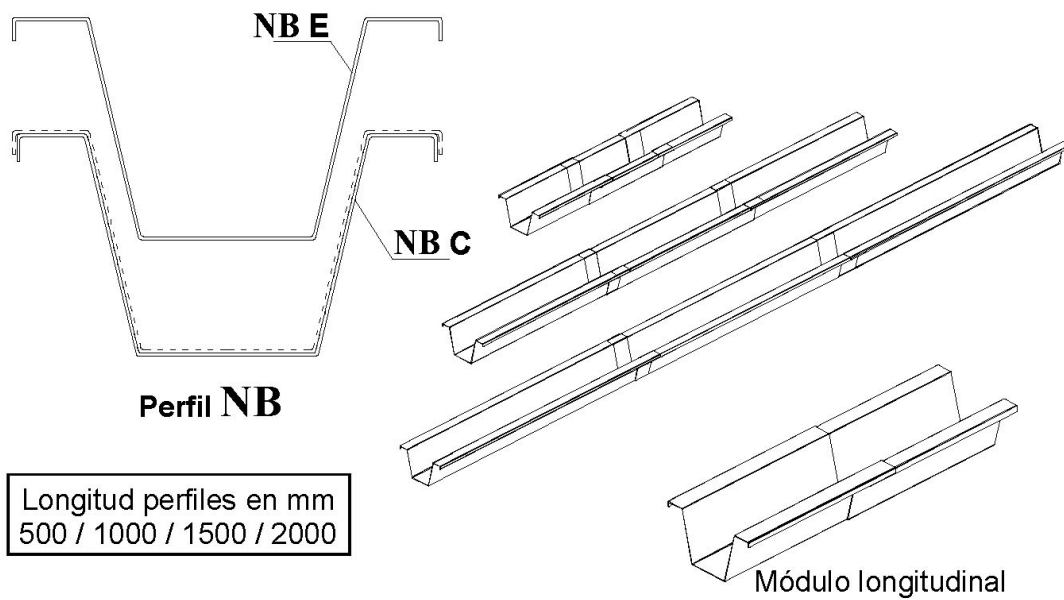


Figura 4. PERFILES UNIDOS POR SOLDADURA.

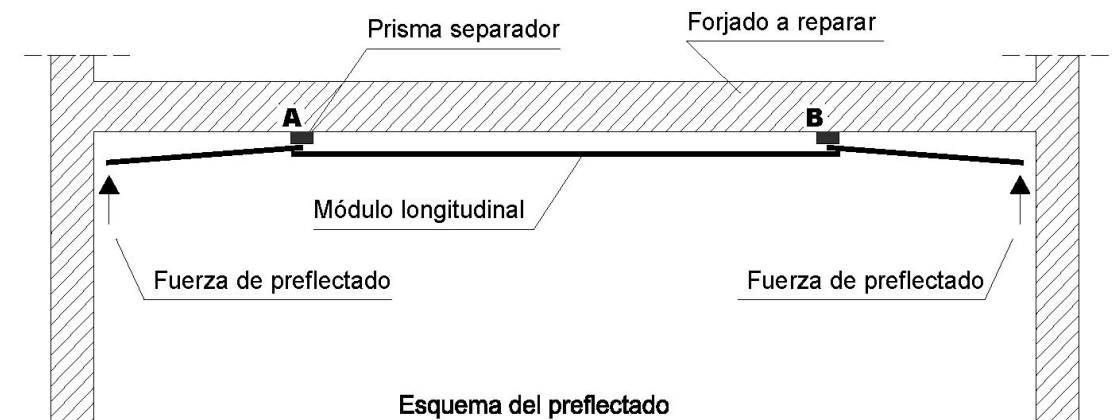
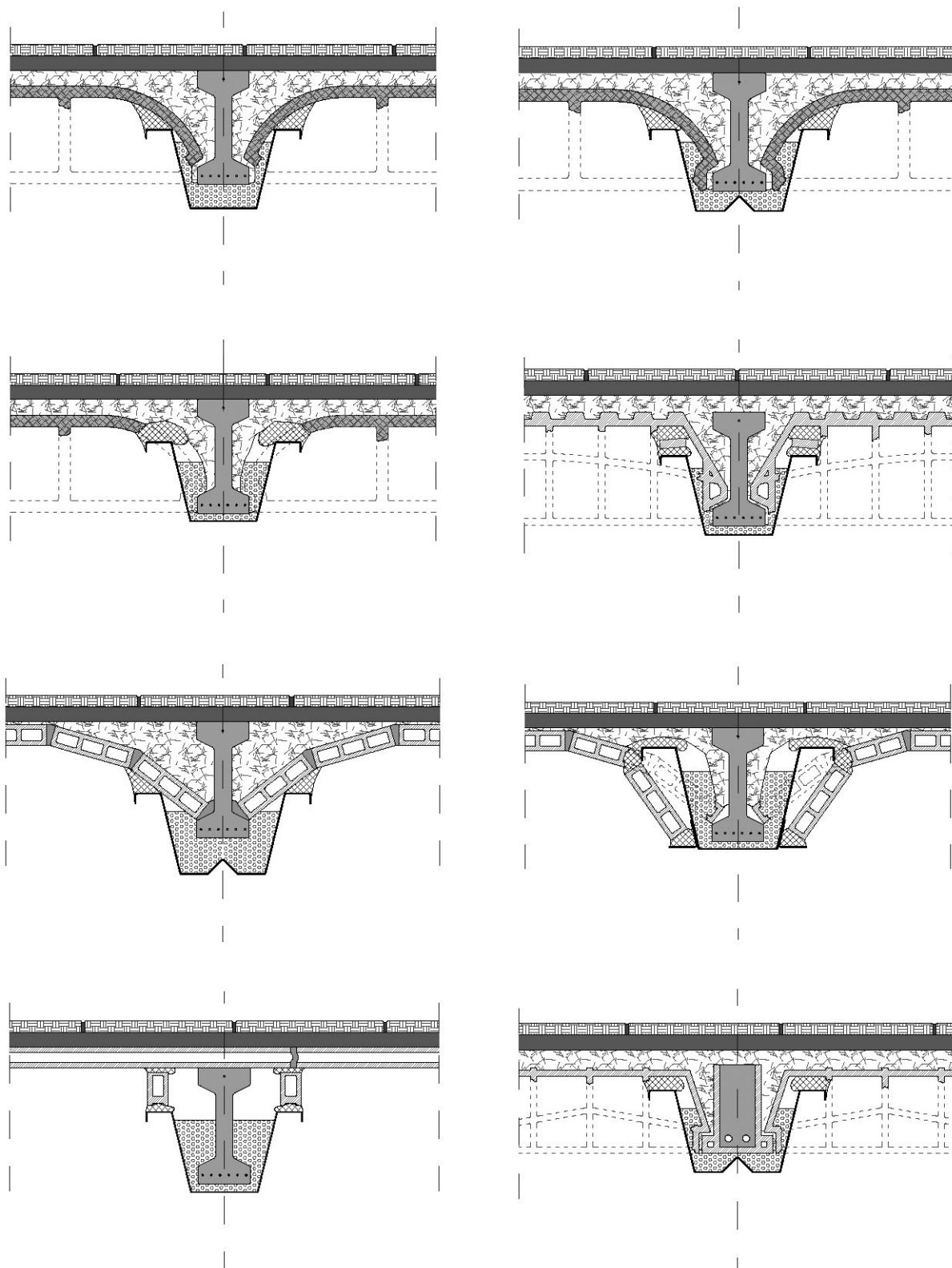


Figura 5. ESQUEMA DE PREFLECTADO.

Figura 6. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS.

Figura 6.1. Colocación empotrada y semiempotrada.



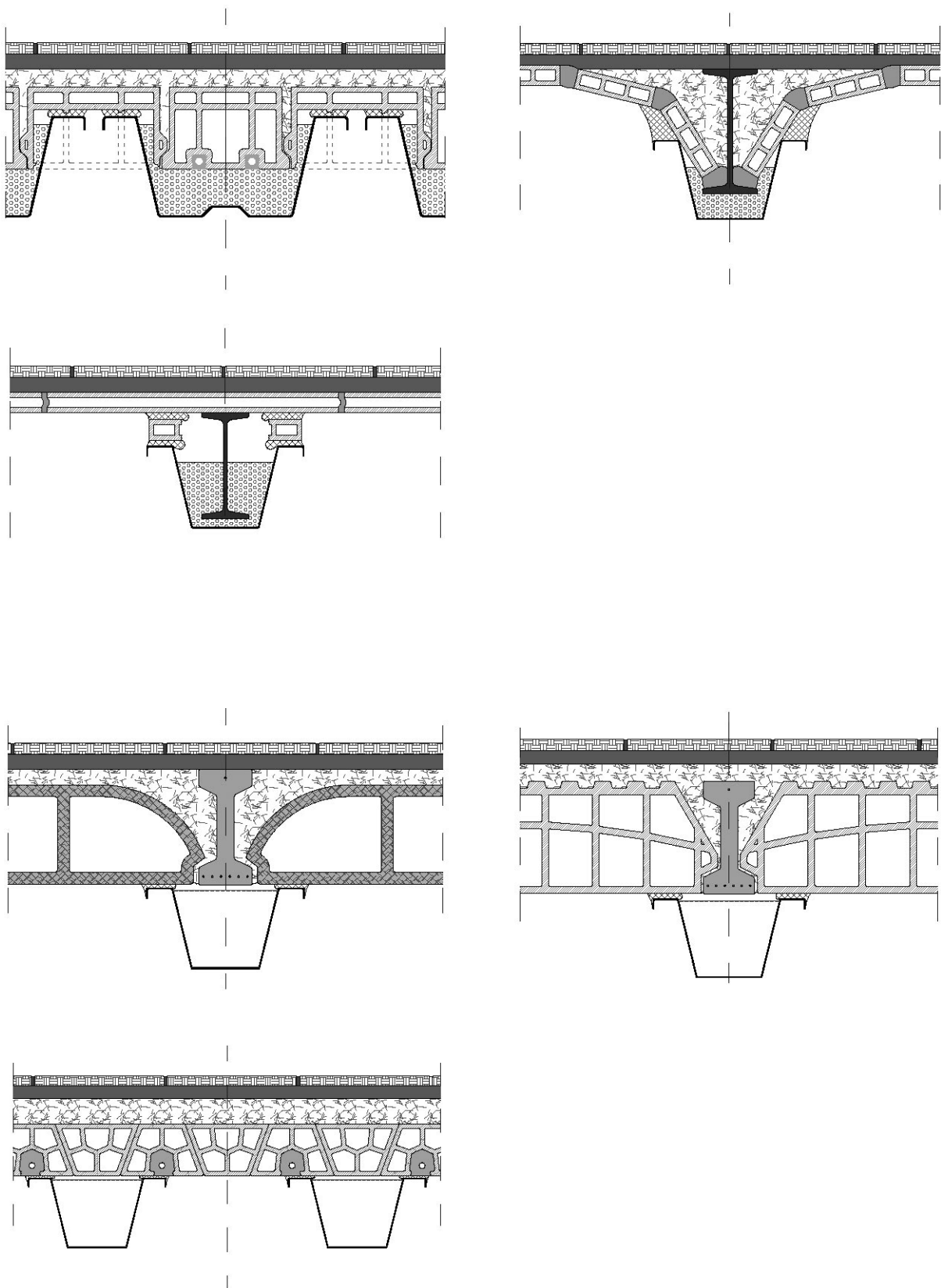


Figura 6.2. Colocación en posición vista normal.

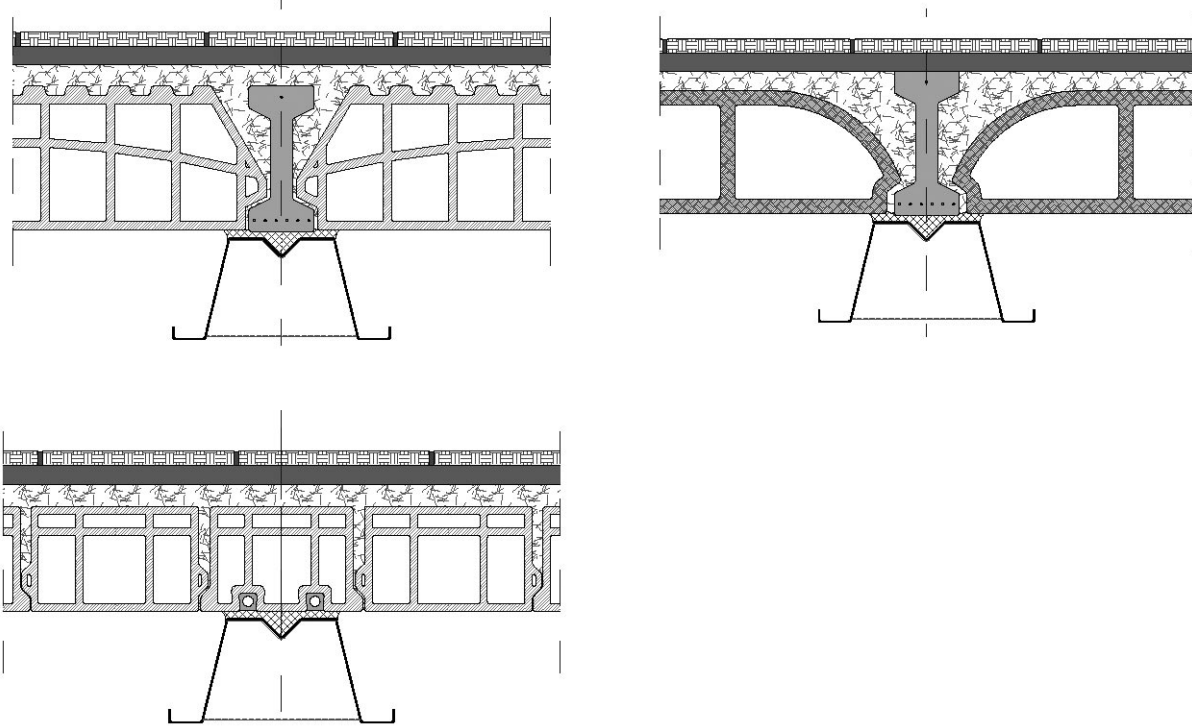


Figura 6.3. Colocación en posición vista invertida.

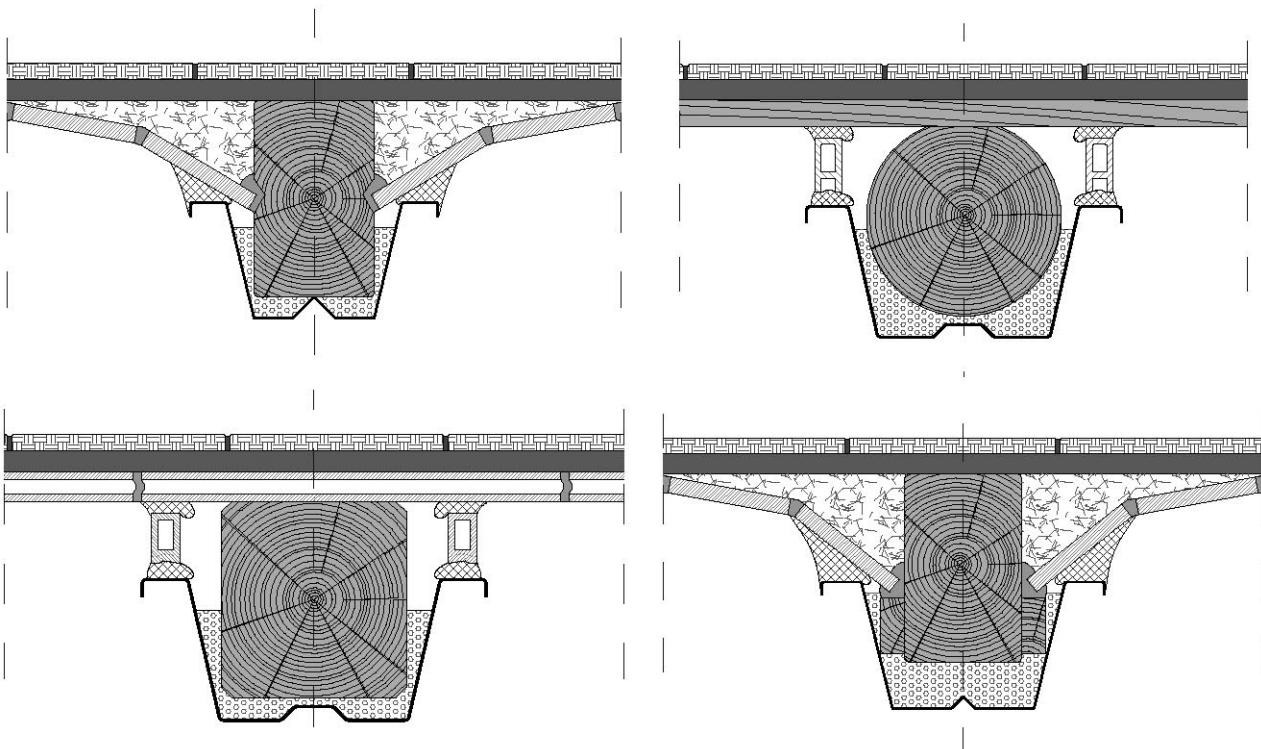


Figura 6.4. Refuerzo vigas de madera.

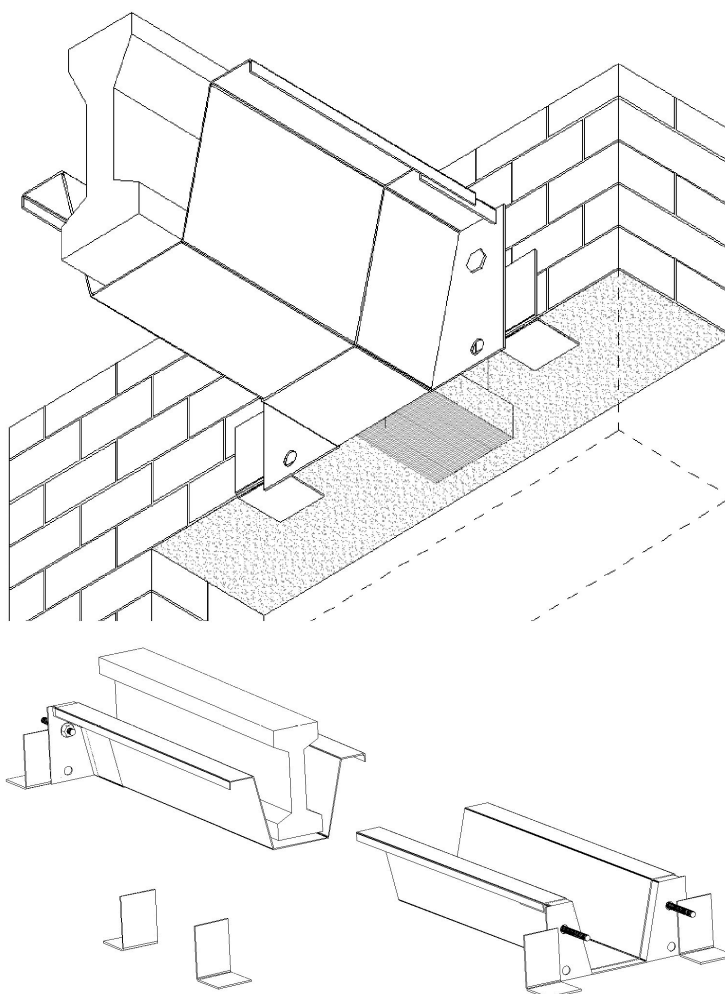


Figura 7. APOYO SOBRE MURO DE FÁBRICA.

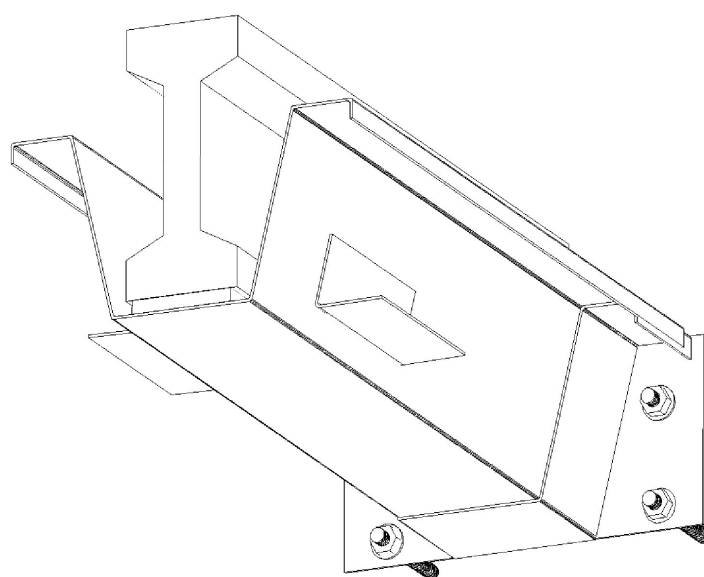


Figura 8. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.

Figura 9. PUESTA EN OBRA.

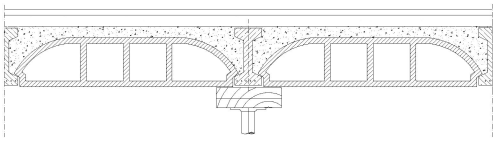
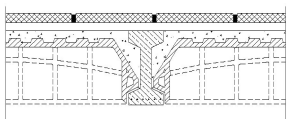
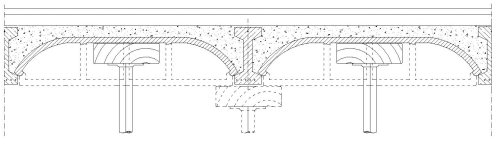
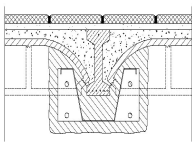
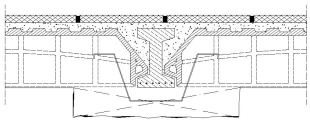
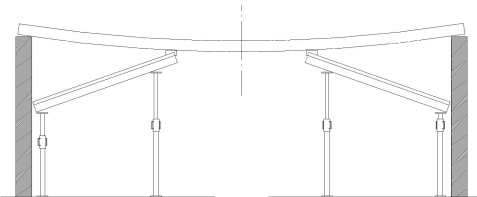
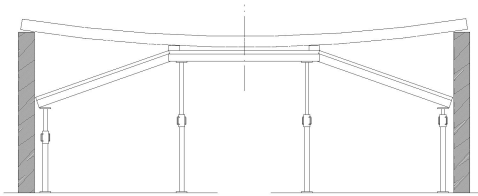
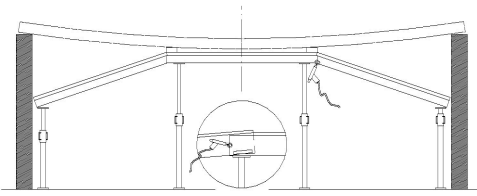
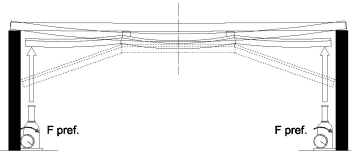
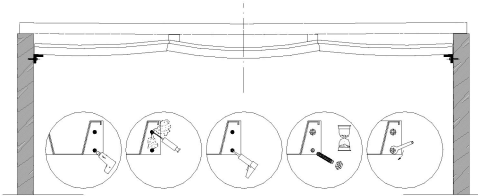
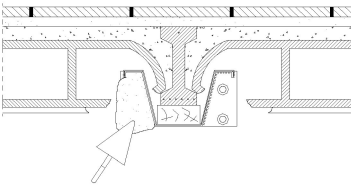
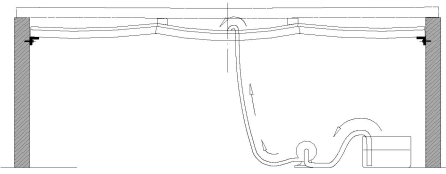
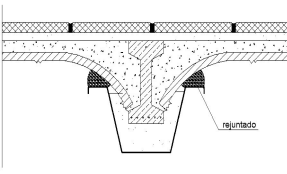
1.  Apuntalamiento del forjado (si fuese necesario).	2.  Liberar los laterales de la vigueta a reforzar.
3.  Traslado de puntales (si los hubiere). Saneamiento de las partes dañadas de la vigueta.	4.  <u>Preparación de los paramentos en los apoyos.</u>
5.  Perforar la tabiquería.	6.  Colocación de los perfiles extremos.
7.  Presentación del perfil central.	8.  Soldadura de los perfiles.
9.  Colocación de los gatos hidráulicos.	10.  Preflectado del Sistema.
11.  Montaje de los anclajes y retirada de los gatos hidráulicos.	12.  Sellado de los apoyos.
13.  Proceso de relleno.	14.  Rejuntado.

Figura 9.1. VIGA SEMIEMPOTRADA.

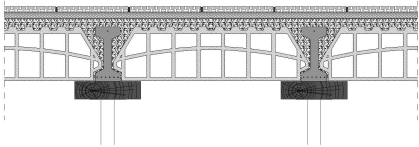
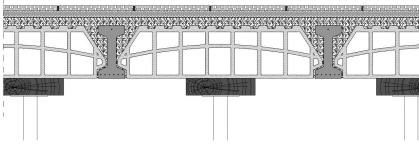
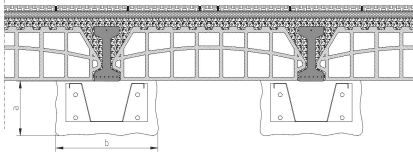
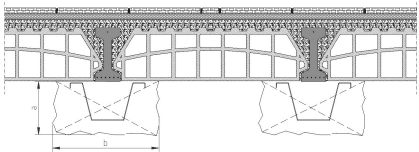
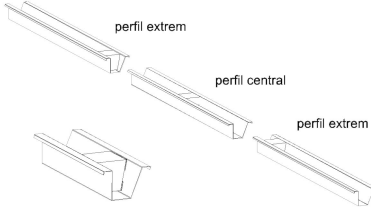
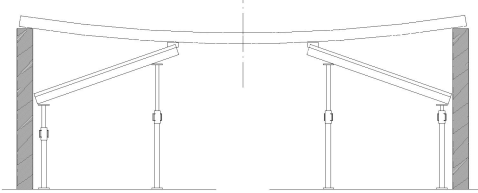
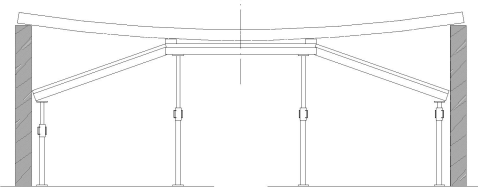
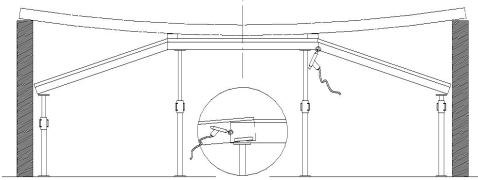
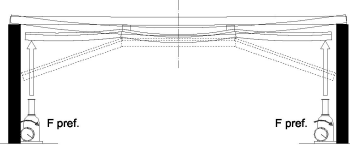
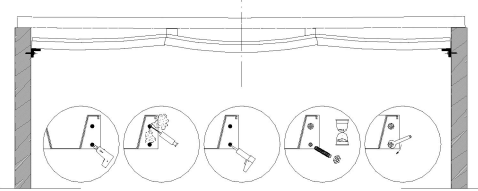
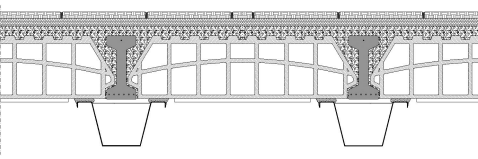
1.  Apuntalamiento del forjado (si fuese necesario).	2.  Traslado de puntales (si los hubiere).
3.  Repicar el yeso de la base de la viga para reforzar.	4.  Preparación de los paramentos en los apoyos.
5.  Perforar la tabiquería.	6.  Soldar los caballetes.
7.  Colocación de los perfiles extremos.	8.  Presentación del perfil central.
9.  Soldadura de los perfiles.	10.  Colocación de los gatos hidráulicos.
11.  Preflectado del Sistema.	12.  Montaje de los anclajes y retirada de los gatos hidráulicos.
13.  Rejuntado.	

Figura 9.2. VIGA VISTA NORMAL.

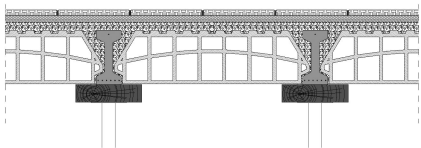
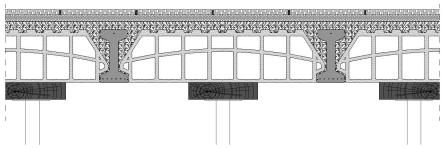
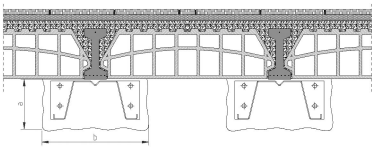
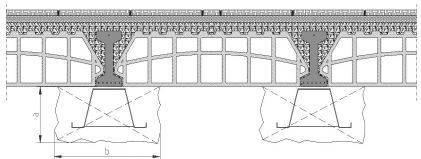
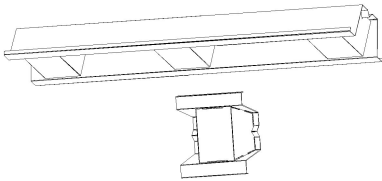
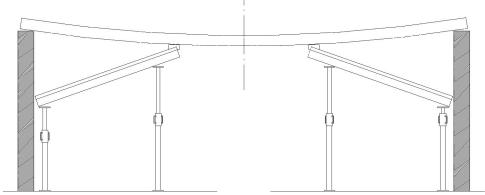
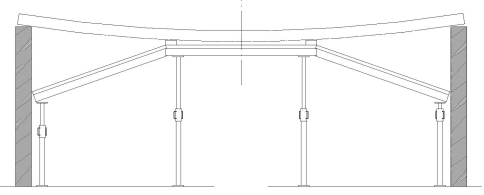
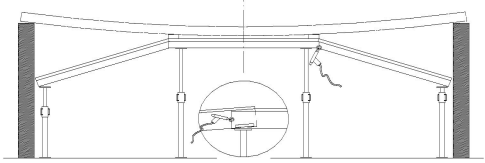
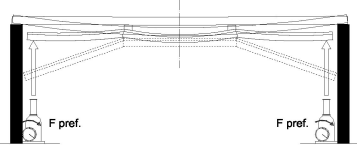
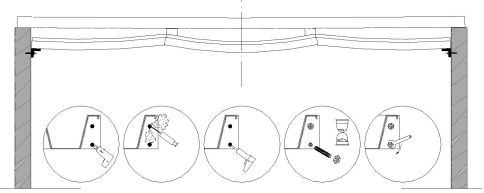
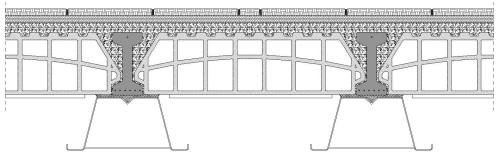
1.  Apuntalamiento del forjado (si fuese necesario).	2.  Traslado de puntales (si los hubiere).
3.  Repicar el yeso de la base de la vigueta a reforzar.	4.  Preparación de los paramentos en los apoyos.
5.  Perforar la tabiquería.	6.  Soldar los caballetes al perfil central.
7.  Colocación de los perfiles extremos.	8.  Presentación del perfil central.
9.  Soldadura de los perfiles.	10.  Colocación de los gatos hidráulicos.
11.  Preflectado del Sistema.	12.  Montaje de los anclajes y retirada de los gatos hidráulicos.
13.  Rejuntado.	

Figura 9.3. VIGA VISTA INVERTIDA.