

DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N° 271p/17

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMA DE REPARACION
DE FORJADOS DE VIGUETAS**

Nombre comercial:

NOU BAU

Beneficiario:

Sistema NOU BAU, S.L.

Sede Social:

Avda. Via Augusta nº. 15-25
08174 Sant Cugat del Vallès (BARCELONA)
Telf. 93 796 41 22
E-mail: noubau@noubau.com
[http:// www.noubau.com](http://www.noubau.com)

Validez. Desde:
Hasta:

15 de septiembre de 2017
15 de septiembre de 2022
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 35 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT 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. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro 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

Reinforcement of structures

Renforcement de structures

DECISIÓN NÚM. 271p/17

LA DIRECTORA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto nº. 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 nº. 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 el procedimiento IETcc-0405-DP de mayo de 2005 por el que se regula la concesión del DITplus,
- 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 Sistema NOU BAU, S.L., para la RENOVACIÓN y PASO a DITplus del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA nº. 271R/11,
- 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 sesiones celebradas los días 26 de julio de 1993, 5 de julio de 2007, 10 de noviembre de 2011 y 15 de junio de 2017.

DECIDE

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 271R/11, con el número 271p/17 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 PLUS evalúa 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 Sistema NOU BAU, 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, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, todas las prescripciones contenidas en las normativas vigentes: "Código Técnico de la Edificación" (CTE), "Instrucción de Hormigón Estructural" (EHE), etc.

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, Sistema NOU BAU, 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.

CONDICIONES DE CONCESIÓN

Debe tenerse en cuenta que el Sistema de reparación de forjados de viguetas NOU BAU es un producto que queda cubierto por el campo de aplicación de la Norma europea Armonizada EN 1090-1:2009+A1:2011 «Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales». La entrada en vigor de la Norma establece la obligatoriedad, a todos los sistemas cubiertos por las mismas, de disponer del marcado CE.

Los requisitos establecidos para la concesión del DITplus definen supervisiones del control de producción más exigentes que las indicadas en la Norma para la obtención del marcado CE, considerando un mínimo de visitas anuales a realizar por el IETcc o Laboratorio reconocido por este.

El Sistema de reparación de forjados de viguetas NOU BAU dispone de marcado CE en base al Certificado de control de producción en fábrica 0370-CPR-2737.

Este DITplus no exime al fabricante de mantener en vigor dichos marcados CE.

VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica Plus número 271p/17 sustituye y anula el Documento de Idoneidad Técnica número 271R/11 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 15 de septiembre de 2022.

Madrid, 15 septiembre de 2017

LA DIRECTORA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Marta María Castellote Armero

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO DEL DIT

Sistema de refuerzo de forjados nervados unidireccionales de viguetas, consistente en la colocación, bajo las viguetas del forjado a reforzar, de una viga extensible de acero inoxidable o galvanizado.

Esta viga extensible será capaz de asegurar la estabilidad del forjado en caso de pérdida total de resistencia de la viga afectada, consiguiendo una sustitución funcional de la misma. La viga extensible soporta directamente los elementos de entrevigado, además de la viga deteriorada.

El Sistema puede utilizarse para:

- Recuperar estabilidad de un forjado cuyas viguetas estén deterioradas y hayan perdido resistencia.
- Reforzar forjados que no estando necesariamente deteriorados, necesitan un aumento de su resistencia a fin de poder tolerar un aumento de las cargas últimas o las previstas en servicio respecto a las inicialmente contempladas, como puede suceder, por ejemplo, en el caso de un cambio de uso del edificio.

A nivel resistente, el forjado a reforzar o 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 nº 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 y/o refuerzo 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.

2. 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:

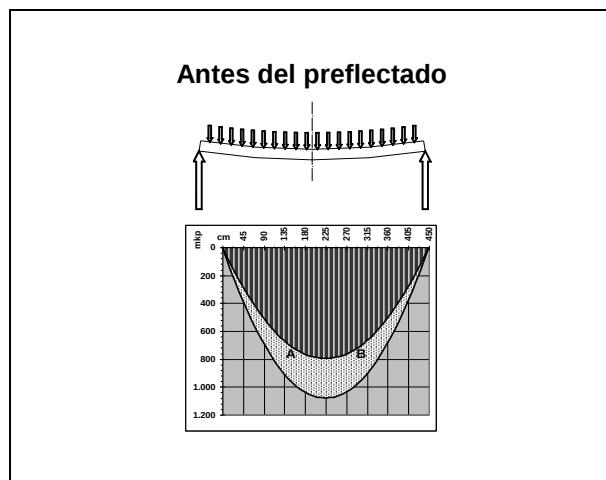
- Empotrada o semiempotrada: el perfil se coloca abrazando, total o parcialmente, a la viga del forjado que se refuerza y rellenando posteriormente el espacio entre el perfil y la viga, con un material sin función resistente que actúa como distribuidor de cargas (figura 1).
- Colocado en posición vista 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.

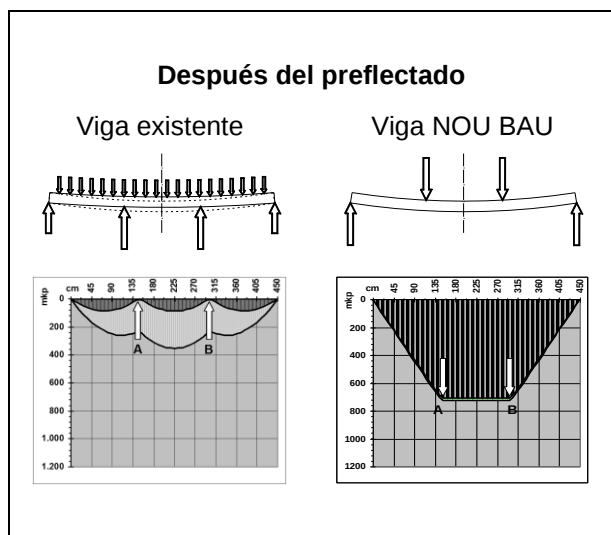
En ambos casos se precisa realizar un rejuntado entre el perfil (aletas o base según la posición) y el forjado para que se produzca correctamente la transmisión de cargas (Figuras 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4).

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 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 un mero distribuidor de cargas conjuntamente con el material de relleno, en su caso, con requerimientos de resistencia a compresión de 1 kp/cm^2 .

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 desaparecer 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.

3. MATERIALES

3.1 Chapa de acero

3.1.1 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 la tabla 1:

Tabla 1

Datos del material		
Tipo de acero	AISI-304	AISI-316
UNE-EN 10088-2:2015	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.

3.1.2 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 10346:2015.

Las características de estos aceros se dan en la tabla 2:

Tabla 2

Datos del material	
Tipo de acero	DX 51 D+Z
UNE-EN 10346:2015	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.

3.2 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.

3.3 Soldaduras

3.3.1 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

Tabla 3

Características del hilo		
Tipo de acero a soldar UNE-EN 10088-2:2015	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 %

3.3.2 Acero galvanizado

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

Tabla 4

Características del hilo	
Tipo de acero a soldar UNE-EN 10346:2015	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 %

3.4 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.

Tabla 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

3.5. 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°. 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

3.6 Tornillos

3.6.1 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.
- 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 la tabla 6.

Tabla 6

Datos del metal		
Tipo de acero UNE-EN 10088-2:2015	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

3.6.2 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 la tabla 7.

Tabla 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

4. COMPONENTES DEL SISTEMA

4.1 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 las tablas 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.

4.2 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 jácenas 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.

4.3 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.

4.4 Elementos complementarios

4.4.1 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.

4.4.2 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).

4.5 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 $0,1 \text{ N/mm}^2$ ($\sim 1 \text{ kp/cm}^2$).

Tabla 8.1 PERFILES DE ACERO INOXIDABLE (NB)

D: Desarrollo P: Peso unitario Yg: Altura C.de G. S: Sección I: Momento de inercia W: Módulo resistente i: Radio de giro																													
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α	D	P	Y _g	S	Eje X			Eje Y												
														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										
NBn-120	120	1,5	113	170	260	45	17,5	0,24	14	471	5,65	60,08	7,14	160,11	26,65	47,37	440,28	33,87	78,55										
NBn-140	140	2	113	180	270	45	17	0,24	14	510	8,16	69,88	10,27	301,37	42,98	54,17	672,31	49,8	80,91										
NBn-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										
NBn-180	180	2,5	134	215	335	60	24	0,22	13,2	648	12,96	92,16	16,35	788,32	85,53	69,43	1.611,21	96,19	99,26										
NBn-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										
NBn-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										
NBn+5-120	120	1,5	163	220	310	45	17,5	0,24	14	533	6,4	53,38	8,05	183,64	27,74	46,93	738,67	47,66	95,73										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+10-120	120	1,5	213	270	360	45	17,5	0,24	14	590	7,08	50,6	8,83	192,91	27,38	46,72	1.140,00	63,33	113,6										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+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										
NBn+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										
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α	D	P	Y _g	S	Eje X			Eje Y												
														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										
NBg-120	121,5	2	113	170	260	45	17,5	0,24	14	471	5,65	59,96	9,44	211,61	34,95	47,33	578,07	44,47	78,23										
NBg-140	140,5	2,5	113	180	270	45	17	0,24	14	510	8,16	69,61	12,72	372,69	52,57	54,1	824,07	61,04	80,45										
NBg-160	160,5	2,5	123	200	300	50	17	0,24	14	570	9,12	79,68	14,25	542,13	67,08	61,74	1.120,69	74,71	88,66										
NBg-180	180,5	3	134	215	335	60	24	0,22	13,2	648	12,96	92,11	19,55	941,06	106,46	69,37	1.919,90	114,62	99,08										
NBg-200	200,5	3	144	217	357	70	29	0,18	10,8	727	14,54	104,51	21,86	1.304,04	124,77	77,22	2.413,13	135,19	105,1										
NBg-220	221,0	4	160	240	390	75	35	0,18	10,8	805	19,32	114,58	32,06	2.298,24	200,58	84,66	4.308,20	220,93	115,9										
NBg+5-120	121,5	2	163	220	310	45	17,5	0,24	14	533	6,4	53,78	10,68	242,91	36,41	47,67	976,61	63,01	95,58										
NBg+5-140	140,5	2,5	163	230	320	45	17	0,24	14	570	9,1	62,84	14,27	427,01	54,98	54,69	1.375,44	85,97	98,16										
NBg+5-160	160,5	2,5	173	250	350	50	17	0,24	14	638	10,21	72,56	15,8	616,32	70,09	62,44	1.792,02	102,4	106,5										
NBg+5-180	180,5	3	184	265	385	60	24	0,22	13,2	714	14,28	84,81	21,39	1.062,77	111,06	70,48	2.931,00	152,26	117,1										
NBg+5-200	200,5	3	194	267	407	70	29	0,18	10,8	789	15,78	96,97	23,7	1.465,21	141,52	78,62	3.603,23	177,06	123,3										
NBg+5-220	221,0	4	210	290	440	75	35	0,18	10,8	872	20,93	107,08	34,47	2.556,55	224,41	86,11	6.214,13	282,46	134,3										
NBg+10-120	121,5	2	213	270	360	45	17,5	0,24	14	590	7,08	50,65	11,71	254,92	36,49	46,64	1.508,28	83,79	113,5										
NBg+10-140	140,5	2,5	213	280	370	45	17	0,24	14	627	10,03	59,14	15,56	450,59	55,38	53,8	2.104,71	113,77	116,3										
NBg+10-160	160,5	2,5	223	300	400	50	17	0,24	14	689	11,02	68,46	17,09	651,59	70,79	61,73	2.660,19	133,01	124,7										
NBg+10-180	180,5	3	234	315	435	60	24	0,22	13,2	771	14,42	80,3	22,95	1.126,80	112,45	70,06	4.209,01	193,52	135,4										
NBg+10-200	200,5	3	244	317	457	70	29	0,18	10,8	848	16,96	92,12	25,26	1.555,46	143,51	78,46	5.089,13	222,72	141,9										
NBg+10-220	221,0	4	260	340	490	75	35	0,18	10,8	923	22,15	102	36,58	2.710,86	227,8	86,08	8.550,68	349,01	152,9										

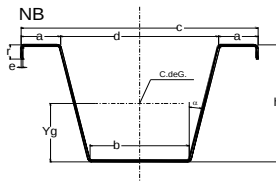
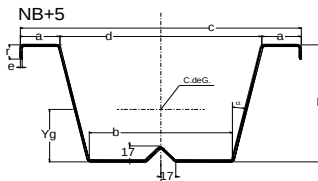
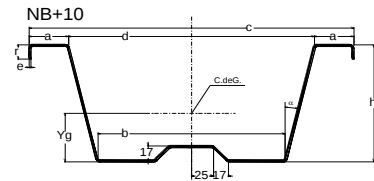
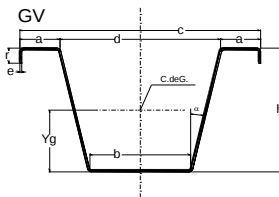
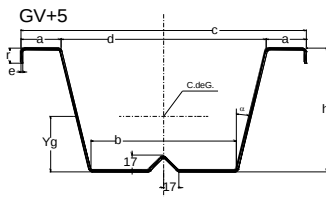
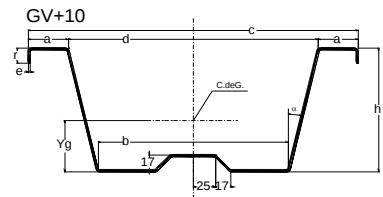
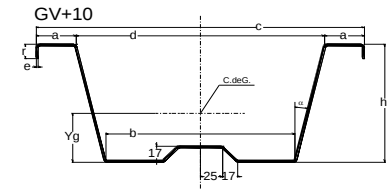
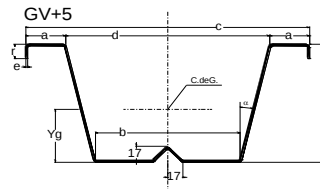
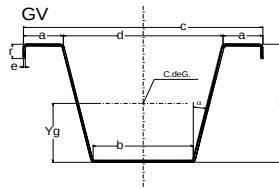
D: Desarrollo P: Peso unitario Yg: Altura C.de G. S: Sección I: Momento de inercia W: Módulo resistente i: Radio de giro																																							
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α	D	P	Y _g	S	Eje X			Eje Y																						
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad	°	mm	kg/m	mm	cm ²	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x mm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y mm																				
NBsg-120	118,5	3	113	170	260	45	17,5	0,24	14	471	11,3	59,87	14,03	312,8	50,76	47,22	850,4	65,42	77,86																				
NBsg-140	138	3	113	180	270	45	17	0,24	14	510	12,24	69,54	15,2	444,04	62,13	54,04	980,13	72,6	80,29																				
NBsg-160	158	3	123	200	300	50	17	0,24	14	570	13,68	79,58	17,04	646,74	79,43	61,6	1334,38	88,9	88,49																				
NBsg-180	177,5	3	134	215	335	60	24	0,23	13	648	15,55	92,11	19,55	941,06	106,46	69,37	1.919,90	114,6	99,09																				
NBsg-200	197,5	3	144	217	357	70	29	0,17	10	727	17,45	104,51	21,86	1.304,05	124,77	77,23	2.413,13	135,2	105,5																				
NBsg-220	217	4	166	240	390	75	35	0,17	10	805	19,32	114,58	32,06	2.298,24	200,58	84,66	4.308,20	22100	115,9																				
NBsg+5-120	118,5	3	163	220	310	45	17,5	0,24	14	533	12,79	53,76	15,56	358,45	52,92	47,53	1440,24	92,9	95,28																				
NBsg+5-140	138	3	163	230	320	45	17	0,24	14	570	13,68	62,81	17,04	508,33	65,01	54,61	1.637,74	102,36	98,03																				
NBsg+5-160	160,5	3	173	250	350	50	17	0,24	14	638	15,31	72,53	18,88	734,23	82,99	62,4	2.135,35	122,02	106,4																				
NBsg+5-180	180,5	3	184	265	385	60	24	0,23	13	714	17,14	84,81	21,39	1062,78	111,06	70,49	2.931,00	152,26	117,1																				
NBsg+5-200	200,5	3	194	267	407	70	29	0,17	10	789	18,94	96,97	23,7	1.465,22	141,52	78,62	3.603,23	177,06	123,3																				
NBsg+5-220	221	4	210	290	440	75	35	0,17	10	872	20,93	107,08	34,47	2.556,56	224,41	86,12	6.214,14	282,46	134,3																				
NBsg+10-120	118,5	3	213	270	360	45	17,5	0,24	14	590	14,16	50,6	17,43	376,15	53,06	46,46	2.227,91	123,77	113,1																				
NBsg+10-140	137,5	3	213	280	370	45	17	0,24	14	627	15,05	59,09	18,6	536,44	65,49	53,7	2.507,90	135,56	116,1																				
NBsg+10-160	158	3	223	300	400	50	17	0,24	14	689	16,54	68,4	20,44	776,36	83,84	61,63	3.171,83	158,59	124,6																				
NBsg+10-180	180,5	3	234	315	435	60	24	0,23	13	771	18,5	80,3	22,95	1126,8	112,45	70,06	4.209,01	193,52	135,4																				
NBsg+10-200	197,5	3	244	317	457	70	29	0,17	10	848	20,35	92,12	25,26	1.555,46	143,51	78,46	5.089,13	222,72	141,9																				
NBsg+10-220	221	4	260	340	490	75	35	0,17	10	923	22,15	102	36,58	2.710,87	227,8	86,08	8.550,69	349	152,9																				
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α	D	P	Y _g	S	Eje X			Eje Y																						
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad	°	mm	kg/m	mm	cm ²	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x mm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y mm																				
NBssg-120	118,5	4	113	170	260	45	17,5	0,24	14	481	15,39	59,77	18,51	410,74	65,48	47,1	1111,82	85,52	77,49																				
NBssg-140	138,0	4	113	180	270	45	17	0,24	14	518	16,58	69,39	20,08	583,37	80,34	53,99	1283,68	98,09	79,95																				
NBssg-160	158,0	4	123	200	300	50	17	0,24	14	583	18,66	79,41	22,53	850,91	103,03	61,45	1.750,89	116,72	88,15																				
NBssg-180	177,5	4	134	215	335	60	24	0,23	13	650	20,8	91,98	25,88	1241,46	134,97	69,26	2.523,98	150,7	98,75																				
NBssg-200	197,5	4	144	217	257	70	29	0,17	10	727	23,26	104,4	28,96	1.722,58	165	77,13	3.176,93	178	104,7																				
NBssg-220	217,0	4	160	240	390	75	35	0,17	10	805	25,76	114,58	32,06	2.298,24	200,58	84,66	4.308,20	221	115,9																				
NBssg+5-120	118,5	4	163	220	310	45	17,5	0,24	14	546	17,47	7362,74	20,94	469,89	68,33	47,39	1887,68	121,79	94,98																				
NBssg+5-140	138,0	4	163	230	320	45	17	0,24	14	585	18,72	72,45	22,5	666,73	84,12	54,44	2.149,76	134,36	97,75																				
NBssg+5-160	160,5	4	173	250	350	50	17	0,24	14	645	20,64	84,77	24,95	964,53	107,71	62,18	2.807,16	160,41	106,1																				
NBssg+5-180	180,5	4	184	265	385	60	24	0,23	13	713	22,82	96,94	28,29	1.399,93	144,73	70,34	3.859,15	200,47	116,8																				
NBssg+5-200	200,5	4	194	267	407	70	29	0,17	10	789	25,25	107,08	31,37	1.932,72	184,85	78,49	4.749,96	233,41	123,3																				
NBssg+5-220	221,0	4	210	290	440	75	35	0,17	10	852	27,26		34,47	2.556,56	224,41	86,12	6.214,14	282,46	134,3																				
NBssg+10-120	118,5	4	213	270	360	45	17,5	0,24	14	594	19	50,6	23,05	493,05	68,53	46,26	2.924,81	162,49	112,7																				
NBssg+10-140	137,5	4	213	280	370	45	17	0,24	14	635	20,32	58,99	24,61	703,68	84,77	53,48	3.296,75	178,2	115,8																				
NBssg+10-160	158,0	4	223	300	400	50	17	0,24	14	695	22,24	68,28	27,06	1020,15	108,85	61,4	4.174,95	208,75	124,2																				
NBssg+10-180	180,5	4	234	315	435	60	24	0,23	13	767	25,24	80,2	30,4	1.484,93	146,6	69,89	5.547,67	255,06	135,1																				
NBssg+10-200	197,5	4	244	317	457	70	29	0,17	10	842	26,94	92,03	33,48	2.052,89	187,53	78,31	6.714,81	293,86	141,6																				
NBssg+10-220	221,0	4	260	340	490	75	35	0,17	10	900	28,88	102	36,58	2.710,87	227,8	86,08	8.550,69	349	152,9																				

Tabla 8.2 PERFILES DE ACERO GALVANIZADO (GV)

D: Desarrollo P: Peso unitario Y_g: Altura C.de G. S: Sección I: Momento de inercia W: Módulo resistente i: Radio de giro																					
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α	D	P	Y _g	S	Eje X			Eje Y				
														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	301,37	42,98	54,17	672,31	49,8	80,91		
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	16,35	788,32	85,53	69,43	1.611,21	96,19	99,26		
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		
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α	D	P	Y _g	S	Eje X			Eje Y				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad	°	mm	kg/m	mm	cm ²	I _x	W _x	i _x	I _y	W _y	i _y		
GVg-120	121,5	2	113	170	260	45	17,5	0,24	14	471	5,65	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	8,16	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	9,12	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	12,96	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	14,54	104,51	21,86	1.304,04	124,77	77,22	2.413,13	135,19	105,1		
GVg-220	221,0	4	160	240	390	75	35	0,18	10,8	805	19,32	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	6,4	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	9,1	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	10,21	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	14,28	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	15,78	96,97	23,7	1.465,21	141,52	78,62	3.603,23	177,06	123,3		
GVg+5-220	221,0	4	210	290	440	75	35	0,18	10,8	872	20,93	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	7,08	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	10,03	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	11,02	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	14,42	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	16,96	92,12	25,26	1.555,46	143,51	78,46	5.089,13	222,72	141,9		
GVg+10-220	221,0	4	260	340	490	75	35	0,18	10,8	923	22,15	102	36,58	2.710,86	227,8	86,08	8.550,68	349,01	152,9		

D: Desarrollo
P: Peso unitario
Yg: Altura C.de G.
S: Sección
I: Momento de inercia
W: Módulo resistente
i: Radio de giro



Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α'	D	P	Yg	S	Eje X			Eje Y		
														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
GVsg-120	118,5	3	113	170	260	45	17,5	0,24	14	471	11,3	59,87	14,03	312,8	50,76	47,22	850,4	65,42	77,86
GVsg-140	138	3	113	180	270	45	17	0,24	14	510	12,24	69,54	15,2	444,04	62,13	54,04	980,13	72,6	80,29
GVsg-160	158	3	123	200	300	50	17	0,24	14	570	13,68	79,58	17,04	646,74	79,43	61,6	1334,38	88,9	88,49
GVsg-180	177,5	3	134	215	335	60	24	0,23	13	648	15,55	92,11	19,55	941,06	106,46	69,37	1.919,90	114,6	99,09
GVsg-200	197,5	3	144	217	357	70	29	0,17	10	727	17,45	104,51	21,86	1.304,05	124,77	77,23	2.413,13	135,2	105,5
GVsg-220	217	4	166	240	390	75	35	0,17	10	805	19,32	114,58	32,06	2.298,24	200,58	84,66	4.308,20	22100	115,9
GVsg+5-120	118,5	3	163	220	310	45	17,5	0,24	14	533	12,79	53,76	15,56	358,45	52,92	47,53	1440,24	92,9	95,28
GVsg+5-140	138	3	163	230	320	45	17	0,24	14	570	13,68	62,81	17,04	508,33	65,01	54,61	1.637,74	102,36	98,03
GVsg+5-160	160,5	3	173	250	350	50	17	0,24	14	638	15,31	72,53	18,88	734,23	82,99	62,4	2.135,35	122,02	106,4
GVsg+5-180	180,5	3	184	265	385	60	24	0,23	13	714	17,14	84,81	21,39	1062,78	111,06	70,49	2.931,00	152,26	117,1
GVsg+5-200	200,5	3	194	267	407	70	29	0,17	10	789	18,94	96,97	23,7	1.465,22	141,52	78,62	3.603,23	177,06	123,3
GVsg+5-220	221	4	210	290	440	75	35	0,17	10	872	20,93	107,08	34,47	2.556,56	224,41	86,12	6.214,14	282,46	134,3
GVsg+10-120	118,5	3	213	270	360	45	17,5	0,24	14	590	14,16	50,6	17,43	376,15	53,06	46,46	2.227,91	123,77	113,1
GVsg+10-140	137,5	3	213	280	370	45	17	0,24	14	627	15,05	59,09	18,6	536,44	65,49	53,7	2.507,90	135,56	116,1
GVsg+10-160	158	3	223	300	400	50	17	0,24	14	689	16,54	68,4	20,44	776,36	83,84	61,63	3.171,83	158,59	124,6
GVsg+10-180	180,5	3	234	315	435	60	24	0,23	13	771	18,5	80,3	22,95	1126,8	112,45	70,06	4.209,01	193,52	135,4
GVsg+10-200	197,5	3	244	317	457	70	29	0,17	10	848	20,35	92,12	25,26	1.555,46	143,51	78,46	5.089,13	222,72	141,9
GVsg+10-220	221	4	260	340	490	75	35	0,17	10	923	22,15	102	36,58	2.710,87	227,8	86,08	8.550,69	349	152,9
Perfil	h	e	b	d	c	a	r	α	α'	D	P	Yg	S	Eje X			Eje Y		
														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
GVssg-120	118,5	4	113	170	260	45	17,5	0,24	14	481	15,39	59,77	18,51	410,74	65,48	47,1	1111,82	85,52	77,49
GVssg-140	138,0	4	113	180	270	45	17	0,24	14	518	16,58	69,39	20,08	583,37	80,34	53,99	1283,68	98,09	79,95
GVssg-160	158,0	4	123	200	300	50	17	0,24	14	583	18,66	79,41	22,53	850,91	103,03	61,45	1.750,89	116,72	88,15
GVssg-180	177,5	4	134	215	335	60	24	0,23	13	650	20,8	91,98	25,88	1241,46	134,97	69,26	2.523,98	150,7	98,75
GVssg-200	197,5	4	144	217	257	70	29	0,17	10	727	23,26	104,4	28,96	1.722,58	165	77,13	3.176,93	178	104,7
GVssg-220	217,0	4	160	240	390	75	35	0,17	10	805	25,76	114,58	32,06	2.298,24	200,58	84,66	4.308,20	221	115,9
GVssg+5-120	118,5	4	163	220	310	45	17,5	0,24	14	546	17,47	7362,74	20,94	469,89	68,33	47,39	1887,68	121,79	94,98
GVssg+5-140	138,0	4	163	230	320	45	17	0,24	14	585	18,72	72,45	22,5	666,73	84,12	54,44	2.149,76	134,36	97,75
GVssg+5-160	160,5	4	173	250	350	50	17	0,24	14	645	20,64	84,77	24,95	964,53	107,71	62,18	2.807,16	160,41	106,1
GVssg+5-180	180,5	4	184	265	385	60	24	0,23	13	713	22,82	96,94	28,29	1.399,93	144,73	70,34	3.859,15	200,47	116,8
GVssg+5-200	200,5	4	194	267	407	70	29	0,17	10	789	25,25	107,08	31,37	1.932,72	184,85	78,49	4.749,96	233,41	123,3
GVssg+5-220	221,0	4	210	290	440	75	35	0,17	10	852	27,26		34,47	2.556,56	224,41	86,12	6.214,14	282,46	134,3
GVssg+10-120	118,5	4	213	270	360	45	17,5	0,24	14	594	19	50,6	23,05	493,05	68,53	46,26	2.924,81	162,49	112,7
GVssg+10-140	137,5	4	213	280	370	45	17	0,24	14	635	20,32	58,99	24,61	703,68	84,77	53,48	3.296,75	178,2	115,8
GVssg+10-160	158,0	4	223	300	400	50	17	0,24	14	695	22,24	68,28	27,06	1020,15	108,85	61,4	4.174,95	208,75	124,2
GVssg+10-180	180,5	4	234	315	435	60	24	0,23	13	767	25,24	80,2	30,4	1.484,93	146,6	69,89	5.547,67	255,06	135,1
GVssg+10-200	197,5	4	244	317	457	70	29	0,17	10	842	26,94	92,03	33,48	2.052,89	187,53	78,31	6.714,81	293,86	141,6
GVssg+10-220	221,0	4	260	340	490	75	35	0,17	10	900	28,88	102	36,58	2.710,87	227,8	86,08	8.550,69	349	152,9

5. 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. Otelinox 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.

6. CONTROL DE CALIDAD

El control de producción en fábrica se lleva a cabo según la Norma UNE-EN 1090-1:2011+A1:2012⁽¹⁾, de acuerdo al Certificado de Conformidad de Control de Producción en fábrica 0370-CPR-2737 y al certificado del Sistema de Gestión de Calidad.

SISTEMA NOU BAU, 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.

6.1 Controles de recepción de materias primas o componentes

Chapa: El material base está garantizado por el suministrador del acero, que tiene establecido su

⁽¹⁾ UNE-EN 1090-1:2011+A1:2012: Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales.

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 Mercado CE.

6.2 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.

6.3 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 nº 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 vigueta 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.

6.3.1 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.

6.3.2 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 (apariencia 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.

6.4 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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:

1º. Elección de la serie de perfiles.

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

2º. 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.

3º. 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.

4º. 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).

5º. 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.

10. 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).
- 2016 Edificio de viviendas en la calle Teide de Barcelona 405 unidades.
- 2015 Edificio de viviendas en la Av. Gaudi de Barcelona 618 unidades.
- 2014 Escuela en Sabadell, 332 unidades.
- 2013 Plaza de Abastos de Vitoria-Gasteiz, 474 unidades.
- 2013 Edificio "reformatorio" en Girona 1.151 unidades.

11. 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.

11.1 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.

11.2 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 Φ , 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 1300 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 extractan los valores más significativos de los ensayos realizados.

FLEXIÓN 1

- 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, 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.

11.3 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.

11.4 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.

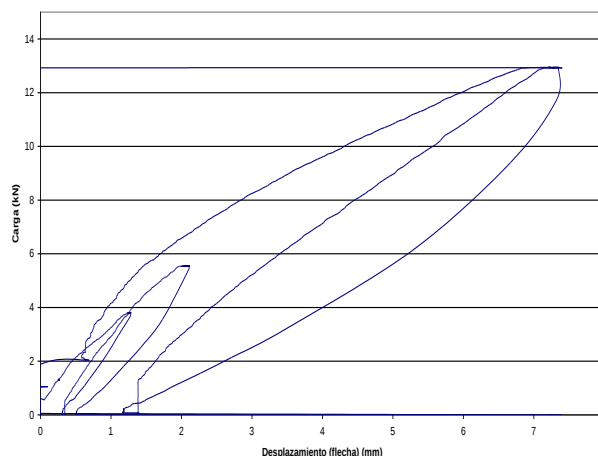
Se considera como carga de rotura la registrada en el gato, más el peso de los perfiles de reparto utilizados en el ensayo (aprox. 100 kp).

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.

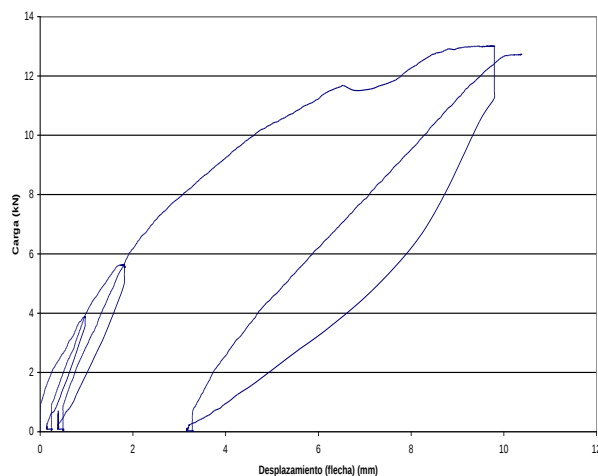
NOU BAU Ensayo forjado madera nº 1



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.

NOU BAU Ensayo forjado madera nº 2



11.5 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

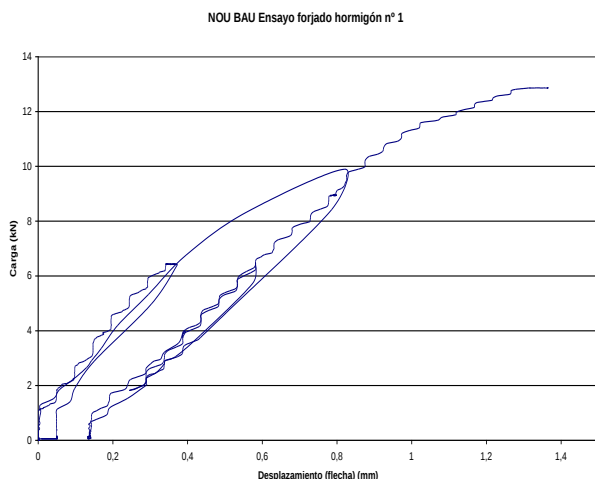
mismo tipo, sobre la que se hizo un rejuntado de mortero en toda la base de la vigueta original para asegurar un buen refuerzo.

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.

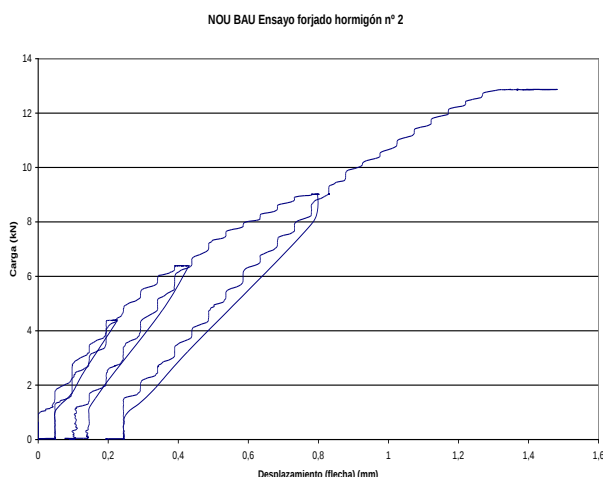
FLEXIÓN H1:

- 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.



11.6 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.

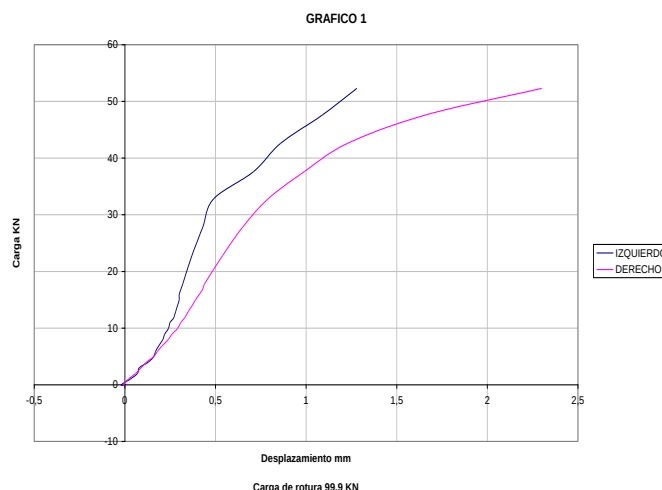
Los ensayos a cortante, para estudiar el comportamiento de los apoyos de los perfiles, se realizaron usando un útil que permitía probar a la vez dos apoyos con una viga corta, reproduciendo las mismas sollicitaciones que tienen lugar en los extremos de las vigas.

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)

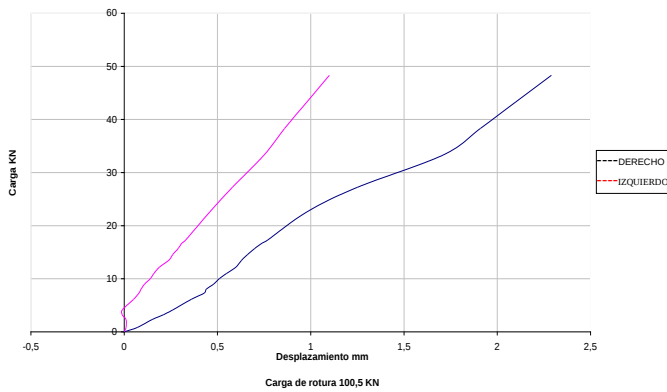
- Carga de rotura: 99,9 kN
- Flecha inferior izquierda: 1,28 mm
- Flecha inferior derecha: 2,30 mm
- Tipo de rotura: Rompe por abollamiento de la chapa en soportes y perfil.



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.

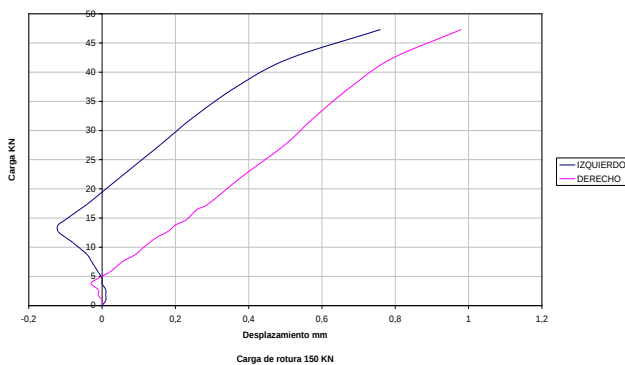
GRAFICO 2



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.

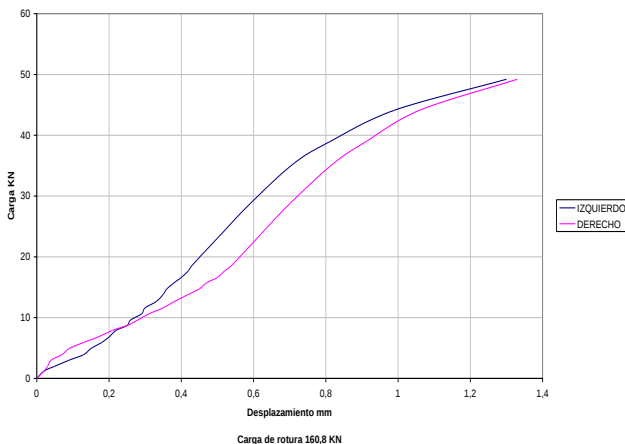
GRAFICO 3



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.

GRAFICO 4



12. 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.

12.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

12.1.1 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 aquellas en las que la relación de las concargas a las sobrecargas, sea la mayor posible.

Las condiciones mínimas por las que el Sistema queda limitado, es que la relación concargas/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.

12.1.2 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.

12.1.3 DB – SU Seguridad de utilización

No procede.

12.1.4 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.

12.1.5 DB – HE Ahorro de energía

No procede.

12.1.5 DB – HR Protección frente al ruido

No procede.

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

12.2.1 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.

12.2.2 Limitaciones de uso

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

12.3 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.

12.4 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.

12.5 Condiciones de seguimiento

El marcado CE para las estructuras de acero y aluminio requiere un sistema de Evaluación y Verificación de la Constancia de las Prestaciones 2+.

Para la concesión y validez del presente DITplus el fabricante deberá mantener en vigor el marcado CE del producto y someterse a supervisiones del control de producción, con un mínimo de visitas anuales a realizar por el IETcc o Laboratorio reconocido por este.

13. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS

Las principales observaciones formuladas por la Comisión de Expertos⁽²⁾ en reuniones celebradas los días 26 de julio de 1993, 5 de julio de 2007, 10 de noviembre de 2011 y 15 de junio de 2017 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.
- La puesta en obra y las soluciones constructivas representadas en las figuras son ejemplos orientativos.
- En cuanto a los trabajos previos de la puesta en obra, para cada obra se deberán definir en función de las condiciones concretas de cada forjado, para cada vigueta, los apeos y medios auxiliares necesarios en función de las condiciones existentes, garantizando la estabilidad del conjunto durante los trabajos.

⁽²⁾ Las Comisiones de Expertos estuvieron formadas por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- ADIGSA-Generalitat de Catalunya.
- Ayuntamiento de Madrid.
- CEDEX.
- C.E.N.I.M. (C.S.I.C.).
- CIETAN.
- Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona.
- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSAE).
- 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.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS. Dirección de Ingeniería.
- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSAE).
- DRAGADOS S.A.
- FERROVIAL-AGROMAN 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).
- CPV Control Técnico y Prevención de Riesgos, S.A.
- E.T.S. de Ingeniería Civil (UPM).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

FIGURA 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SEMIEMPOTRADO

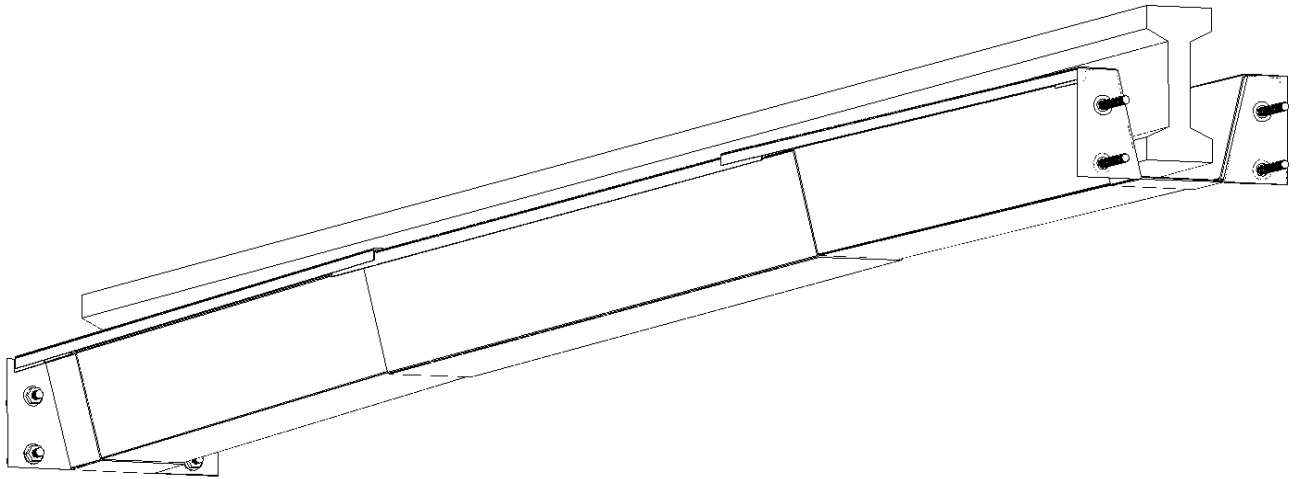


FIGURA 1.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

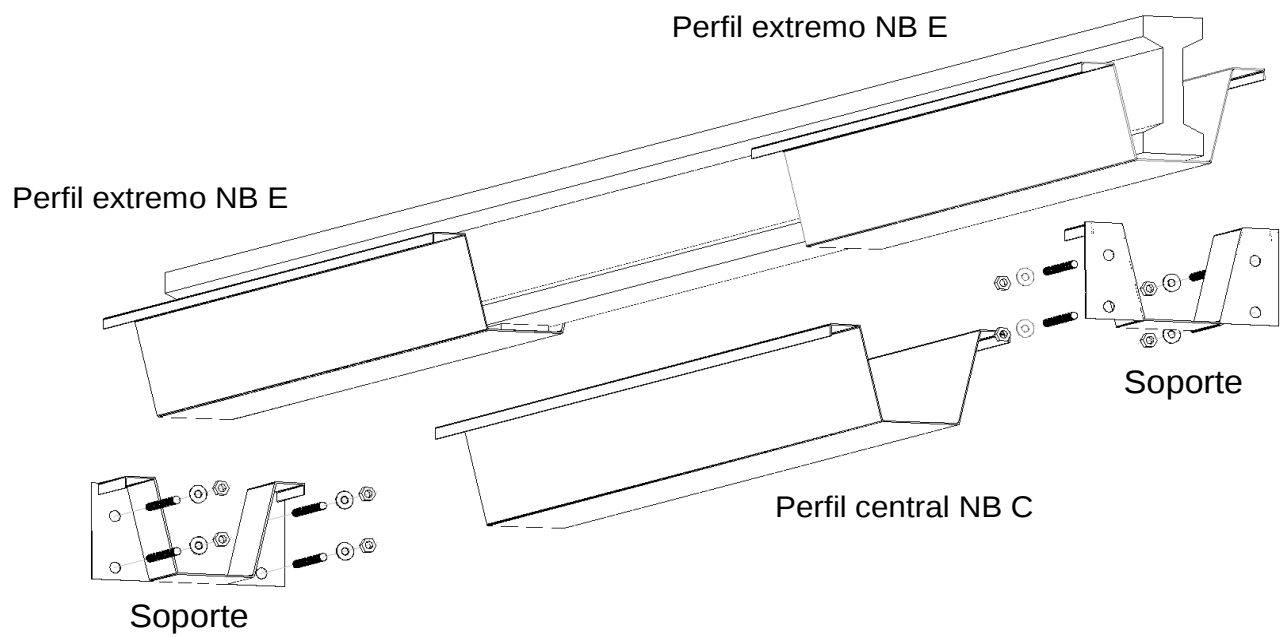


FIGURA 1.2. APOYO

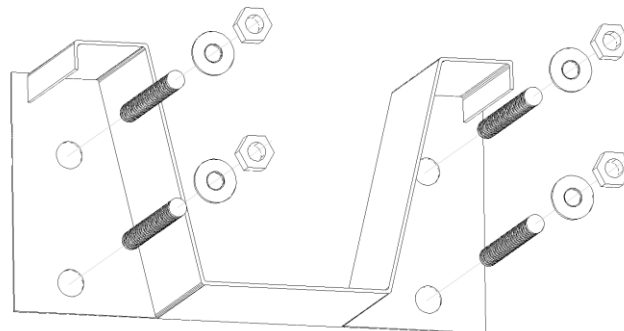


FIGURA 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA VISTO EN POSICIÓN NORMAL

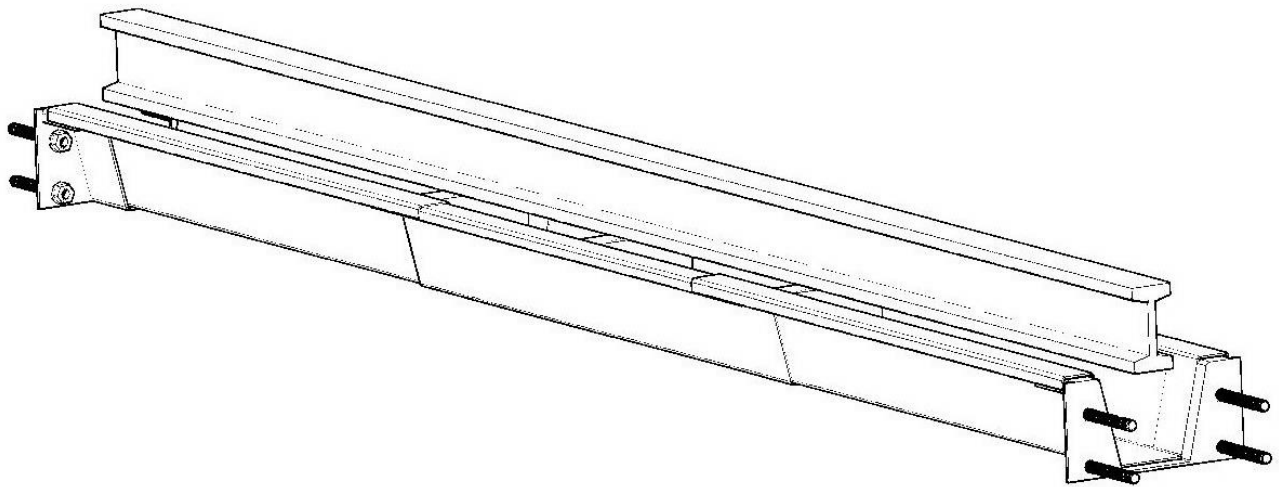


FIGURA 2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

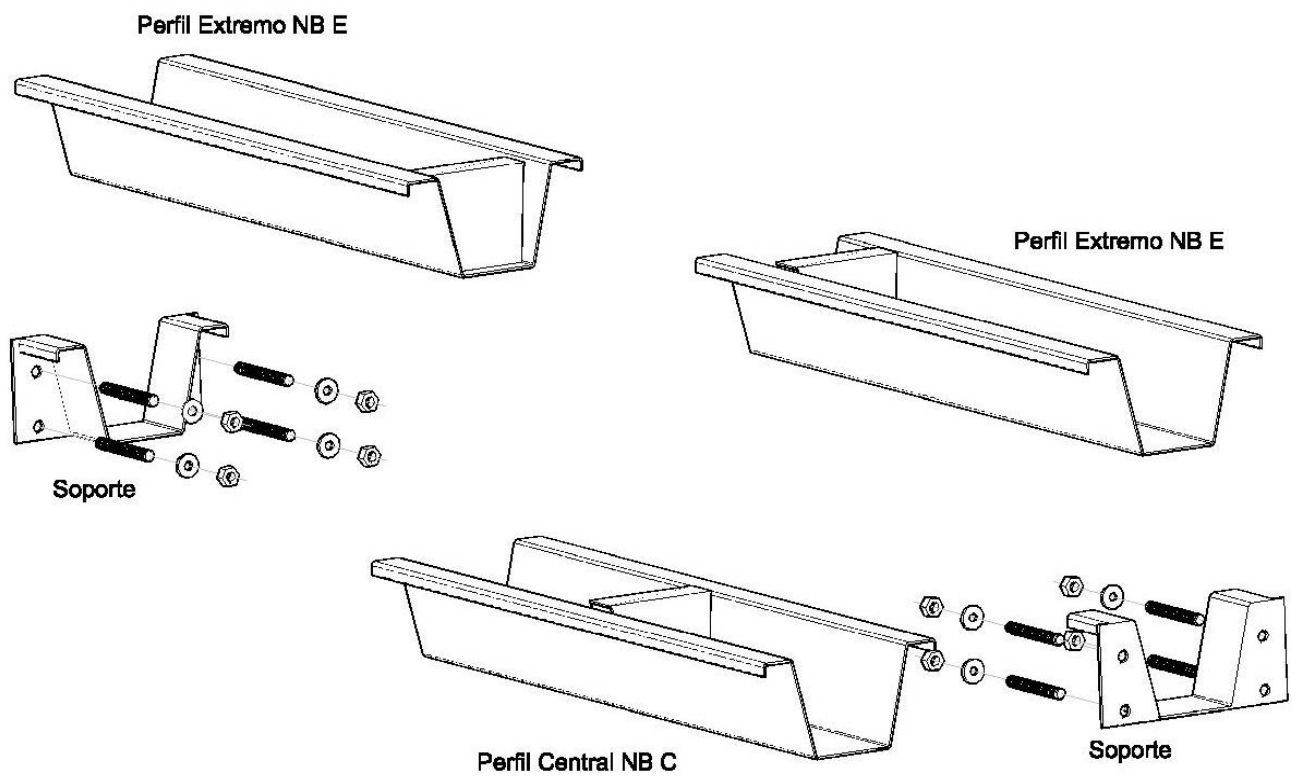


FIGURA 2.2. COLOCACIÓN DE CABALLETES: VIGA EN POSICIÓN VISTA NORMAL

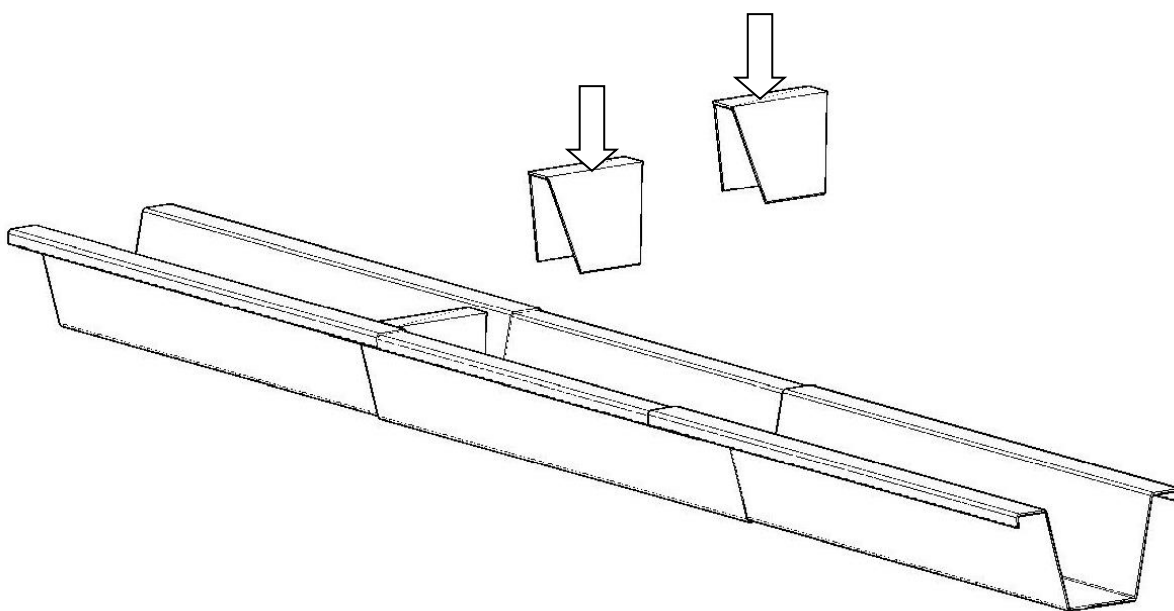


FIGURA 2.3. CABALLETES PARA SISTEMA VISTO NORMAL

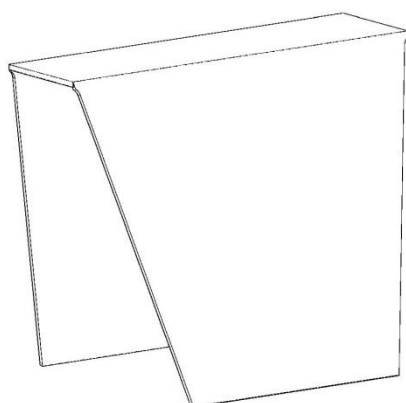


FIGURA 2.4. APOYO

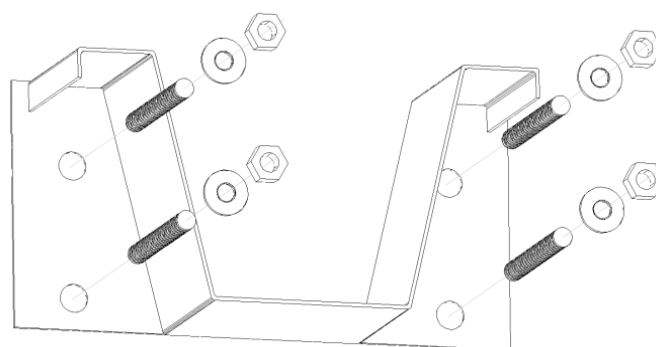


FIGURA 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA VISTO EN POSICIÓN INVERTIDA

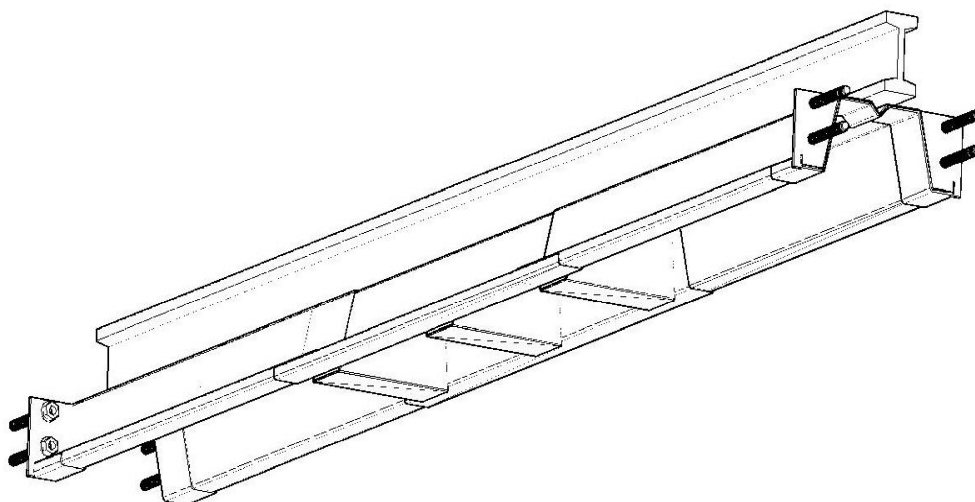
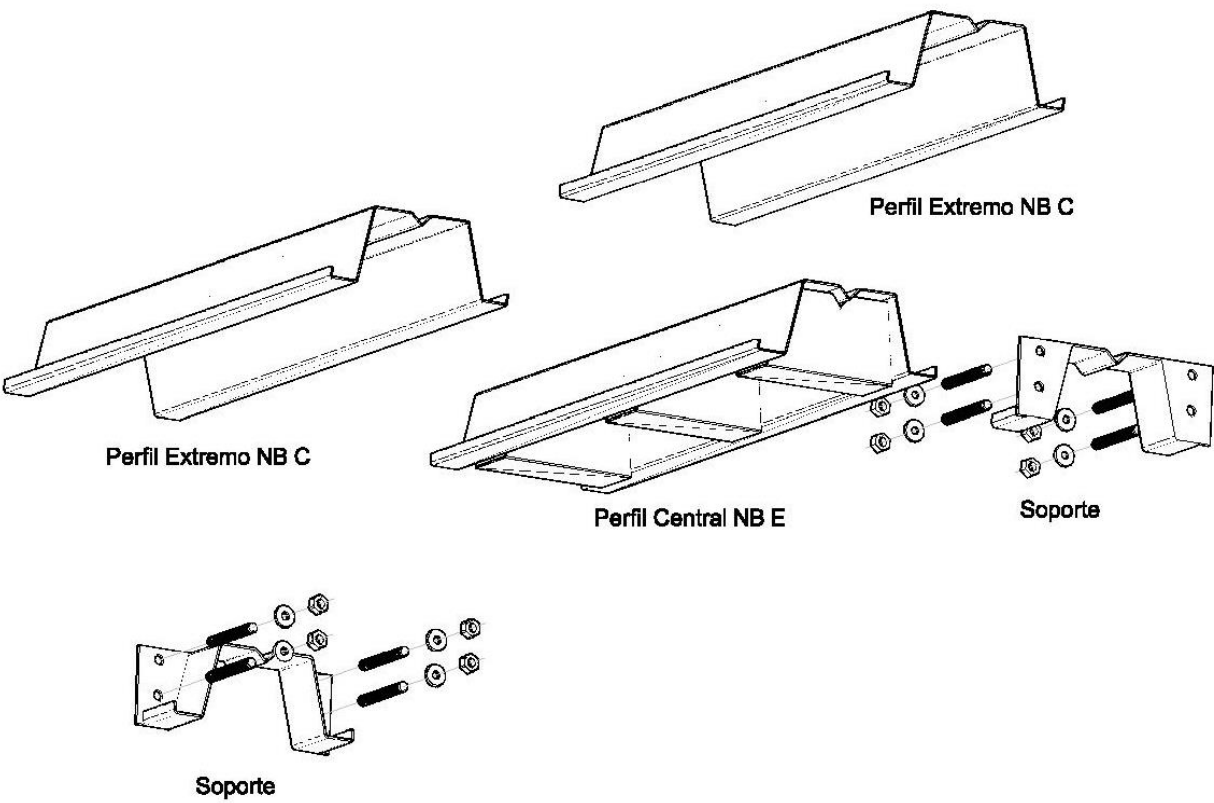
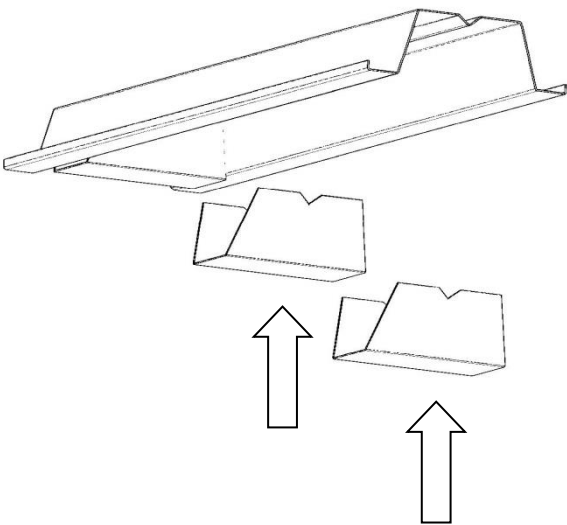


FIGURA 3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA



**FIGURA 3.2. COLOCACIÓN DE CABALLETES:
VIGA EN POSICIÓN INVERTIDA**



**FIGURA 3.3. CABALLETES PARA SISTEMA
VISTO INVERTIDO**

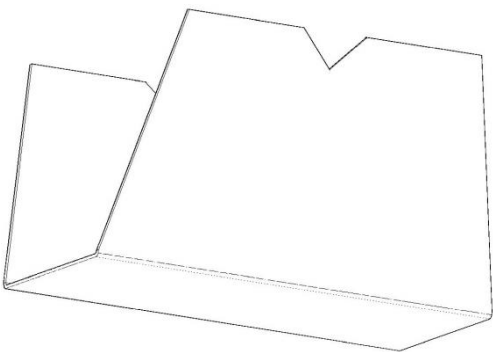


FIGURA 3.4. APOYO

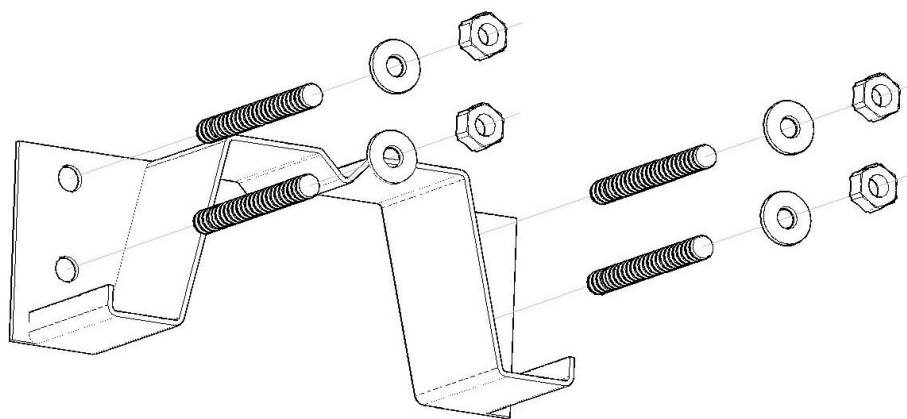


FIGURA 4. PERFILES UNIDOS POR SOLDADURA

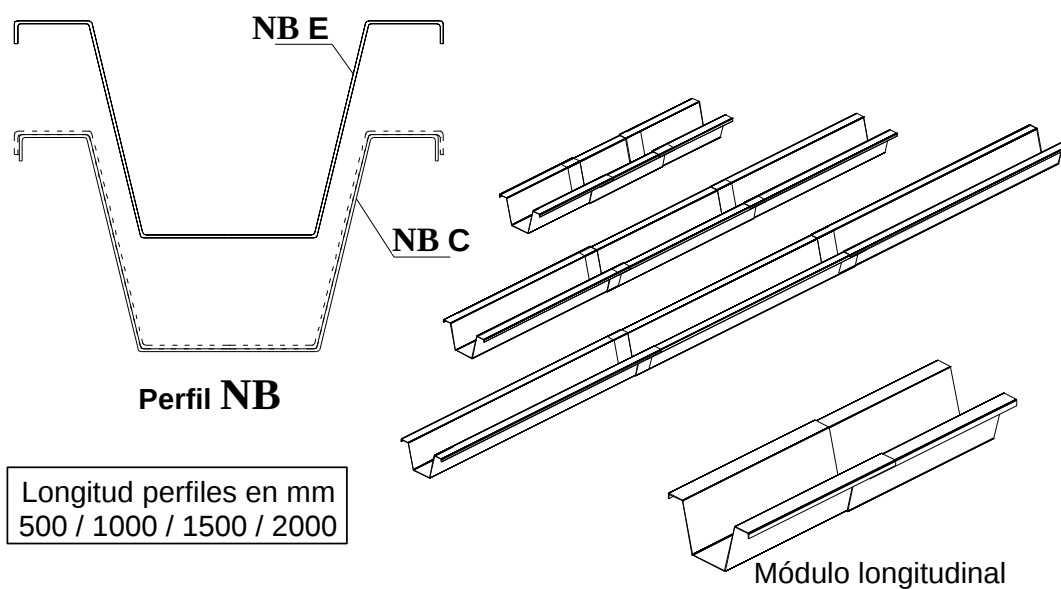


FIGURA 5. ESQUEMA DE PREFLECTADO

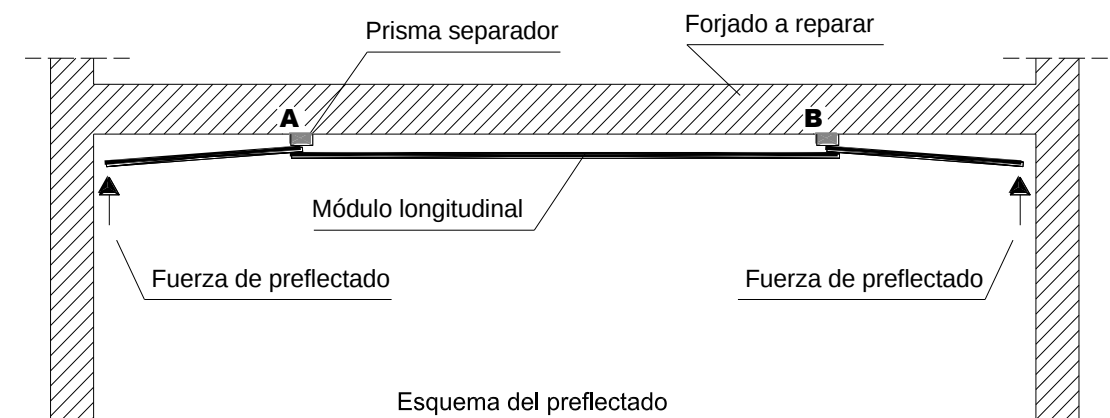
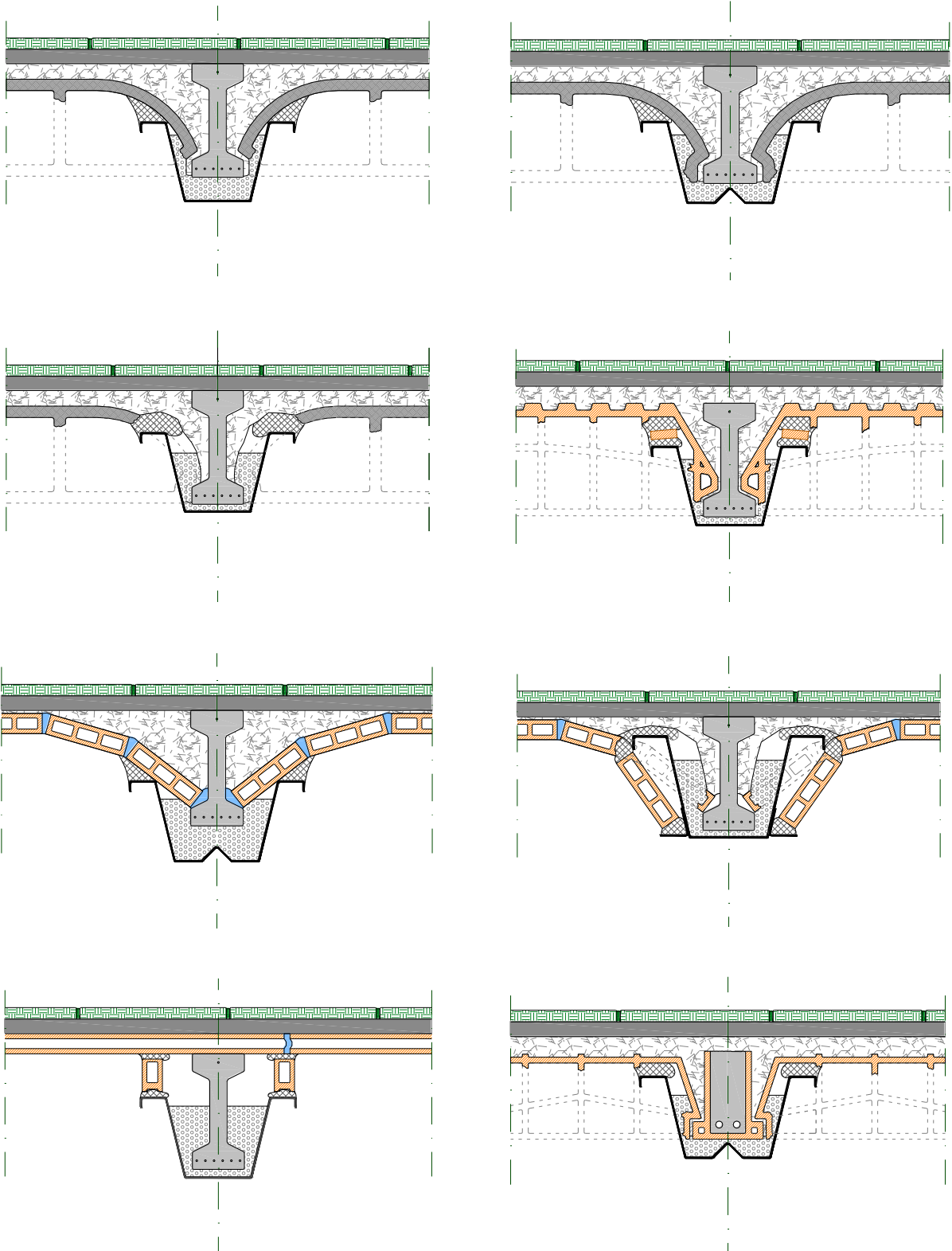
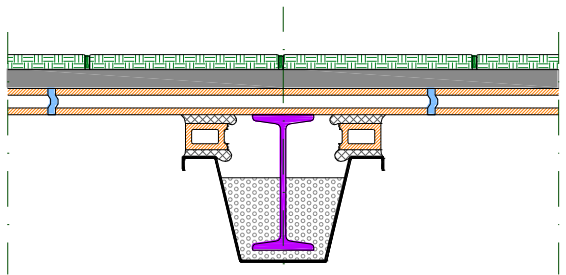
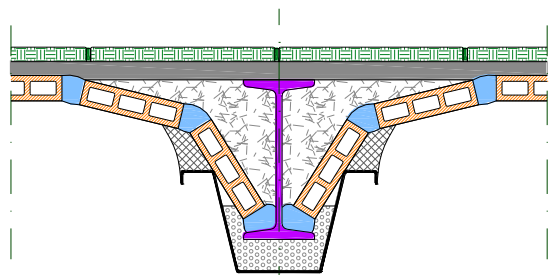
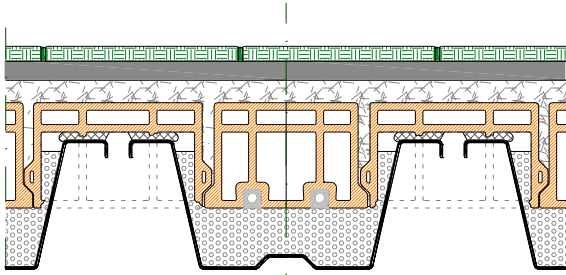


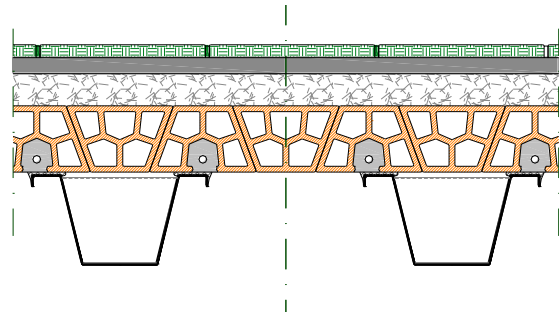
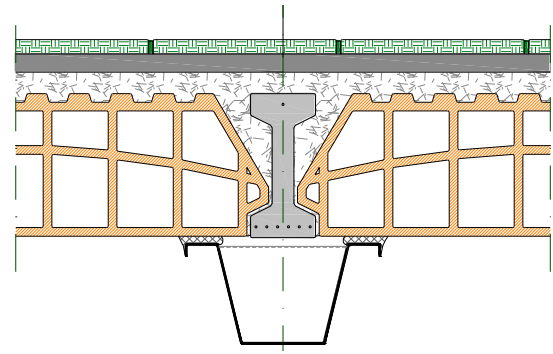
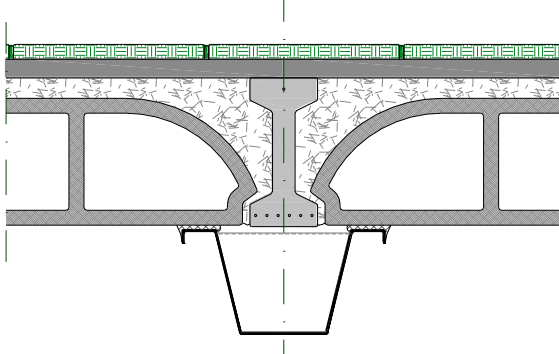
FIGURA 6. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

6.1. COLOCACIÓN EMPOTRADA Y SEMIEMPOTRADA

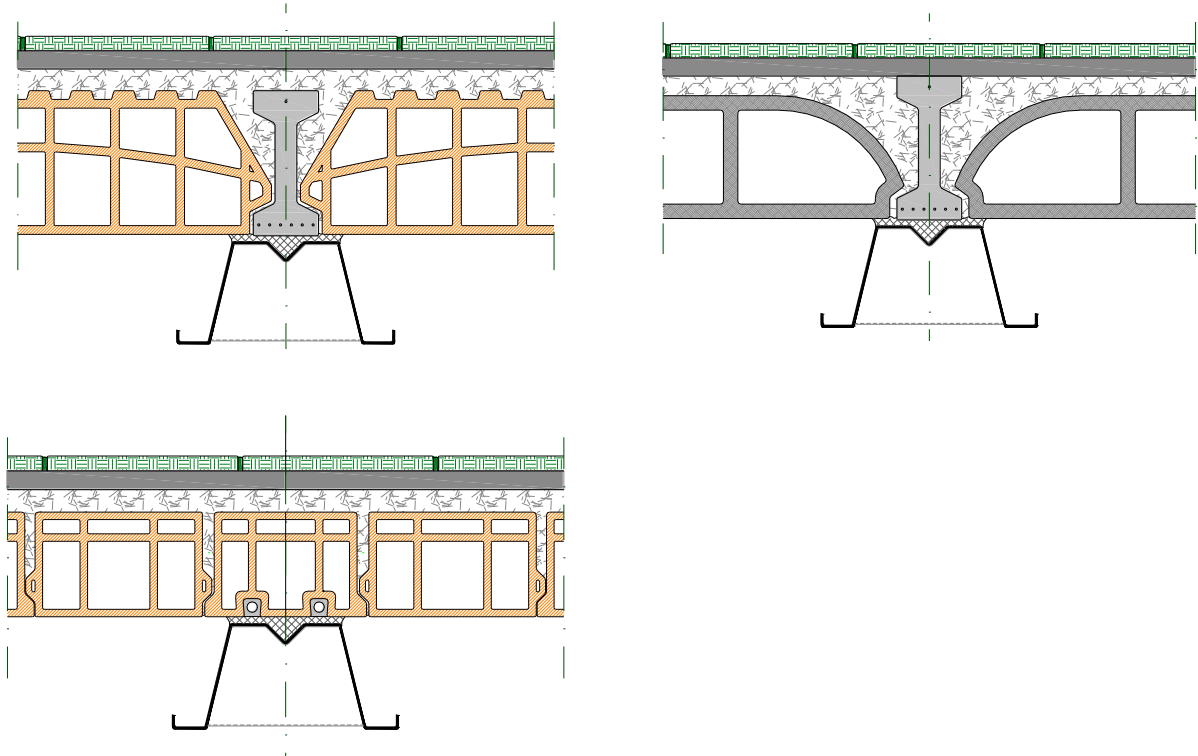




6.2. COLOCACIÓN EN POSICIÓN VISTA NORMAL



6.3. COLOCACIÓN EN POSICIÓN VISTA INVERTIDA



6.4. REFUERZO VIGAS DE MADERA

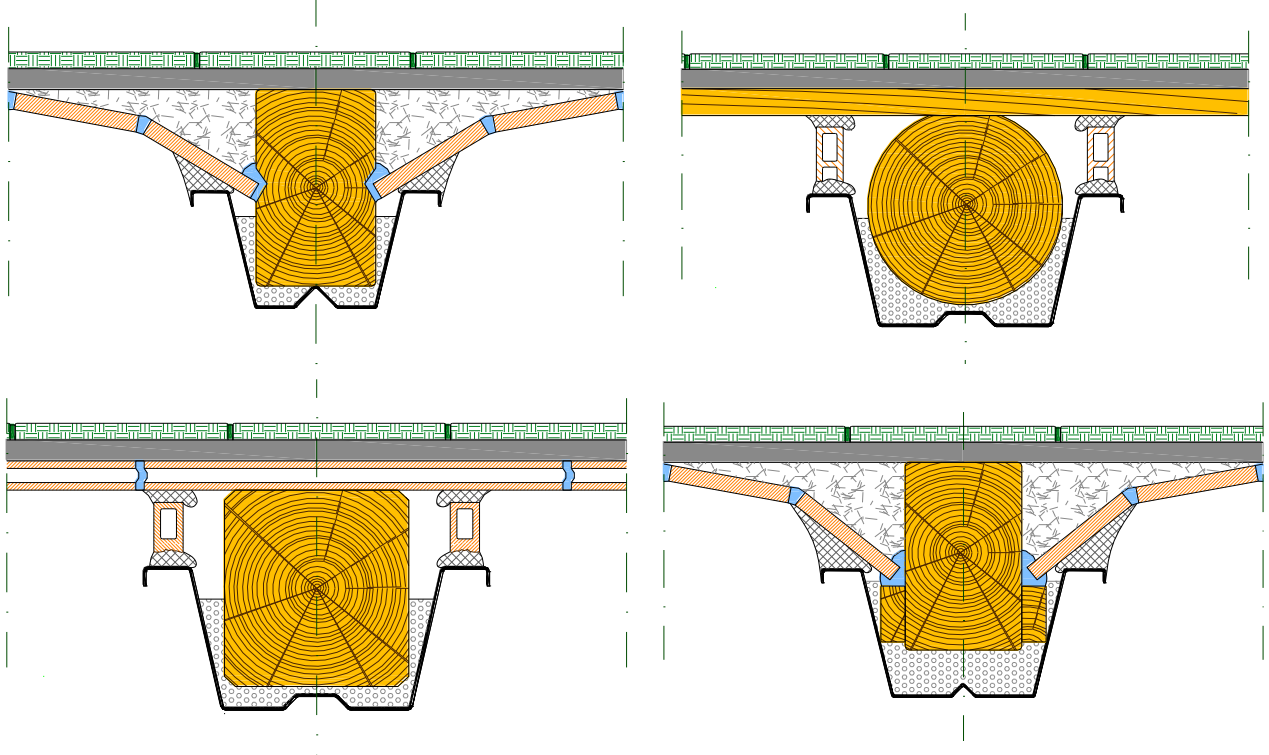


FIGURA 7. APOYO SOBRE MURO DE FÁBRICA

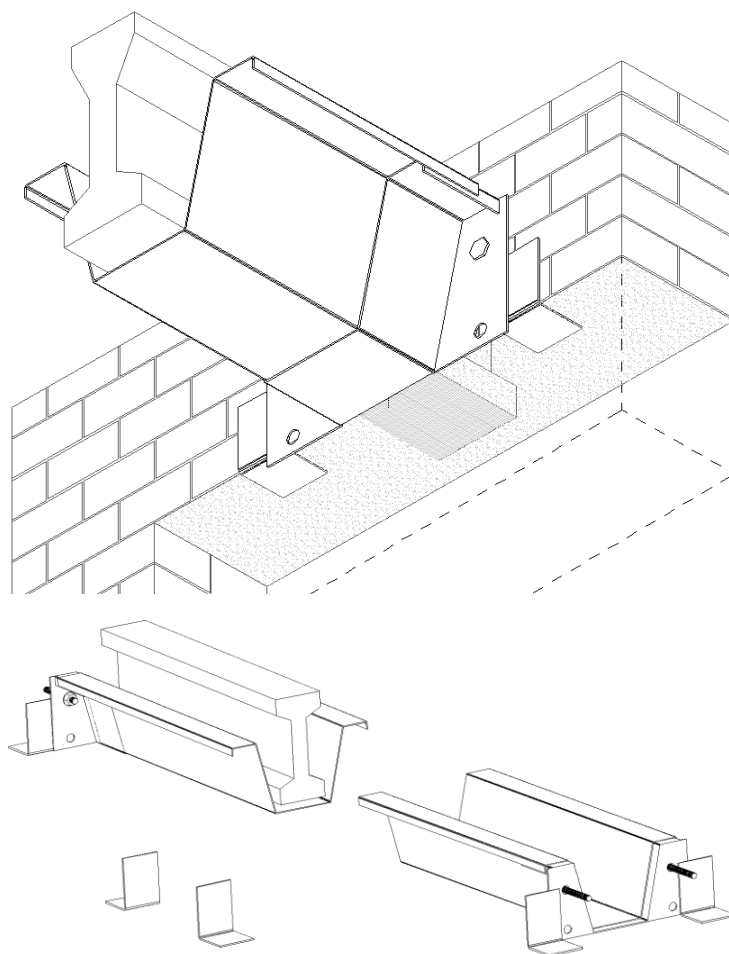


FIGURA 8. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

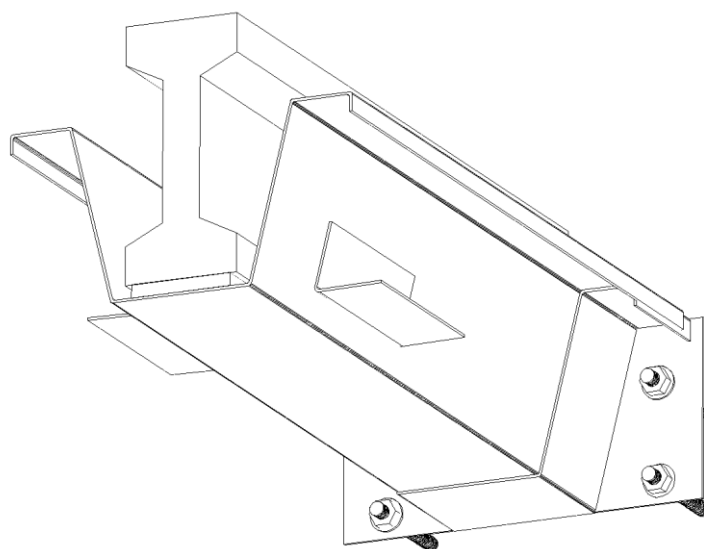


FIGURA 9. PUESTA EN OBRA
FIGURA 9.1 VIGA SEMIEMPOTRADA

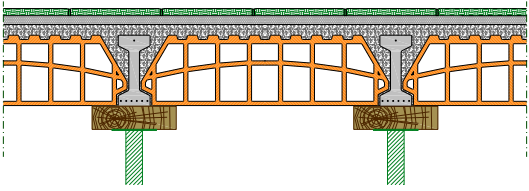
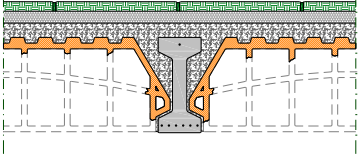
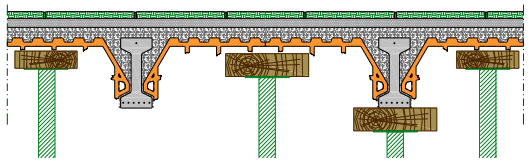
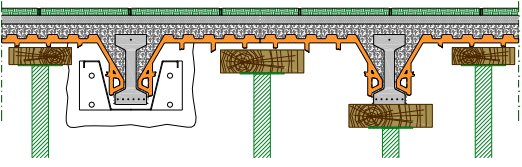
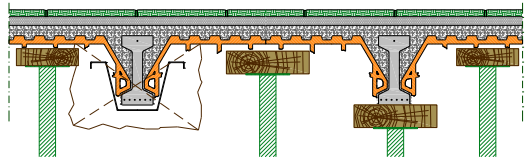
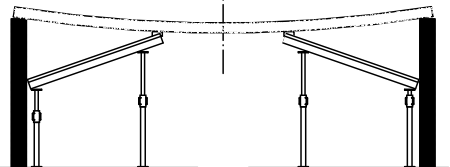
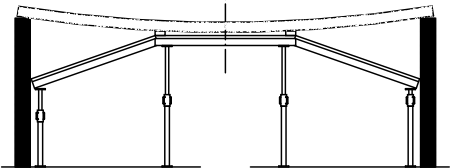
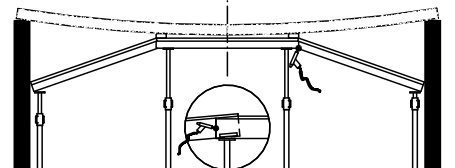
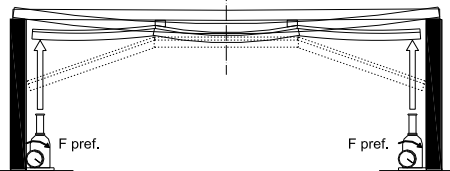
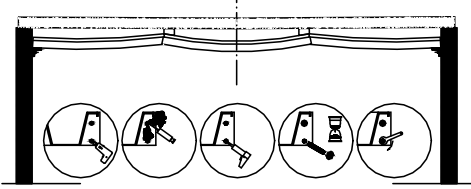
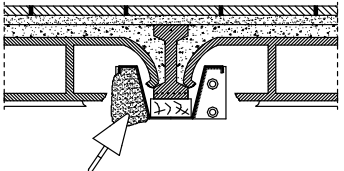
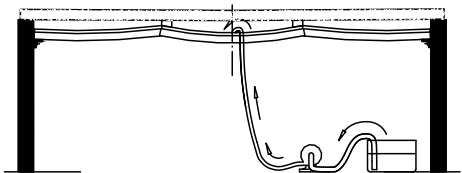
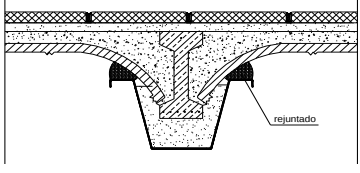
1.  Apuntalamiento del forjado (si fuese necesario)	2.  Liberar los laterales de la vigueta a reforzar.
3.  Traslado de puntales vigueta a vigueta (si los hubiere). Saneamiento de las partes dañadas de la vigueta.	4.  Preparación de los paramentos en los apoyos.
5.  Perforar la tabiquería.	6.  Colocación 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 9.2 VIGA VISTA NORMAL

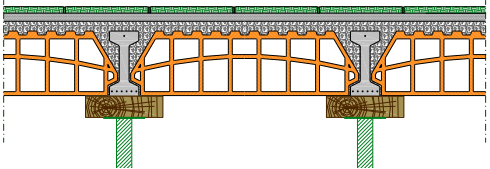
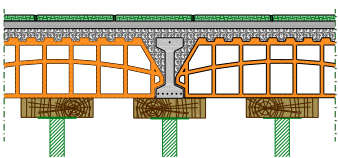
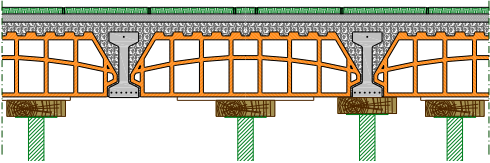
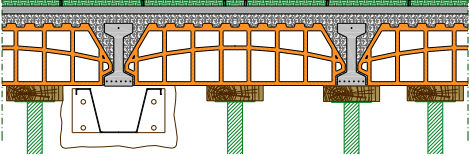
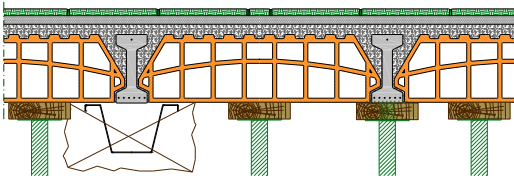
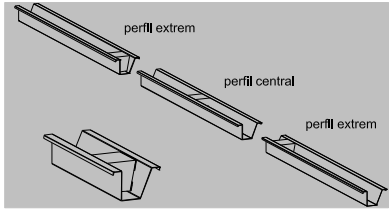
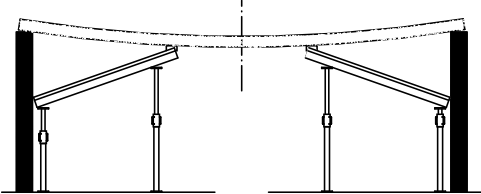
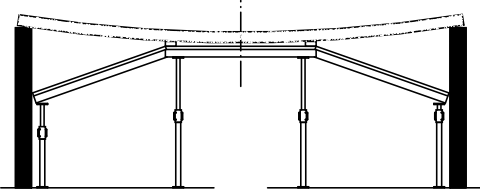
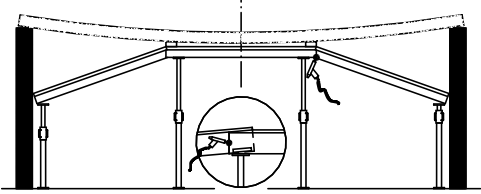
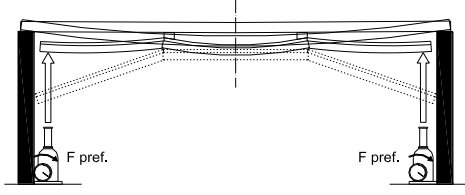
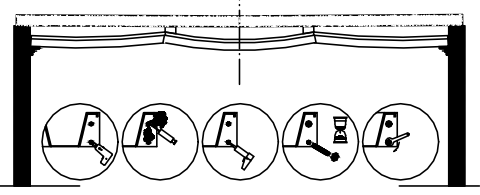
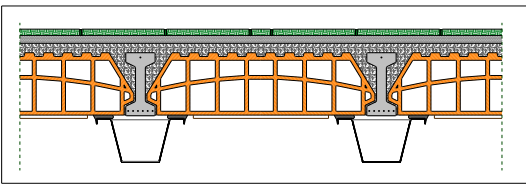
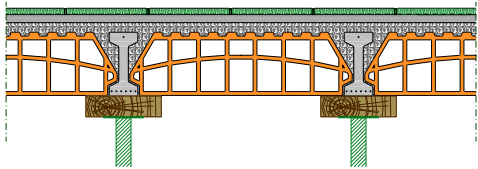
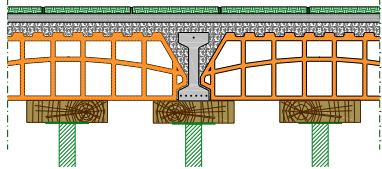
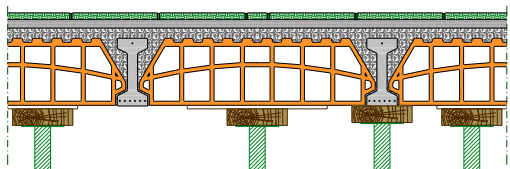
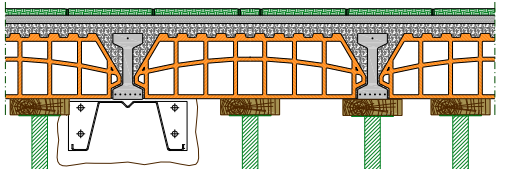
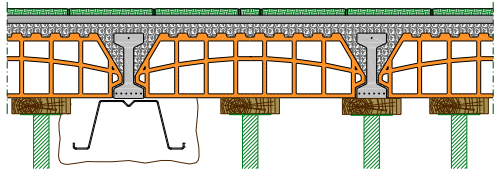
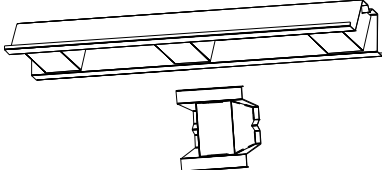
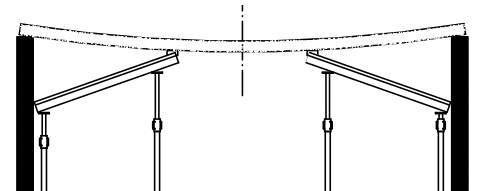
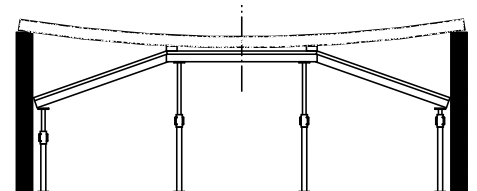
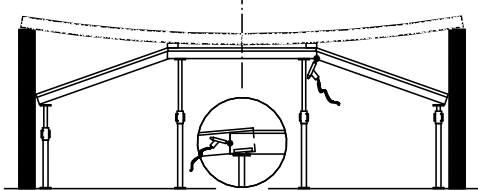
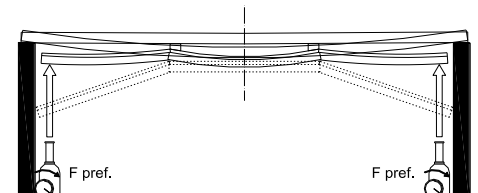
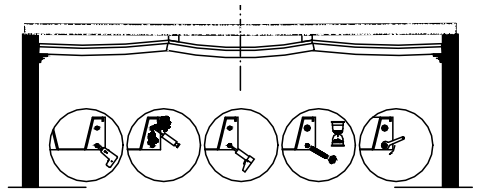
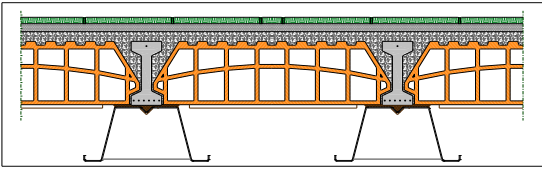
1.  Apuntalamiento del forjado (si fuese necesario)	2.  Traslado de puntales vigueta a vigueta (si los hubiere)
3.  Repicar el yeso de la base de la vigueta a reforzar.	4.  Preparación de los paramentos en los apoyos.
5.  Perforar la tabiquería.	6.  Soldar los caballetes.
7.  Colocación de los perfiles 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

1.  Apuntalamiento del forjado (si fuese necesario)	2.  Traslado de puntales vigueta a vigueta (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.	