

MEMORIA JUSTIFICATIVA

REFUERZO DE FORJADO EXISTENTE DE VIGUETAS DE MADERA MEDIANTE CONEXIÓN DE CAPA DE COMPRESIÓN DE HORMIGÓN.

Referencia -
Ubicación -
Fecha 22/02/2024
Cliente
Proyectista
Autor del cálculo

Índice

- 1 Introducción
 - 2 Estado actual
 - 3 Justificación del refuerzo
 - 4 Características técnicas
 - 5 Acciones
 - 6 Características de los materiales
 - 7 Seguridad estructural
 - 8 Método de cálculo
 - 9 Normativa
 - 10 Durabilidad
 - 11 Fuego
 - 12 Ejecución
 - 13 Control de calidad
- Anexo (A) Justificación del cálculo

1. INTRODUCCIÓN

Este documento expone los principales parámetros que permiten justificar el refuerzo proyectado.

La descripción geométrica del refuerzo queda definida en los planos del proyecto. El refuerzo será ejecutado y controlado siguiendo lo que se indica en los planos y las prescripciones expuestas en el Documento Básico DB-SE (Seguridad estructural) con sus documentos básicos y las especificaciones de la normativa vigente (Código Estructural). Tanto la interpretación de los planos, como las normas de ejecución de la estructura quedan supeditadas en última instancia a las directrices y órdenes que marque la Dirección Facultativa de la Obra.

Los planos de la estructura requieren necesariamente planos de replanteo estrictamente arquitectónicos y, son estos últimos los que facilitaran la geometría precisa de la obra. Queda a juicio de la Dirección Facultativa de la Obra, si las variaciones geométricas que se producen en la obra son admisibles o requieren una consideración de análisis estructural.

2. ESTADO ACTUAL

2.1. Descripción forjado existente.

El forjado existente consta de viguetas de sección rectangular media de (bxh) 120x270 mm. Las piezas de entrevigado son Entarimado



Canto sin capa de compresión	21,00 cm
Peso propio flexión	1,70 kN/m ²

Observaciones:
NRE-AEOR-93

2.2. Estado de conservación.

El forjado no presenta lesiones aparentes de consideración tales como: fendas profundas, acebolladuras pronunciadas, fibras reviradas abiertas, nudos grandes, etc. ni síntomas de ataques bióticos de relevancia como: hongos y insectos (carcoma, termitas, polillas, etc.)

2.3 Comportamiento estructural.

El forjado ha demostrado una capacidad resistente aceptable a lo largo de su vida. No se observa signos de haber sufrido tensiones excesivas en las viguetas.

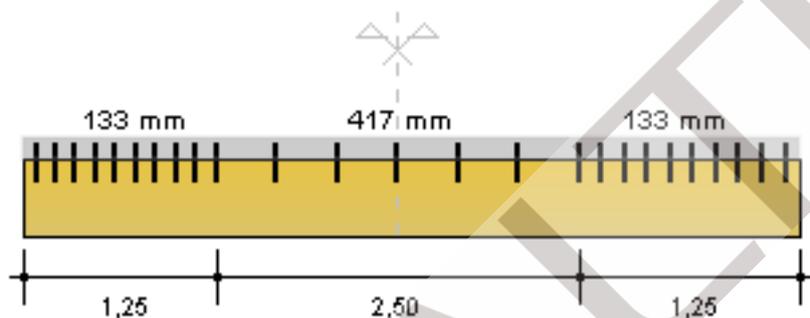
El forjado adolece de una rigidez escasa, lo que ha provocado deformaciones por flechas y facilita el cimbreo del forjado.

3. JUSTIFICACIÓN DEL REFUERZO

La solución adoptada se ajusta a criterios estructurales y socio-económicos. El tipo y diseño del refuerzo corresponde a una solución de incremento de la rigidez, resistencia y estabilidad del forjado en particular y de la estructura en general. Se ha estudiado el efecto sobre otros elementos estructurales vinculados (paredes y cimentación) resultando irrelevantes el incremento de peso propio del forjado.

El refuerzo del forjado da solución a las exigencias de las cargas actualizadas. El refuerzo se proyecta con el fin de dotar de mayor rigidez al forjado con un aumento del 98,44 %, reduciendo sensiblemente los cimbreos y controlando las deformaciones por flecha.

El refuerzo consta de una capa de compresión de 50 mm de grosor medio, conectada a las viguetas mediante un sistema de conectores tipo tirafondo del diámetro 12 mm. El primer conector se colocará a 50 mm del apoyo, siendo la distancia entre los conectores en las zonas de apoyo de 300 mm, y en la zona centro de 500 mm, tal como indica el esquema:



El sistema consta de 25 conectores por vigueta, lo que corresponde a una cuantía de 7,14 ud/m²

Se ejecutará una conexión de la capa de compresión de hormigón con las paredes de carga. Se realizará la colocación de barras de acero, embebidas en la capa de compresión y adherido con resina de epoxi, a las paredes de fábrica de ladrillo perimetrales.

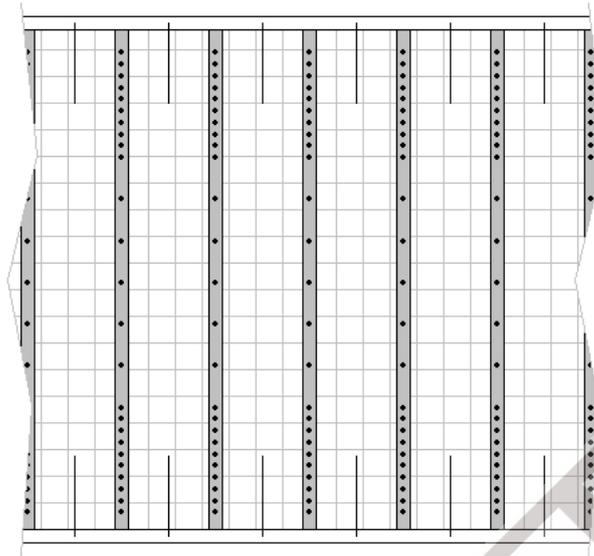
La conexión se realiza colocando 1Ø10 entre viguetas.

No se considera el posible empotramiento forjado-pared. A todos los efectos el refuerzo es analizado bajo la hipótesis de una situación totalmente isostática.

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Refuerzo de forjado de viguetas de madera, mediante la disposición en taladros de 7,14 ud/m² de forjado, formados por tornillos de acero galvanizado (calidad 6.8 según UNE-EN ISO 898-1), de 12 mm de diámetro y 100 mm de longitud), con cabeza hexagonal, rosca métrica total, tuercas y arandelas, fijados a las vigas con resina epoxi-acrilato, libre de estireno; colocación de malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 y vertido de capa de compresión de 50 mm de espesor de hormigón en masa HM-20/F/12/X0 (cantidad mínima de cemento 200 kg/m³), fabricado en obra (Se establece un control, de la recepción del hormigón, tipo indirecto), y vertido con cubilote. Incluso p/p de replanteo, realización de taladros en la madera, limpieza de la cara superior del forjado, encofrado y desencofrado.

Esquema básico de la intervención.



5. ACCIONES.

El valor de las acciones se ha obtenido a partir de las características y utilización de la estructura y el DB-SE-AE (Tabla 3.1). En los planos de las plantas del proyecto de cálculo se detallan el conjunto de acciones a que está sometida la estructura.

5.1. Acciones gravitatorias.

Cargas uniformes:

Tipo	Carga	Unidad
SCU	2.0	kN/m ²
Tabiquería	1.0	kN/m ²
Pavimento	1.0	kN/m ²
Peso propio	1.7	kN/m ²
Total	5.7	kN/m²

Cargas puntuales:

Tipo	Carga	Unidad
SCU	2,00	kN

5.2. Hipótesis de cargas.

Hipótesis: Hipótesis-1 Sobrecarga superficial

Categoría	Origen	Edad	Duración	Clasific.	Tipo carga	Carga	Apoyo izq.	Apoyo der.
A1	SCU	180	Corta	Q	Repartida	1,40	0,00	0,00
-	Tabiquería	30	Permanente	G	Repartida	0,70	0,00	0,00
-	Pavimento	60	Permanente	G	Repartida	0,70	0,00	0,00
-	Peso propio	7	Permanente	G	Repartida	1,19	0,00	0,00

Hipótesis: Hipótesis-2 Sobrecarga puntual centro viga

Categoría	Origen	Edad	Duración	Clasific.	Tipo carga	Carga	Apoyo izq.	Apoyo der.
A1	SCU	180	Corta	Q	Puntual	2,00	2,50	2,50
-	Tabiquería	30	Permanente	G	Repartida	0,70	0,00	0,00
-	Pavimento	60	Permanente	G	Repartida	0,70	0,00	0,00
-	Peso propio	7	Permanente	G	Repartida	1,19	0,00	0,00

Hipótesis: Hipótesis-3 Sobrecarga puntual en apoyo

Categoría	Origen	Edad	Duración	Clasific.	Tipo carga	Carga	Apoyo izq.	Apoyo der.
A1	SCU	180	Corta	Q	Puntual	2,00	0,01	0,00
-	Tabiquería	30	Permanente	G	Repartida	0,70	0,00	0,00
-	Pavimento	60	Permanente	G	Repartida	0,70	0,00	0,00
-	Peso propio	7	Permanente	G	Repartida	1,19	0,00	0,00

5.3. Acciones térmicas y reológicas

No se consideran acciones térmicas ni reológicas.

6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

6.1 Capa de hormigón.

Parámetros

r_{nom}	r_{min}	Δr	W_{max}	Control	Vida útil
35	25	10	0,2	Normal	50

Recubrimientos en mm, Fisuración en mm, Tiempo en años

r_{nom} Recubrimiento nominal

r_{min} Recubrimiento mínimo

Δr Margen de recubrimiento

W_{max} Abertura de fisura máxima

Control Control de calidad de la ejecución

Vida útil Vida útil de la estructura

Hormigón

HM-20/b/12/I-Qa

Hormigón en masa. Control indirecto.

f_{ck}	f_{cd}	f_{cm}	$f_{ct,m}$	E_{cm}	γ
20	10	28	2.21	25.811	2.400

Resistencia N/mm², Rigidez N/mm², Densidad kg/m³

f_{ck} Resistencia característica de proyecto

f_{cd} Resistencia de cálculo

f_{cm} Resistencia media a compresión a los 28 días

$f_{ct,m}$ Resistencia media a tracción a los 28 días

Malla electrosoldada**B500S**

f_y	f_s	$\epsilon_{u,5}$	$\epsilon_{max.}$	f_s/f_y	$f_{yreal}/f_{ynom.}$
500	550	12	5,0	1,05	1,00

Resistencia en N/mm², Alargamiento % f_y Límite elástico f_s Carga unitaria de rotura $\epsilon_{u,5}$ Alargamiento de rotura $\epsilon_{max.}$ Alargamiento total bajo carga f_s/f_y Relación carga unitaria rotura /límite elástico $f_{yreal}/f_{ynom.}$ Relación límite elástico real/límite elástico nominal**6.2 Viguetas de madera existentes.**

La clase resistente asignada responde a una apreciación organoléptica del lado de la seguridad. A través de la observación detallada realizada in situ, analizando la morfología de la madera y estimando una especie común, se ha optado por asignar una clase resistente con carácter conservador.

Clase resistente: C-24

$f_{m,k}$	$f_{t0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,medio}$	$E_{0,k}$	$E_{90,medio}$	G_{medio}	ρ_k	ρ_{medio}
22.0	13.0	0.5	20.0	2.4	2.4	10.0	6.7	0.33	0.63	340	410.0

Resistencia N/mm², Rigidez kN/mm², Densidad kg/m³ $f_{m,k}$ Flexión normal $f_{t0,k}$ Tracción paralela $f_{t,90,k}$ Tracción perpendicular $f_{c,0,k}$ Compresión paralela $f_{c,90,k}$ Compresión perpendicular $f_{v,k}$ Cortante $E_{0,medio}$ Módulo elasticidad medio $E_{0,k}$ Módulo elasticidad característico ρ_k Densidad característica ρ_{medio} Densidad media**Clase de servicio: 1**

Humedad baja.(zonas de interior seco)

7. SEGURIDAD ESTRUCTURAL.**7.1. Coeficientes parciales de seguridad****7.1.1 Coeficientes parciales de seguridad sobre los materiales**Coeficiente de minoración del acero $\gamma_s=1,15$ Coeficiente de minoración del hormigón $\gamma_c=1,50$ Coeficiente de minoración de la madera $\gamma_s=1,30$ **7.1.2 Coeficientes parciales de seguridad sobre las acciones****Cargas permanentes (G)**De efectos desfavorable $\gamma_f=1,35$ De efectos favorables $\gamma_f=0,80$ **Cargas variables (Q)**

De efectos desfavorable	$\gamma_f=1,50$
De efectos favorables	$\gamma_f=0,00$

7.2 Combinación de acciones

7.2.1 Estados límite últimos

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

Situaciones persistentes o transitorias (uso normal):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

γ_G	Coeficiente parcial de seguridad cargas permanentes
γ_Q	Coeficiente parcial de seguridad cargas variables
ψ_0	Coeficiente de simultaneidad

En las situaciones permanentes o transitorias, se valorarán distintas posibilidades considerando diferentes acciones variables como determinantes.

7.2.2 Estados límite de servicio

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

Acciones de corta duración que puedan resultar irreversibles, se determinaran mediante combinación característica (flecha activa):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Acciones de corta duración que puedan resultar reversibles, se determinaran mediante combinación frecuente (flecha de confort):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Acciones de larga duración, se determinaran mediante combinación casi permanente (flecha de apariencia de obra):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

8. MÉTODO DE CÁLCULO.

Se realiza el cálculo considerando una sección mixta (madera-hormigón) con conexión parcial. Es decir, se tienen en cuenta los deslizamientos relativos entre la vigueta de madera y la capa de compresión de hormigón. La rigidez de la sección se encuentra en un punto comprendido entre una conexión totalmente rígida (cero deslizamiento entre madera y hormigón) y una conexión nula (no hay ninguna vinculación entre los deslizamientos de la madera y del hormigón). Es el grado de rigidez de los conectores los que determinan en que punto se encuentra la rigidez global de la sección mixta.

Las hipótesis básicas consideradas son:

a) Se cumple la ley de Bernoulli-Navier referente a las secciones permanecen planas durante la deformación, para las dos secciones parciales de hormigón y madera pero no se cumple la ley para la sección mixta.

- b) En el régimen de estudio, el hormigón, la madera, así como los conectores tienen un comportamiento lineal
- c) Se supone una igualdad de flecha y curvatura entre las dos partes de la sección mixta.
- d) La ley entre la fuerza rasante transmitida por conexión, y el deslizamiento, es lineal y proporcional a la rigidez del paquete de conectores.
- e) El sistema de conexión discreta se transforma, a efectos de cálculo, en un equivalente continuo.

9. NORMATIVA.

Relación de normativas de aplicación en el diseño, cálculo y ejecución de la intervención.

CTE-DB-SE	Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural
CTE-DB-SE-AE	Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural. Acciones en la edificación.
CTE-SE-M	Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad estructural. Madera.
CE	Código Estructural.

10. DURABILIDAD.

La durabilidad de una estructura de hormigón es su capacidad para soportar, durante la vida útil, las cargas para la cual ha sido proyectada y las condiciones físicas, químicas y bióticas a las que está expuesta.

La buena calidad de la ejecución de la obra y, especialmente, del proceso de curado acotado en los planos en un número mínimo de días (estos son orientativos y deben ser rectificados por la DF en función de las condiciones reales de la obra, tiene una influencia decisiva para conseguir una estructura duradera. Las especificaciones relativas a la durabilidad deberán cumplirse en su totalidad durante la fase de ejecución. No se permitirá compensar los efectos derivados por el incumplimiento de alguna de ellas.

Para satisfacer los requerimientos de durabilidad se ha tenido en cuenta los artículos específicos de la normativa CE y CTE-SE-M.

11. FUEGO.

No se ha realizado la comprobación de resistencia al fuego.

12. EJECUCIÓN.

12.1 Condiciones previas.

La madera de las viguetas a reforzar está en buen estado de conservación y exenta de ataques bióticos relevantes no tratados.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado, en el caso de situación expuesta a la interpedie, cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, y en todos los casos cuando la temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

12.2 Fases de ejecución.

El sistema de ejecución determina los esfuerzos y deformaciones finales de la estructura. Es preceptivo seguir el orden cronológico establecido en esta memoria, en el caso contrario, deberá verificarse de nuevo todas las hipótesis de cargas establecidas.

Descripción por orden cronológico de la ejecución del refuerzo:

1. Desconstrucción y retirada de escombros de los elementos no estructurales del forjado (pavimento,

capas de mortero, material de relleno de senos, etc).

2. Realización de conexiones laterales (taladro, limpieza de agujero, inyección de resina, colocación de barras)
3. Limpieza de la cara superior del forjado (viguetas y entrevigado). Primero cepillado enérgico, segundo retirada del polvo.
4. Colocación de lámina transpirable, lado hormigón, e impermeable, lado madera. (*)
5. Colocación de conectores en viguetas. Pretaladro y posterior colocación de conector lubricado.
6. Colocación de malla electrosoldada, con separadores homologados, debidamente solapada.
7. Vertido, compactado y nivelado del hormigón.
8. Curado del hormigón por aportación de agua o protección con lámina impermeable.

(*) La colocación de la lámina indicada en el punto 4 es opcional. El cálculo considera exclusivamente la conexión de la sección mixta a través de los conectores. La lámina tiene la ventaja de impedir que la penetración de humedad en la madera y evitar filtraciones de lechada a través del forjado, en cambio tiene la desventaja que impide toda conexión entre el hormigón y el forjado a través de la superficie de contacto.

Gráfico de las fases de ejecución.

El gráfico muestra el orden cronológico de las fases de ejecución y las dependencias entre ellas. Las dependencias, entre las distintas fases, y la estimación de duración de las fases, se muestran en términos relativos.



12.3 Obra acabada.

El forjado será monolítico y transmitirá correctamente las cargas. La superficie quedará uniforme y sin irregularidades.

13. CONTROL DE CALIDAD.

13.1 Control recepción de productos.

Durante la construcción de las obras el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

- a) control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con punto 13.1.
- b) control de ejecución de la obra de acuerdo con el punto 13.2.
- c) control de la obra terminada de acuerdo con el punto 13.3.

13.1 Control recepción de productos.

En el control de recepción se comprobará que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá el control de la documentación de los suministros y los distintivos de calidad.

13.2 Control de ejecución.

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución del refuerzo verificando el replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

13.3 Control de obra acabada.

En la obra terminada, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa.

Anexo (A)

JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO.



Datos geométricos:

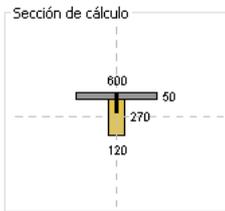
Datos geométricos

Luz de cálculo	5,00
Luz vano izquierdo	0,70
Luz vano derecho	0,70

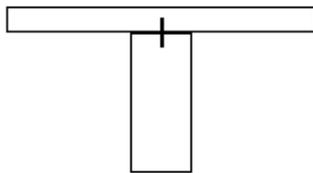
Condiciones de contorno

Grado de empotramiento apoyo izquierdo	0,00
Grado de empotramiento apoyo derecho	0,00
Inclinación y giro de viguetas	0

Distancias m, Empotramiento 0-1, Inclinación y giro °



Sección de cálculo



Aumento de la rigidez 98 %

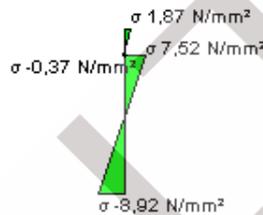
Situación de ejecución

Sin apuntalamiento.



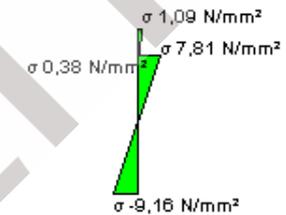
Inercia 19683,00 cm⁴

Situación inicial (t=0)



Inercia 14081,00 cm⁴

Situación diferida (t=∞)



Inercia 39059,73 cm⁴

Seguridad estructural y aptitud al servicio

Flexión	Cortante	Compresión 90°	Flecha
9,8 %	60,9 %	73,3 %	6,9 %

Comprobación en ELU de flexión simple

Combinatoria pésima: Hipótesis-1 Sobrecarga superficial - Situación normal - G

M _d	k _{mod}	k _h	γ _M	f _{m,k}	X _d	σ _{m,d}	η
10,93	0,60	1,00	1,30	22,00	10,15	9,16	0,90

Momentos m kN, Resistencia N/mm²

Seguridad	γ	γ _Q	γ _G	γ _M
Semi probabilística	12,22	1,00	1,00	1,30
Determinista	15,88	1,00	1,00	1,00
Sobrecargas	-308,08	1,00	1,35	1,30

Comprobación en ELU de cortante

Combinatoria pésima: Hipótesis-1 Sobrecarga superficial - Situación normal - G+SCU

V _d	k _{mod}	γ _M	f _{v,k}	X _d	τ _{v,d}	η
13,99	0,80	1,30	2,40	1,48	0,58	0,39

Esfuerzos kN, Resistencia N/mm²

Seguridad	γ	γ _Q	γ _G	γ _M

Semi probabilística	3,20	1,00	1,00	1,30
Determinista	4,16	1,00	1,00	1,00
Sobrecargas	8,50	1,00	1,35	1,30

Comprobación en ELU de compresión paralela.

Combinatoria pésima: Hipótesis-1 Sobrecarga superficial - Situación normal - G+SCU

Vd1	kmod	γ_M	f _{c,90,k}	X _d	k _{c,90}	$\sigma_{c,90,d}$	η
12,48	0,80	1,30	2,40	1,48	2,11	0,83	0,27

Esfuerzos kN, Resistencia N/mm²

Seguridad	γ	γ_Q	γ_G	γ_M
Semi probabilística	27,89	1,00	1,00	1,30
Determinista	36,25	1,00	1,00	1,00
Sobrecargas	130,47	1,00	1,35	1,30

Comprobación en ELS de deformación por flecha.

Combinatoria pésima: Hipótesis-1 Sobrecarga superficial - Acciones características - G+SCU

M _d	δ_{ini}	k _{def}	δ_{dif}	δ_{fin}	L/ δ_{fin}	η
12,10	0,00	0,60	7,91	7,91	537	0,93

Momentos mKN, Deformación mm

Aptitud al servicio	λ	γ_Q	γ_G	γ_M
A cargas totales	1,07	1,00	1,00	1,00
A sobrecargas	2,15	1,00	1,00	1,00

