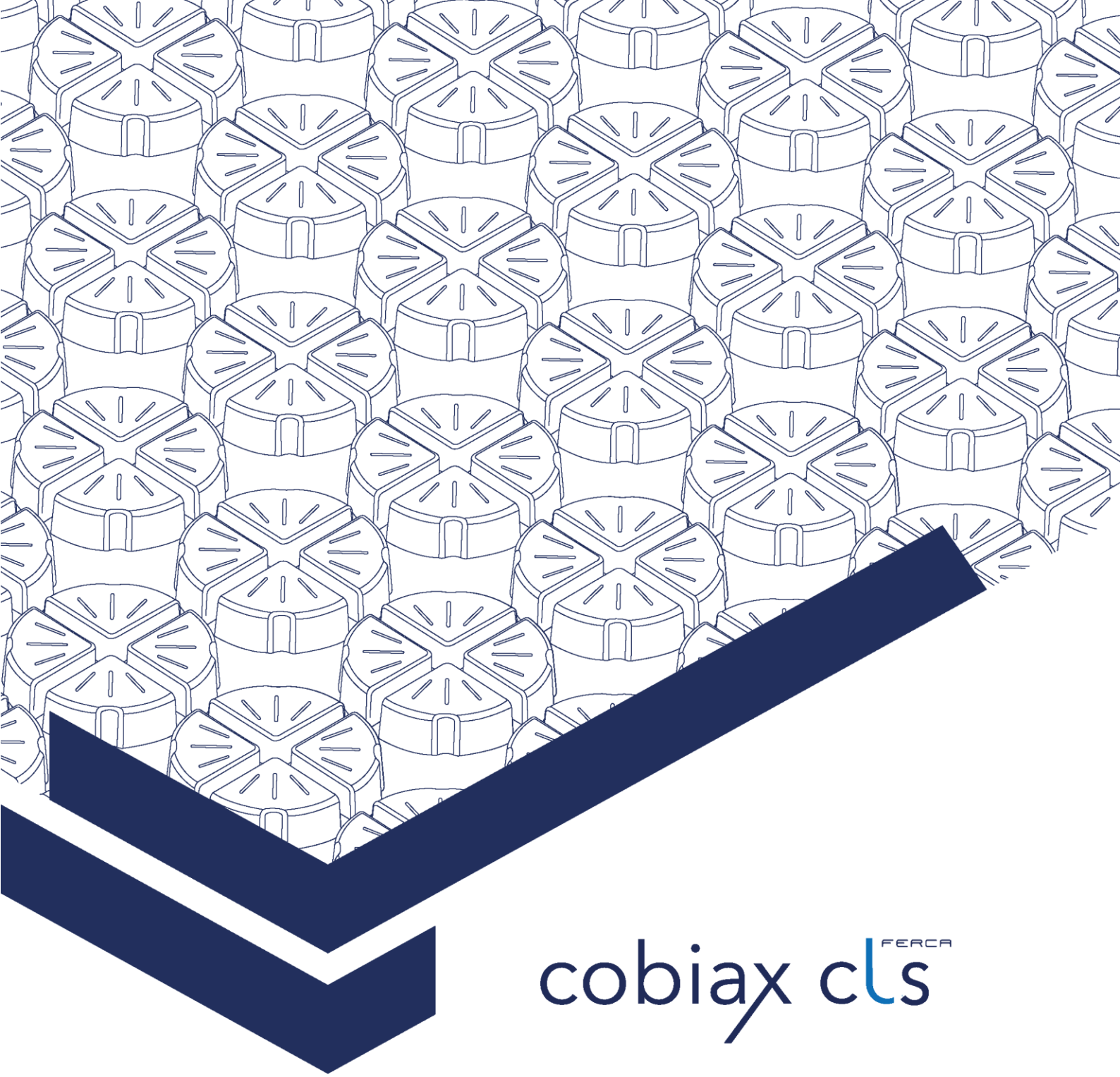


cobiax cls

FERCA

MANUAL TÉCNICO

FERCA

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

Manual Técnico – Sistema COBIAX CLS

Índice

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA COBIAX CLS 4

POR QUÉ UTILIZAR EL SISTEMA COBIAX CLS 5

FORJADO COBIAX CLS FRENTE AL FORJADO MACIZO 5

FORJADO COBIAX CLS FRENTE AL FORJADO ALIGERADO 5

IMPACTO AMBIENTAL 5

ESPECIFICIDADES DEL SISTEMA COBIAX CLS 6

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA COBIAX CLS 7

PARÁMETROS PRINCIPALES DE LOS FORJADOS COBIAX CLS 8

CONFIGURACIÓN DE LA SECCIÓN DEL FORJADO 10

CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA COBIAX CLS 11

RESISTENCIA A FLEXIÓN 11

RIGIDEZ 11

CORTANTE 13

PUNZONAMIENTO 14

CARGAS PUNTUALES 15

JUNTA FRÍA 15

ESFUERZOS HORIZONTALES 16

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO 17

AISLAMIENTO ACÚSTICO 18

AISLAMIENTO TÉRMICO 18

PRETENSADO 18

SOSTENIBILIDAD 19

CASO DE ESTUDIO 19

PROCESO DE CÁLCULO DE UN FORJADO COBIAX CLS 21

PASO 1 - HIPÓTESIS, DATOS INICIALES Y PARÁMETROS COBIAX CLS 21

PASO 2 - PATRÓN DE CARGA PERMANENTE ADICIONAL 22

PASO 3 - MODIFICACIÓN DE LA INERCIA DEL FORJADO 22

PASO 4 - CRITERIO DE RESISTENCIA AL CORTANTE E IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA MACIZA 23

PASO 5 - REFINAMIENTO DEL CASO DE REDUCCIÓN DE CARGA 24

PASO 6 - COMPROBACIÓN Y DETALLADO DE LA SECCIÓN DEL FORJADO 25

DETALLADO 26

PLANOS DE IMPLANTACIÓN/GEOMETRÍA 26

INSTALACIÓN DE SERVICIOS TÉCNICOS 27

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

MONTAJE DE UN FORJADO COBIAX CLS **28**

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA COBIAX CLS

El sistema COBIAX CLS se basa en principios de racionalización económica y ambiental que permiten la ejecución de forjados aligerados bidireccionales de comportamiento similar al de un forjado macizo tradicional. El módulo COBIAX CLS es un elemento formador de hueco con geometría aproximadamente cuadrada en planta, dividido internamente en formas curvas del tipo cuartos de círculo. La introducción de este hueco en la zona donde el hormigón no es esencial en términos del comportamiento global del forjado permite una optimización del canto del forjado, la mejora de su comportamiento y una eficiencia añadida en la utilización de los recursos.

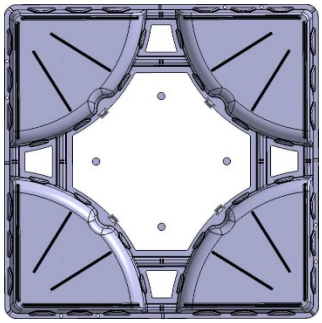


Figura 1 – Módulo COBIAX CLS

En un contexto en el que la sostenibilidad de los recursos naturales adquiere una importancia creciente, la utilización de materiales reciclados para la constitución de los huecos y la reducción de las necesidades de hormigón permiten que el sistema COBIAX CLS promueva por sí solo una estructura con menor impacto ambiental y una reducción significativa de la emisión de CO_2 inherente al proceso constructivo.
La tecnología COBIAX CLS es de origen suizo y se trata de la evolución del COBIAX CBX, ya ampliamente difundido. Este sistema se basa en un riguroso programa de pruebas y ensayos, obtuvo la "National Technical Approval" por parte del Instituto Alemán para la Construcción (DIBt) y se encuentra patentado internacionalmente.
El COBIAX CLS se desarrolló con el propósito de mejorar/complementar el sistema previo, presentando mejoras en la velocidad de montaje, en la aplicación directa sobre el forjado y con una gran variabilidad de soluciones para forjados de grandes alturas.

La tecnología de forjado COBIAX CLS posee el número de registro de "National Technical Approval" Z-15.1-352, emitido por el Instituto Alemán de Tecnología de la Construcción (DIBt)

La tecnología de forjado COBIAX CLS dispone de una declaración ambiental de producto

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

POR QUÉ UTILIZAR EL SISTEMA COBIAX CLS

El sistema COBIAX CLS se presenta como una solución que reúne las ventajas de un forjado aligerado y de un forjado macizo, al permitir la reducción de consumos y los ahorros derivados del aligeramiento, manteniendo aun así prácticamente inalteradas las características y el comportamiento del forjado frente a un forjado macizo.

FORJADO COBIAX CLS FRENTE AL FORJADO MACIZO

En comparación con un forjado macizo, y como resultado de la aplicación del sistema, un forjado COBIAX CLS presenta una reducción de peso propio en la zona aligerada de hasta el 35% y una reducción de la inercia del forjado de apenas el 5 al 19%, lo que se traduce naturalmente en una mejora de su comportamiento en términos de deformabilidad, en la reducción de los niveles de armadura necesaria y en la reducción significativa de los efectos de retracción, además de la consiguiente reducción de masa con impacto en el comportamiento sísmico, los elementos verticales y las cimentaciones.
Al mismo tiempo, el forjado COBIAX CLS permite mantener las ventajas de un proceso más rápido, análogo a la ejecución de un forjado macizo, conservando igualmente las características relativas a la resistencia al fuego y al comportamiento térmico y acústico.

FORJADO COBIAX CLS FRENTE AL FORJADO ALIGERADO

Los forjados aligerados convencionales recurren genéricamente a un sistema de nervios bidireccionales que confieren una reducción significativa del peso propio del forjado frente al forjado macizo necesario para la misma envolvente; no obstante, la reducción de inercia de estos forjados, fruto del funcionamiento mediante una sección en “T”, es del orden de 2/3, lo que origina forjados de mayor canto y procesos constructivos más complejos, lentos y costosos.
En comparación directa, el forjado COBIAX CLS permite la reducción de cantos, la mejora del comportamiento, el aspecto final de un forjado macizo y la ejecución mediante procesos más sencillos y rápidos.

IMPACTO AMBIENTAL

Al estar las formas de los huecos constituidas en un 100% por material reciclado y promover al mismo tiempo la reducción del consumo de hormigón, el sistema COBIAX CLS contribuye así activamente a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y a una reducción de las emisiones de CO_2 inherentes al proceso constructivo.
En resumen, el sistema COBIAX CLS se presenta como una alternativa a los sistemas convencionales, con ventajas que deben ponderarse debidamente según las condiciones específicas de cada forjado, destacando el impacto en la solución global del edificio desde el punto de vista técnico y económico.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

ESPECIFICIDADES DEL SISTEMA COBIAX CLS

Los forjados COBIAX CLS presentan, en esencia, tres características que los distinguen de los forjados macizos y que deben tenerse en cuenta en el proceso de cálculo y detallado.

- **Peso propio** reducido debido a la presencia de los huecos, lo que da lugar a esfuerzos menores en el forjado y en los elementos verticales. En la zona aligerada, la reducción puede alcanzar el 35%.

- **Inercia** del forjado reducida en torno al 5 a 19%, debido a la presencia de los huecos, hecho que se compensa ampliamente por la reducción de peso en términos del comportamiento del forjado.

- **Resistencia a cortante** reducida en la zona aligerada debido a la presencia de los huecos. Esta reducción se traduce en valores del 45 al 35% del esfuerzo cortante del forjado macizo correspondiente, dependiendo del canto del COBIAX CLS.

Teniendo en cuenta estos tres aspectos en la concepción estructural de la solución, el forjado COBIAX CLS deberá respetar los demás criterios y el detallado de un forjado macizo, con la inclusión de zonas no aligeradas donde el esfuerzo cortante no exceda los niveles admitidos anteriormente.

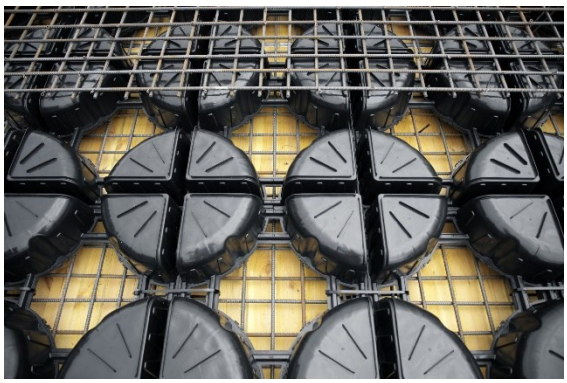


Figura 2 – Forjado COBIAX CLS

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA COBIAX CLS

La gama de soluciones COBIAX CLS está compuesta genéricamente por una línea denominada CLS-P, en la que los huecos están formados por formas elipsoidales con diferentes alturas y destinadas a diferentes cantos de forjados.

Los módulos de compartimentación CLS de COBIAX CLS, denominados CLS-P-XXX, en los que XXX identifica la altura del hueco en mm.



Figura 3 – Módulos COBIAX CLS

Compuesto por huecos de altura variable entre 80 mm y 560 mm para forjados con cantos de 200 mm a 800 mm

H = 0.20m a 0.80m

Los módulos COBIAX CLS presentan una geometría modular de configuración aproximadamente cuadrangular en planta, con dimensiones de cerca de 0,60 m × 0,60 m, concebida para permitir su repetición en malla regular en el interior del forjado. Cada módulo está formado por volúmenes huecos de contorno curvo, organizados según geometrías semejantes a cuartos de círculo, creando una composición interna redondeada y continua. Los módulos sirven al mismo tiempo de soporte para las armaduras superiores del forjado.



Figura 4 – Módulo COBIAX CLS

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PARÁMETROS PRINCIPALES DE LOS FORJADOS COBIAX CLS

La tabla siguiente incorpora todos los datos necesarios para la correcta incorporación de los forjados COBIAX CLS a efectos de cálculo, detallado y cuantificación.

Espesor del forjado (h)	[mm]	200	220	240	250	260	280	300	320	340	350	360	380	400
Módulo COBIAX CLS		CLS-P-110	CLS-P-130	CLS-P-150	CLS-P-150	CLS-P-170	CLS-P-170	CLS-P-190	CLS-P-210	CLS-P-230	CLS-P-230	CLS-P-250	CLS-P-270	CLS-P-290
Reducción de Carga	[kN/m^2]	-1.14	-1.42	-1.71	-1.71	-1.99	-1.99	-2.27	-2.48	-2.70	-2.70	-2.92	-3.20	-3.41
Factor de Corrección de Inercia	[-]	0.95	0.94	0.92	0.93	0.91	0.93	0.91	0.89	0.88	0.89	0.88	0.85	0.85
Factor de Reducción a Cortante	[-]	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41
Altura del Soporte (A)	[mm]	110	130	150	150	170	170	190	210	230	230	250	270	290
Altura del Hueco (B)	[mm]	80	100	120	120	140	140	160	180	200	200	220	240	260
Nº de Huecos	[un/m^2]	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78
Volumen del Hueco	[m^3/m^2]	0.046	0.057	0.068	0.068	0.079	0.079	0.091	0.099	0.108	0.108	0.117	0.128	0.136
Reducción de CO_2	[ton/m^2]	0.010	0.012	0.014	0.014	0.017	0.017	0.019	0.021	0.023	0.023	0.025	0.027	0.029
Dist. entre Módulos (C)	[mm]	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600

Tabla 1 – Parámetros principales para el cálculo y la cuantificación del sistema COBIAX CLS – Forjado de 0,20 m a 0,40 m.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

Espesor del forjado (h)	[mm]	440	450	460	480	500	520	550	560	600	620	650	700	760
Módulo COBIAX CLS		CLS-P-310	CLS-P-310	CLS-P-330	CLS-P-350	CLS-P-370	CLS-P-390	CLS-P-410	CLS-P-410	CLS-P-410	CLS-P-470	CLS-P-470	CLS-P-530	CLS-P-590
Reducción de Carga	[kN/m²]	-3.59	-3.59	-3.87	-4.13	-4.13	-4.38	-4.80	-4.80	-4.80	-5.47	-5.47	-5.98	-6.49
Factor de Corrección de Inercia	[-]	0.85	0.87	0.85	0.84	0.84	0.82	0.83	0.84	0.87	0.81	0.84	0.81	0.81
Factor de Reducción a Cortante	[-]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.36	0.35
Altura del Soporte (A)	[mm]	310	310	330	350	350	390	410	410	410	470	470	530	590
Altura del Hueco (B)	[mm]	280	280	300	320	320	360	380	380	380	440	440	500	560
Nº de Huecos	[un/m²]	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78
Volumen del Hueco	[m³/m²]	0.144	0.144	0.155	0.165	0.165	0.175	0.192	0.192	0.144	0.219	0.144	0.239	0.259
Reducción de CO_2	[ton/m²]	0.030	0.030	0.032	0.035	0.035	0.037	0.040	0.040	0.030	0.046	0.030	0.500	0.054
Dist. entre Módulos (C)	[mm]	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600

Tabla 2 – Parámetros principales para el cálculo y la cuantificación del sistema COBIAX CLS – Forjado de 0,44 m a 0,76 m.

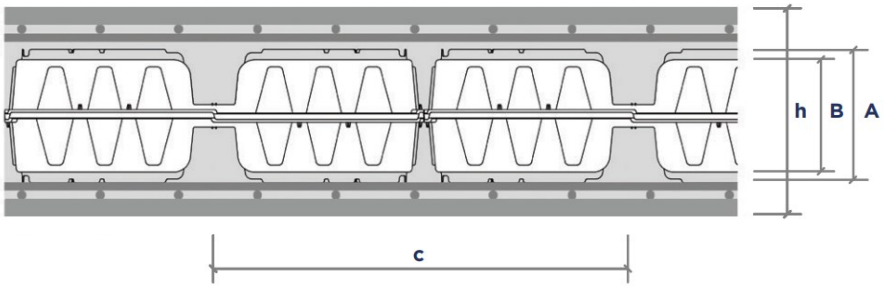


Figura 5 – Sección tipo de un forjado COBIAX CLS.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

CONFIGURACIÓN DE LA SECCIÓN DEL FORJADO

El COBIAX CLS incorpora en su constitución todas las separaciones que garantizan la distancia del volumen de hueco a las armaduras, de modo que se cumplan los recubrimientos en la cara interna del molde. De esta forma, el COBIAX CLS se coloca directamente sobre la armadura inferior y el propio molde sirve de apoyo para las armaduras superiores, sin ninguna restricción en el orden entre la armadura transversal y la longitudinal.

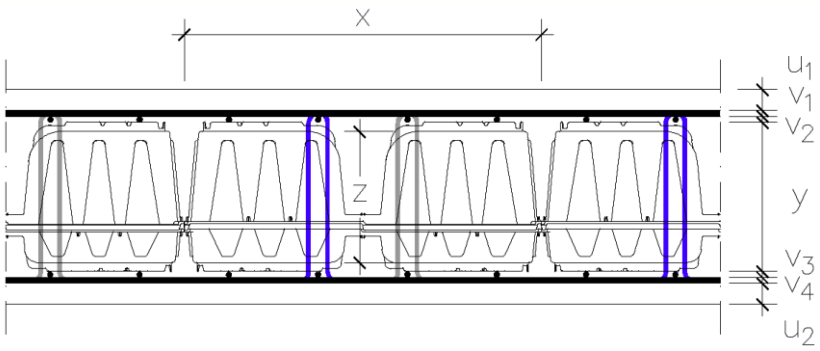


Figura 6 – Sección tipo de un forjado COBIAX CLS.

- z - Altura del volumen de hueco del COBIAX CLS;
- y - Altura total del molde
- x - separación entre huecos
- v_1, v_2, v_3 y v_4 - diámetro de las armaduras;
- u_1 y u_2 - Recubrimiento superior e inferior

Una verificación importante por realizar durante el proceso de detallado del forjado COBIAX CLS se refiere a su composición y canto final, considerando los recubrimientos definidos, el diámetro de las barras seleccionadas y la dimensión del hueco COBIAX CLS en función del canto definido en el cálculo (h).

$$t = u_1 + u_2 + v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + y + \text{tolerancia de construcción de 5-10 mm} < h$$

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA COBIAX CLS

En el presente capítulo se describen las características técnicas asociadas al sistema COBIAX CLS y sus condicionantes en proyecto.

RESISTENCIA A FLEXIÓN

El comportamiento a flexión de los forjados COBIAX CLS se basa en el mismo comportamiento del COBIAX CBX, **dado que el comportamiento de los sistemas de aligeramiento es igual.** El COBIAX CBX fue objeto de investigación y ensayos de laboratorio para los distintos cantos y configuraciones de forjados posibles, habiéndose comprobado que su desempeño es, en situaciones corrientes, idéntico al de un forjado macizo.
En la práctica, el nivel de esfuerzos de un forjado está limitado por criterios de deformabilidad y por el nivel de tensiones en los distintos códigos y reglamentos, que originan posiciones de la línea neutra por encima del hueco COBIAX CLS, en algún punto de la lámina de compresión creada entre este y el límite del forjado.
De esta forma, un forjado COBIAX CLS puede concebirse y dimensionarse igual que un forjado macizo de igual canto, tras la obtención de los respectivos esfuerzos según el proceso ya identificado anteriormente, por lo que el momento resistente de un forjado COBIAX CLS es idéntico al de un forjado macizo de igual canto.

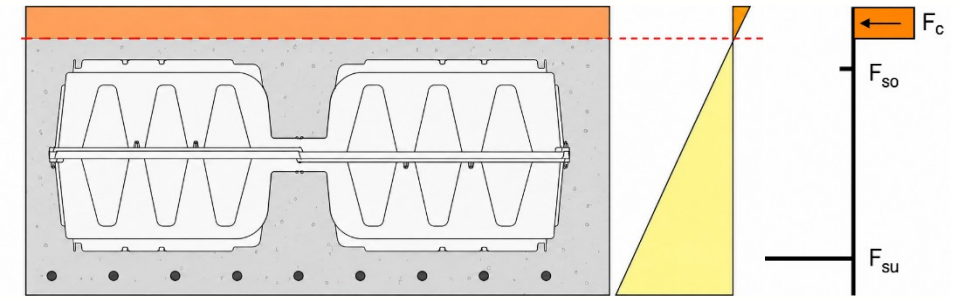


Figura 7 – Posición de la línea neutra por encima del hueco en la lámina de compresión.

En casos específicos con cargas elevadas debe determinarse la posición de la línea neutra; no obstante, la práctica demuestra que los criterios de deformabilidad y las limitaciones a la cantidad de armadura impiden que se produzca un posicionamiento de la línea neutra fuera de la lámina de compresión.

RIGIDEZ

Una de las características de este sistema es la reducción de la inercia de la sección en comparación con un forjado macizo de igual canto, que resulta de la disminución de la sección provocada por la introducción del hueco.
La introducción del sistema COBIAX CLS en los forjados reduce, como se ha indicado anteriormente, la inercia del forjado en niveles que varían entre el 5 y el 19% en comparación con los forjados macizos de igual canto, lo que se expresa mediante el correspondiente factor de corrección indicado en la Tabla 3 para determinadas configuraciones.
Los factores de corrección de la rigidez representan los ratios del cálculo tridimensional del momento de inercia (I_{CB}) para los forjados COBIAX CLS (teniendo en cuenta los huecos y asumiendo su posicionamiento) y el momento de inercia de un forjado macizo (I), basando el cálculo de los valores en secciones no fisuradas. La tabla siguiente proporciona los factores de corrección de inercia de (I_{CB} / I) para diferentes configuraciones de huecos COBIAX CLS y cantos de forjados, además de los indicados anteriormente en la Tabla 3.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

COBIAX CLS		P-110	
Espesor de forjado [cm]	20	21	22
I_{CB} / I	0.95	0.96	0.97
COBIAX CLS		P-130	
Espesor de forjado [cm]	22	23	24
I_{CB} / I	0.94	0.95	0.95
COBIAX CLS		P-150	
Espesor de forjado [cm]	24	25	26
I_{CB} / I	0.92	0.93	0.93
COBIAX CLS		P-170	
Espesor de forjado [cm]	26	27	28
I_{CB} / I	0.91	0.91	0.93
COBIAX CLS		P-190	
Espesor de forjado [cm]	28	29	30
I_{CB} / I	0.89	0.90	0.91
COBIAX CLS		P-210	
Espesor de forjado [cm]	32	33	34
I_{CB} / I	0.89	0.90	0.91
COBIAX CLS		P-230	
Espesor de forjado [cm]	34	35	36
I_{CB} / I	0.88	0.89	0.91
COBIAX CLS		P-250	
Espesor de forjado [cm]	36	37	38
I_{CB} / I	0.88	0.88	0.88
COBIAX CLS		P-270	
Espesor de forjado [cm]	38	39	40
I_{CB} / I	0.85	0.88	0.88
COBIAX CLS		P-290	
Espesor de forjado [cm]	40	41	42
I_{CB} / I	0.85	0.85	0.88
COBIAX CLS		P-310	
Espesor de forjado [cm]	44	45	46
I_{CB} / I	0.85	0.87	0.88
COBIAX CLS		P-330	
Espesor de forjado [cm]	46	47	48
I_{CB} / I	0.85	0.85	0.87
COBIAX CLS		P-350	
Espesor de forjado [cm]	48	49	50
I_{CB} / I	0.84	0.85	0.96
COBIAX CLS		P-370	
Espesor de forjado [cm]	50	51	52
I_{CB} / I	0.84	0.84	0.85
COBIAX CLS		P-390	
Espesor de forjado [cm]	52	53	54
I_{CB} / I	0.82	0.84	0.84
COBIAX CLS		P-410	
Espesor de forjado [cm]	56	57	58
I_{CB} / I	0.84	0.84	0.85
COBIAX CLS		P-470	
Espesor de forjado [cm]	62	63	64
I_{CB} / I	0.81	0.82	0.84
COBIAX CLS		P-530	
Espesor de forjado [cm]	70	71	72
I_{CB} / I	0.81	0.81	0.84
COBIAX CLS		P-590	
Espesor de forjado [cm]	76	77	78
I_{CB} / I	0.81	0.81	0.81

Tabla 3 – Factores de corrección de rigidez del sistema COBIAX CLS.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

CORTANTE

La metodología de verificación al esfuerzo cortante del forjado COBIAX CLS se basa en los mismos principios desarrollados y validados para el sistema COBIAX CBX, aprobados por el Instituto Alemán de Tecnología de la Construcción (DIBt) bajo el registro de Aprobación Técnica Nacional Z-15.1-307. Para el sistema COBIAX CLS, este enfoque fue reevaluado, ensayado y validado de forma análoga, dando origen a la aprobación DIBt Z-15.1-352, que constituye la base normativa específica del presente capítulo.
El concepto de base parte de la constatación de que, en un forjado aligerado, el cálculo directo del esfuerzo cortante basado en el menor ancho disponible de la sección —criterio clásico de los forjados aligerados tradicionales— resultaría excesivamente conservador. Ese ancho mínimo se produce solo en un punto singular (extremo de la zona X para el COBIAX CLS), aumentando rápidamente en todas las direcciones a partir de ese punto. Los ensayos de laboratorio realizados en el marco de la aprobación Z-15.1-307 demostraron, para el sistema COBIAX CBX, una resistencia a cortante significativamente superior a la que resultaría de ese criterio.
Se concluye que la comprobación al esfuerzo cortante debe seguir la Cláusula 6.2.2 de la EN 1992-1-1 y su correspondiente Anexo Nacional, sustituyendo la ecuación (6.2.a) por la siguiente expresión para la resistencia a cortante del forjado COBIAX CLS sin armadura específica de esfuerzo cortante:

$$V_{Rd,c,cobiax} = \boldsymbol{f} \cdot \left[\frac{0{,}15}{\gamma_c}\,\kappa\left(100\,\rho_l\,f_{ck}\right)^{1/3}\right] b\,d$$

Donde:

- f — factor de reducción que tiene en cuenta la menor resistencia a cortante debida a los huecos:
  - f = 0,45 para canto h = 200 mm
  - f = 0,40 para cantos h ≥ 480 mm
  - Se permite la interpolación lineal para valores intermedios.
  - En apoyos de extremo (apoyos de forjados simplemente apoyados o apoyos extremos de forjados continuos) y para forjados de gran canto, el factor f debe reducirse linealmente de f = 0,40 (h = 480 mm) hasta f = 0,35 (h = 760 mm).

Debido a la variabilidad de este factor por su posición en planta, se recomienda por simplicidad utilizar los valores más conservadores de estas dos condiciones. Los valores de f en la Tabla 1 y la Tabla 2 se basan en el tipo de molde utilizado, según el criterio de vano de extremo.
Además de la reducción de la resistencia al esfuerzo cortante, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las ecuaciones (6.2.b) y (6.4) de la EN 1992-1-1 y su correspondiente Anexo Nacional no pueden utilizarse en esta comprobación.
- El forjado COBIAX CLS tiene requisitos de armadura mínima de esfuerzo cortante obligatoria. En todas las zonas de hueco debe instalarse una armadura mínima de cortante que cumple simultáneamente las funciones de armadura de conexión y de armadura de integridad del conjunto:
  - Como mínimo, 4 conjuntos de armadura transversal de Ø ≥ 8 mm (4 Ø 8) en cada zona intermedia (zona X) entre módulos — ver Figura 8
  - Los conjuntos deben dimensionarse, en su forma, como armaduras de cortante según las Cláusulas 9.2.2 y 9.3.2 de la EN 1992-1-1.
  - Deben atravesar toda la altura del forjado aligerado (respetando el recubrimiento) y estar debidamente anclados en las zonas comprimida y traccionada.
  - La disposición en planta de los conjuntos en la zona X debe seguir la Figura 8 y la Figura 9.

Esta armadura mínima es obligatoria en cualquier circunstancia, incluso cuando no sea matemáticamente necesaria armadura de conexión (es decir, aunque el hormigonado se realice sin interrupción y no se exija comprobación de adherencia).
La armadura mínima de cortante (o de conexión) no puede contabilizarse matemáticamente en la resistencia a cortante $V_{Rd,c,COBIAX}$ del forjado COBIAX CLS.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

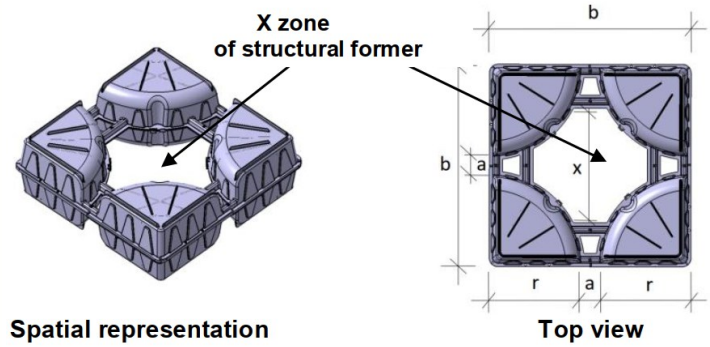


Figura 8 – Definición de la zona X

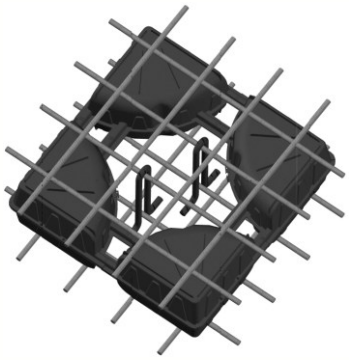


Figura 9 – Posición de los omegas en el interior de la Zona X

PUNZONAMIENTO

Debido a las limitaciones en términos de esfuerzos cortantes, las áreas con elevada concentración de fuerzas de cortante, como por ejemplo alrededor de los pilares en forjados fungiformes, deben ejecutarse sin incorporación de huecos COBIAX CLS, debiendo el perímetro crítico de punzonamiento situarse en la zona maciza del forjado.
Las consideraciones sobre cortante y punzonamiento en estas zonas son idénticas a las tenidas en cuenta para los forjados macizos corrientes, recomendándose comprobar categóricamente que el perímetro de determinación para el punzonamiento se sitúa dentro de la zona maciza, tal como se presenta en el dibujo siguiente.
Cabe señalar además que la reducción de peso propio inherente a la aplicación del sistema COBIAX CLS reduce efectivamente los condicionantes relacionados con los esfuerzos de punzonamiento, permitiendo la reducción de las armaduras específicas para este fin.

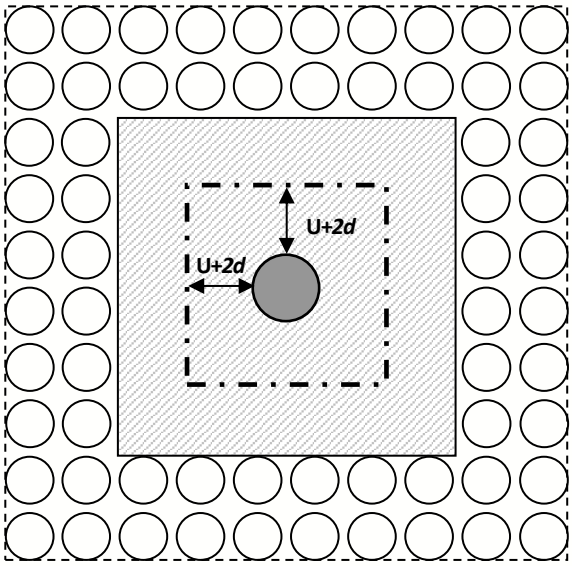


Figura 10 – Zona maciza debido al punzonamiento

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

CARGAS PUNTUALES

En la zona de los elementos aligerantes, el valor característico de las cargas puntuales no puede superar los 10 kN sobre un área mínima de aplicación de 100 mm × 100 mm. Las zonas traccionadas del forjado aligerado afectadas por estas deben armarse.
Para pilares, cargas puntuales y reacciones de apoyo concentradas que superen los 10 kN, se aplica la EN 1992-1-1 junto con la EN 1992-1-1/NA, sección 6.4.
Las zonas de punzonamiento deben ejecutarse como zonas macizas de sección plena, sin elementos aligerantes. La dimensión de las zonas macizas de punzonamiento se define como sigue:

a) Definición de las zonas macizas mediante la comprobación al esfuerzo cortante, teniendo en cuenta la resistencia al esfuerzo cortante reducida del forjado aligerado $V_{Rd,c,cobiax}$ de acuerdo con la sección Capítulo del Cortante.
b) En forjados sin necesidad de armadura de punzonamiento, el área de aplicación de la carga A_{load} y la zona que se extiende, como mínimo, 2,0 *d* más allá del perímetro de control crítico, o la zona necesaria hasta alcanzar la resistencia al esfuerzo cortante del forjado aligerado (siendo determinante el mayor valor), deben dimensionarse con sección plena. En forjados con capitel, el perímetro de control crítico se sitúa fuera del capitel.
c) En forjados con necesidad de armadura de punzonamiento, además de b), debe comprobarse que la zona maciza se extiende 2,0 *d* más allá de la fila de armadura más exterior. En caso contrario, las zonas macizas deben ampliarse en consecuencia.

Se aplica el mayor valor entre los puntos a), b) y c) mencionados anteriormente.

JUNTA FRÍA

Con el hormigonado en dos fases de un forjado COBIAX CLS se crea una junta horizontal, y si el intervalo de tiempo entre las dos fases de hormigonado es suficiente para que la primera capa haya curado por completo, el hormigonado de la segunda capa debe considerarse como una junta fría de hormigonado; no obstante, las armaduras Omegas/S (mínimo de 4 ramas de Ø8) obligatorias en el forjado COBIAX CLS funcionan como anclaje y aportan armadura de cortante suficiente para la comprobación de la junta.

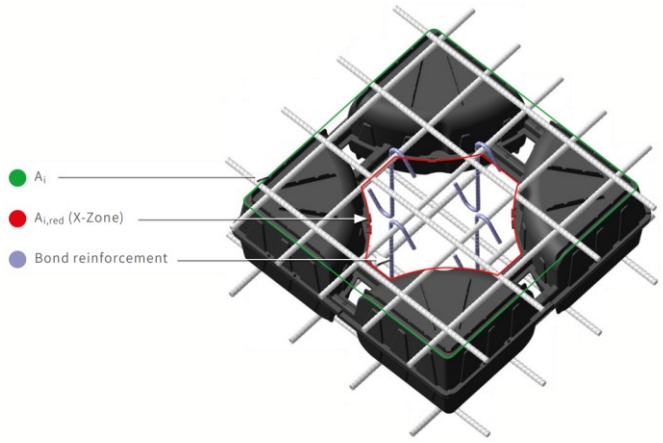


Figura 11 – Ejemplo de refuerzo en la zona X de un forjado COBIAX CLS

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

ESFUERZOS HORIZONTALES

Las propiedades dinámicas de una construcción y su comportamiento frente a un sismo u otro tipo de cargas horizontales deben evaluarse individualmente proyecto a proyecto con los métodos de comprobación recomendados por los códigos respectivos; no obstante, es conocida la importancia que la masa del edificio y, en particular, de los forjados tiene, especialmente amplificando los efectos de este tipo de acciones, por lo que la reducción de carga permanente aportada por la presencia de los huecos en el interior del forjado tiene un efecto beneficioso sobre el comportamiento de las estructuras.
Para ciertos requisitos de uso de una estructura, el comportamiento modal de la estructura resulta relevante e importante.
En una extensa investigación teórica, la frecuencia natural de un forjado aligerado COBIAX CLS presenta un comportamiento modal superior en comparación con un forjado macizo del mismo canto, pudiendo presentar una frecuencia natural hasta un 12% superior a la de un forjado macizo convencional.
En cuanto a la conducción de esfuerzos normales en el plano del forjado, el forjado COBIAX CLS, a pesar de la presencia de los huecos, sigue funcionando como una placa rígida con capacidad de transferir las cargas horizontales debidas al viento, a la inclinación de la construcción, a los sismos y a las variaciones de temperatura hacia los apoyos.
En su dimensionamiento, las láminas de hormigón superior e inferior del forjado COBIAX CLS pueden considerarse como secciones rectangulares equivalentes para simplificar, y dimensionarse para los esfuerzos axiales. Para esfuerzos elevados, como en el caso de forjados postesados que superen la capacidad de la sección equivalente, se recomienda considerar bandas macizas en estos alineamientos.

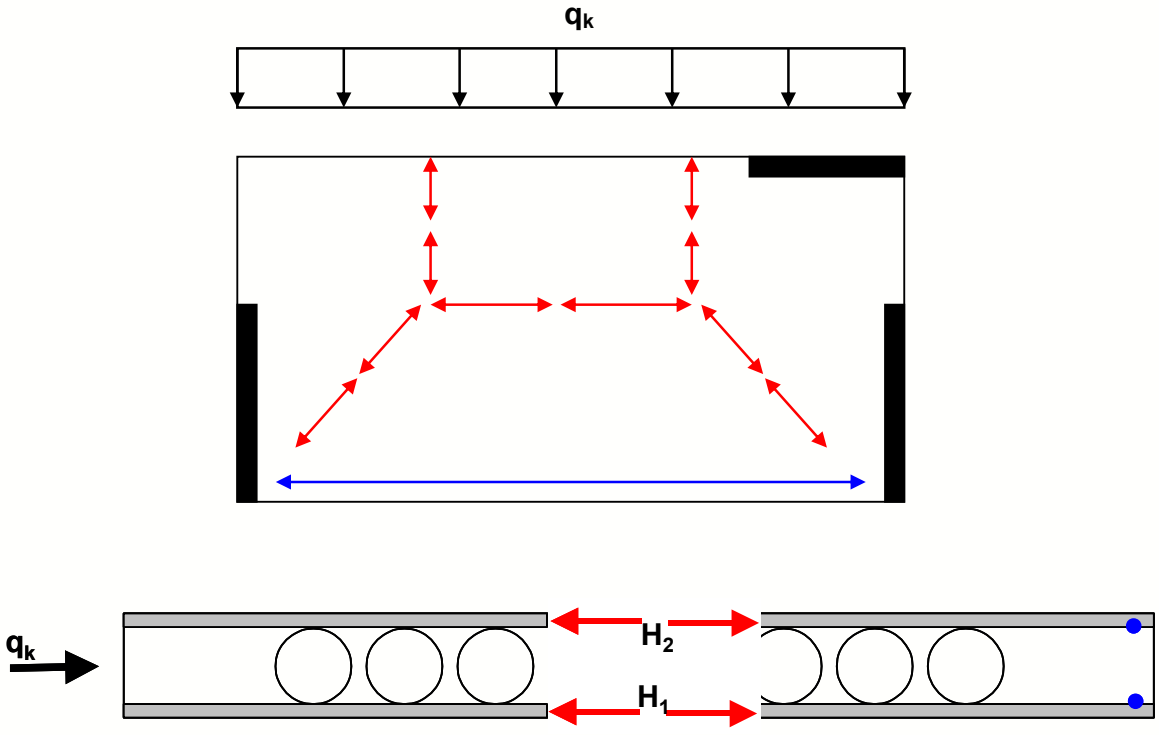


Figura 12 – Comportamiento diafragma del forjado Cobiax

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

Independientemente del código o reglamento utilizado, el parámetro relevante para los criterios de dimensionamiento que orientan la clasificación de resistencia al fuego de forjados de hormigón es el recubrimiento de hormigón entre la superficie expuesta del forjado y la primera capa de armadura.
Ensayos de resistencia al fuego en laboratorios especializados con muestras de forjado demostraron que el parámetro y el criterio utilizado para forjados macizos deben utilizarse sin ningún tipo de limitación para los forjados COBIAX CLS, y que estos pueden resistir al fuego de la misma forma que los forjados macizos.
Cabe destacar que la propagación de calor registrada durante los ensayos de resistencia al fuego de las muestras de forjado COBIAX CLS es idéntica a la registrada en forjados macizos; se registró además que los huecos existentes en un forjado COBIAX CLS tienen un efecto de retardo en el proceso de desfragmentación de la superficie de hormigón expuesta, ya que los huecos absorben la concentración de presión de vapor interna (proveniente de la humedad del hormigón) que se produce en el hormigón y que de otro modo presionaría de inmediato el hormigón del recubrimiento del forjado; no obstante, este beneficio no es cuantificable.
Si se exponen a fuego directo, los moldes COBIAX CLS (fabricados en HD-PE o PP) se descompondrían en H_2O y CO_2, que no son nocivos.
Para garantizar la resistencia al fuego de los forjados COBIAX CLS, la separación de la armadura de flexión debe aumentarse a partir de la cara inferior del forjado (a_{HK}, Figura 13), del mismo modo que en los forjados macizos. Para la comprobación de la resistencia al fuego, la temperatura de la armadura de flexión estructuralmente eficaz se determina de acuerdo con la EN 1992-1-2, teniendo en cuenta la geometría de la sección transversal. Esta temperatura no debe ser superior a la temperatura resultante de la EN 1992-1-2 para el acero de armadura de un forjado macizo de hormigón armado con la misma duración de resistencia al fuego.
Es posible especificar cualquier duración frente al fuego, en función de los resultados del cálculo realizado de acuerdo con la EN 1992-1-2.
Independientemente de la duración de resistencia al fuego, debe respetarse un valor mínimo de $d_{2,HK} \geq 7$ cm (ver Figura 13) para la distancia entre la superficie del módulo de hueco (sin la tira separadora del módulo del hueco) y el borde inferior del forjado.

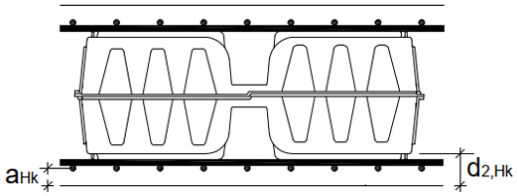


Figura 13 – Distancias relevantes para la resistencia al fuego

Cuando se utilicen los elementos de instalación COBIAX CLS, CLS-P-110 a CLS-P-190, además de las especificaciones relativas a los cantos mínimos, los cantos de los forjados de hormigón armado no deben ser inferiores a los valores indicados en la Tabla 4.

Tipo COBIAX CLS	CLS-P-110	CLS-P-130	CLS-P-150	CLS-P-170	CLS-P-190
Espesor mínimo del forjado $h_{mín}$ [cm]	21	23	25	27	29

Tabla 4 – canto mínima para forjado CBX de CLS-P-110 a CLS-P-190

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Los dos principales parámetros para la clasificación del aislamiento acústico de los forjados son:
- Aislamiento a ruido aéreo;
- Aislamiento a ruido de impacto.

Los ensayos de comportamiento acústico realizados en forjados COBIAX CBX tanto con muestras en laboratorios especializados como en construcciones completas, con el objetivo de calcular su comportamiento acústico y comparar los resultados con el comportamiento de los forjados macizos, permitieron definir un método adecuado de clasificación del aislamiento.

La interpretación de las mediciones realizadas muestra que, para el forjado COBIAX CBX, pueden utilizarse los mismos métodos de evaluación del aislamiento acústico ya utilizados para los forjados macizos.

Lo mismo ocurre con el forjado COBIAX CLS.

En todos los casos, ruido de impacto y ruido aéreo, el elemento principal para evaluar el grado de aislamiento acústico proporcionado por los forjados de hormigón es la masa media por metro cuadrado del área en estudio, existiendo diversas publicaciones que proporcionan estos datos en función del canto y su correspondiente masa.

La evaluación del aislamiento acústico de un forjado COBIAX CLS puede así realizarse recurriendo a un canto de forjado equivalente.

AISLAMIENTO TÉRMICO

Los huecos creados por los módulos COBIAX CLS influyen en la conductividad térmica del forjado. Teóricamente, tienen un efecto positivo en la transferencia de calor a través del forjado y, en consecuencia, en el aislamiento térmico del mismo. No obstante, el efecto es insignificante para la aplicación práctica del sistema, ya que solo podría alcanzarse un 5-10% de la mejora (para un forjado plano sin ningún aislamiento).

La mejora en el aislamiento térmico resulta aún menor cuando se observa en un forjado aislado, donde el material de aislamiento térmico proporciona la mayor parte del desempeño.

PRETENSADO

La combinación del pretensado con un forjado COBIAX CLS es uno de los principios posibles y, cuando se combinan ambos efectos, es posible obtener factores positivos en términos económicos y soluciones muy eficientes.

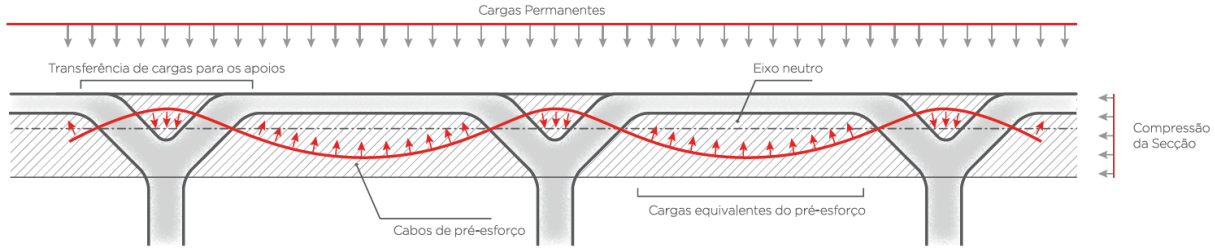


Figura 14 – Cargas Equivalentes del Postesado en el forjado COBIAX CLS

El pretensado, mediante el control del peso propio a través de las fuerzas equivalentes impuestas en el forjado, y la ventaja de la reducción de peso propio presente en un forjado COBIAX CLS, hacen que esta solución sea bastante ventajosa en comparación con soluciones más convencionales.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

SOSTENIBILIDAD

La industria de la construcción es uno de los sectores que mayor impacto directo genera en el medio ambiente, siendo la producción de cemento una de las principales fuentes de emisión de CO_2.
Durante la producción de un forjado de hormigón armado, la fabricación de materiales de construcción da lugar a emisiones de CO_2 relacionadas con la materia prima y la energía. La mayor parte de las emisiones de CO_2 en la producción de hormigón se debe a la producción de cemento, debido al elevado consumo de energía (térmica y eléctrica) y a las emisiones de CO_2 derivadas principalmente de la descarbonatación de la caliza durante la producción del cemento.
En un estudio llevado a cabo por el Instituto Fraunhofer fue posible mostrar y cuantificar el potencial de la tecnología COBIAX en la reducción de emisiones de CO_2 en la fabricación de forjados.

CASO DE ESTUDIO

En el análisis se consideró una emisión media de CO_2 de 0,70 kg por kg de cemento. Para la producción de cemento se supone un adicional de hormigón de 0,63 kg de CO_2 por m^3 de forjado, y para la producción de acero de refuerzo se consideró una emisión de CO_2 de 1,73 kg por kg de acero.
Para un forjado macizo convencional se obtuvieron los siguientes valores de consumo:

Forjado macizo	Masa [kg/m³ de forjado]	Emisiones de CO_2 [kg/kg emitidos]	Emisiones de CO_2 [kg/m³ de forjado]
Cemento	300	0,70	210,00
Hormigón (excluyendo cemento)	2,200	0,0003	0,63
Acero	145	1,73	250,85
		Total	461,48

Tabla 5– Emisiones de CO_2 durante la producción de un forjado macizo convencional por m^3.

En otro enfoque se consideró un forjado aligerado similar con la tecnología del sistema COBIAX. La introducción de los huecos permitió ahorrar un 17% del acero de refuerzo necesario, según cálculo comparativo.
El consumo de energía en la producción de un hueco COBIAX con 100% de material reciclado es de aproximadamente 0,04 kWh por pieza. Suponiendo una producción de CO_2 de 0,70 kg por kWh, se produce una emisión de CO_2 de 0,34 kg por m^3 de forjado.
Para un forjado COBIAX CLS similar al forjado macizo convencional considerado, se obtuvieron los siguientes valores de consumo:

Forjado COBIAX CLS	Masa [kg/m³ de forjado]	Emisiones de CO_2 [kg/kg emitidos]	Emisiones de CO_2 [kg/m³ de forjado]
Cemento	210	0,70	147,00
Hormigón (excluyendo cemento)	1,540	0,0003	0,44
Acero	120	1,73	207,60
Módulo COBIAX CLS	10	0,03	0,34
Mallas metálicas	8	1,73	13,84
		Total	369,22

Tabla 6– Emisiones de CO_2 durante la producción de un forjado macizo convencional por m^3.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

Esto resulta en emisiones de CO_2 de aproximadamente 369,22 kg para un forjado con tecnología COBIAX CLS.
Para el balance comparativo de la cantidad de emisiones de CO_2 entre los dos tipos de forjado presentados, se tiene la siguiente expresión:

$\Delta = 461{,}48 - 369{,}22 = 92{,}26\ kg/m^3$

En resumen, se obtiene un ahorro de 92,26 kg de CO_2 por m^3 de forjado en comparación directa con el forjado macizo convencional, una reducción del orden del 20%.
La sostenibilidad de los recursos naturales adquiere una creciente importancia en la actualidad; el uso de materiales reciclados para la constitución de los huecos y la reducción de la necesidad de hormigón permiten que el sistema COBIAX CLS promueva por sí solo una estructura con menor impacto ambiental y una significativa reducción de la emisión de CO_2 inherente al proceso constructivo.

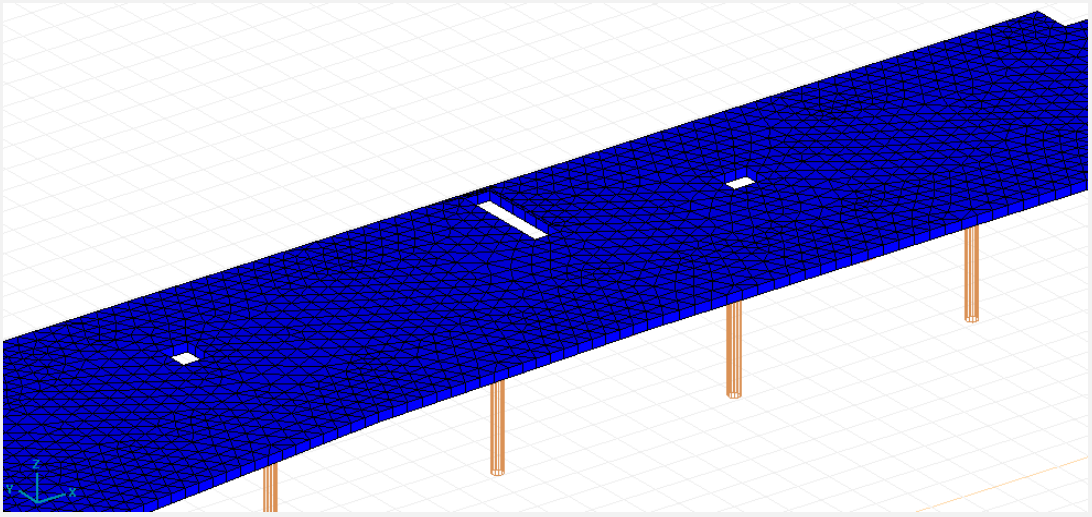
FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PROCESO DE CÁLCULO DE UN FORJADO COBIAX CLS

En el presente capítulo se describe el proceso de cálculo de un forjado COBIAX CLS con la ayuda de un software de elementos finitos; el proceso se basa en los métodos habitualmente utilizados para la concepción estructural de forjados macizos y es compatible con cualquier código o reglamento vigente.
El ejemplo incluido se basa en el software FEM «Axis VM9»; no obstante, los principios subyacentes son aplicables a cualquier software de elementos finitos que permita el cálculo de forjados macizos.

PASO 1 - HIPÓTESIS, DATOS INICIALES Y PARÁMETROS COBIAX CLS

Defina los datos iniciales de acuerdo con las hipótesis de la estructura, tales como la geometría del forjado, los apoyos, las cargas y los materiales, del mismo modo que lo haría para un forjado macizo, asumiendo desde el principio el canto de forjado pretendido. Con base en el canto de forjado definido, seleccione el hueco COBIAX CLS que desea utilizar considerando la reducción de carga y el factor de corrección de la inercia de acuerdo con los parámetros de la Tabla 1 de este manual.



Modelo de cálculo de un forjado (visualización 3D) con algunas aberturas y apoyado en pilares

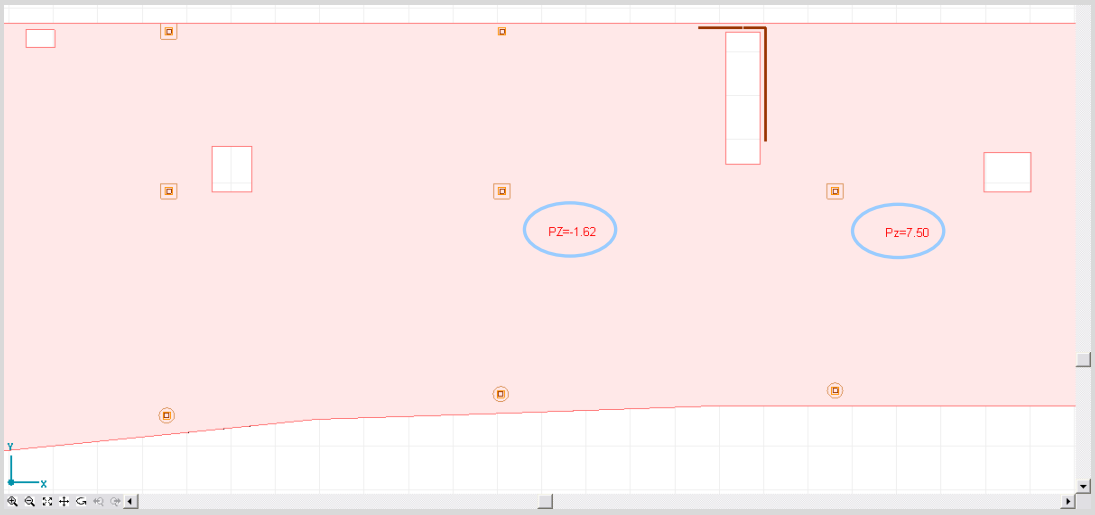
Parámetros genéricos de cálculo
E = 34000 N/mm²; δ = 25 kN/m³; recubrimiento = 25 mm; canto h = 300 mm

Parámetros del sistema COBIAX CLS seleccionado P-190
Reducción de carga permanente - 2.27 kN/m²
Factor de corrección de inercia - 0.91

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PASO 2 - PATRÓN DE CARGA PERMANENTE ADICIONAL

Por regla general, observable en un amplio conjunto de ensayos, el área aligerada representa aproximadamente el 70 a 80% del área total del forjado; no obstante, se recomienda, a efectos de predimensionamiento, utilizar un valor no superior al 70% para la reducción de la carga permanente en la primera fase del cálculo.
Proponemos entonces que cree un caso de carga permanente adicional que represente la reducción de carga proveniente de los huecos COBIAX CLS a instalar de acuerdo con la selección efectuada en el punto anterior; esta carga deberá tener sentido inverso al peso propio del forjado considerado automáticamente.



Peso propio del forjado macizo: 0,3 m x 25 kN/m^3 = **7,50 kN/m^2**
Reducción de carga permanente: 0,70 x -2,27 kN/m^2 = **-1,59 kN/m^2**

PASO 3 - MODIFICACIÓN DE LA INERCIA DEL FORJADO

Para considerar la reducción de inercia del forjado ante la introducción del sistema COBIAX CLS deberá, de acuerdo con las posibilidades que ofrece su programa, efectuar una de las siguientes operaciones:
- Altere el módulo de elasticidad del hormigón del forjado afectándolo con el coeficiente constante de la Tabla 1;
- Modifique la inercia de los elementos de forjado afectándolos con el factor de corrección indicado en la Tabla 1;
Calcule la deformación resultante incorporando en el modelo el patrón de reducción de carga permanente y la inercia modificada; compruebe si cumple sus criterios y, en caso de que no sea así, deberá aumentar el canto de su forjado.

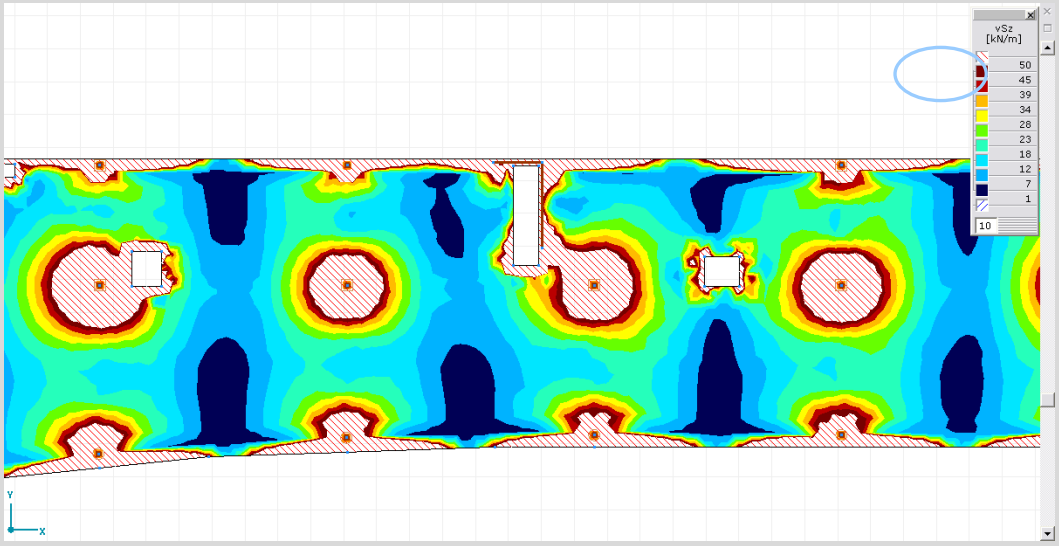
Modificación de E: 0,91 x 34000 N/mm² = 30940 N/mm²
Modificación del factor de rigidez global de 1 a 0,91
Dependiendo del software utilizado, este presenta el cálculo de la deformación lineal (Estado I, elástica) o no lineal y permite calcular la deformación a largo plazo (Estado II). Para el caso lineal, los valores de la deformación elástica obtenidos a partir del cálculo se tratan del mismo modo que para los forjados macizos en cuanto a la evaluación de la deformación a largo plazo.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PASO 4 - CRITERIO DE RESISTENCIA AL CORTANTE E IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA MACIZA

Calcule manualmente la resistencia a cortante máxima permitida V_{cd} para un forjado macizo de igual canto y multiplique ese valor por el factor de corrección a cortante indicado en la Tabla 1 para obtener la resistencia a cortante del forjado en la zona aligerada.
Visualice la distribución de los esfuerzos cortantes en su modelo e identifique las áreas del forjado en las que este valor supera la capacidad a cortante de la zona aligerada; naturalmente, en estas áreas no deberán colocarse los COBIAX CLS.

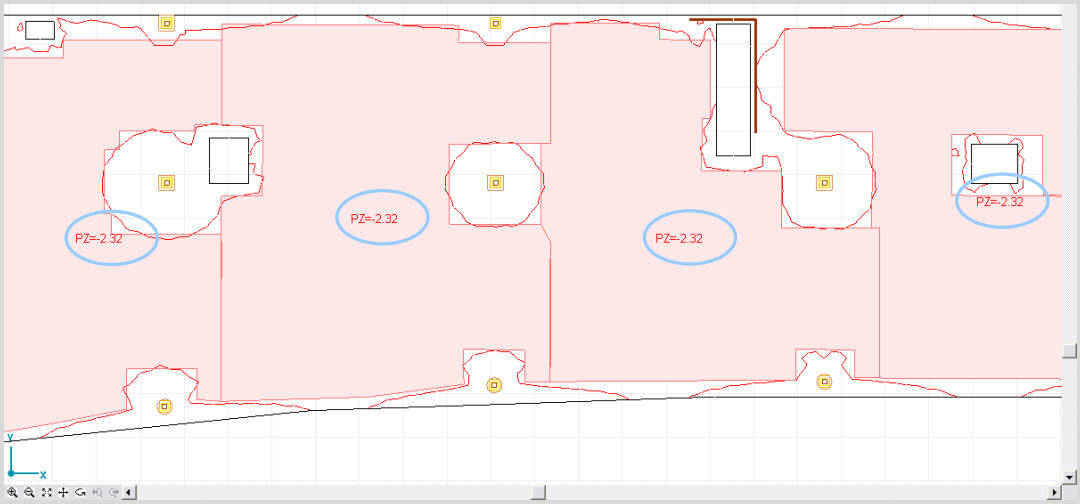
Supóngase que para el ejemplo tenemos V_{cd} = 100 kN/m
Factor de reducción al cortante para el COBIAX CLS P-190: 0.43
Tendremos entonces en la zona del forjado aligerado: $V_{cd,COBIAX\ CLS}$ = 0.43 x 100 kN/m = 43 kN/m
La distribución de los esfuerzos cortantes en el forjado, calculada manteniendo el caso de reducción de carga, permite identificar las zonas donde estos valores superan la fuerza máxima a cortante permitida $V_{cd,COBIAX\ CLS}$.



FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PASO 5 - REFINAMIENTO DEL CASO DE REDUCCIÓN DE CARGA

Este paso solo será necesario si desea un mayor refinamiento y exactitud de los valores de esfuerzos, en particular en elementos verticales y cimentaciones, ya que su redistribución en el forjado dará lugar a una reducción tanto de esfuerzos como de deformaciones.
Utilizando los contornos de las áreas macizas identificadas anteriormente, vuelva a definir el caso de reducción de la carga permanente, afectando a las zonas aligeradas con el 100% del valor de la reducción indicada en la Tabla 1 y retirando esta carga de las zonas macizas.

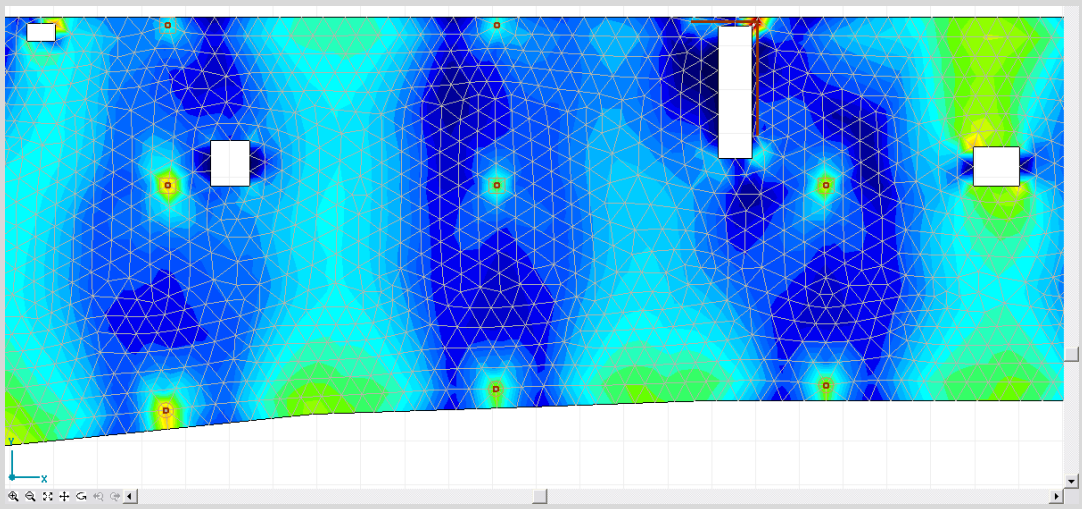


El patrón de reducción de carga permanente del paso 2 se elimina y se aplica un nuevo patrón con una carga de sentido inverso al peso propio igual al 100% del valor de la Tabla 1 únicamente en las zonas aligeradas:
1.00 x -2.27 kN/m² = -2.27 kN/m²

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

PASO 6 - COMPROBACIÓN Y DETALLADO DE LA SECCIÓN DEL FORJADO

A partir del análisis de esfuerzos y del dimensionamiento de las armaduras y recubrimientos necesarios, es importante comprobar la conformidad de la sección propuesta, en particular constatando la viabilidad de la misma. La suma de los recubrimientos, de los diámetros de las barras y de la altura del COBIAX CLS deberá ser menor o igual al canto del forjado definido; en caso contrario, deberá redefinir las barras a utilizar o aumentar el canto del forjado. Si resulta inferior, esta diferencia puede compensarse mediante separadores colocados a tal efecto.



Distribución de los esfuerzos en estados límite últimos

Comprobación de la sección tras la selección de la armadura
Recubrimiento: 25 mm
Diámetro de las barras de la armadura inferior: 12 y 16 mm (direcciones x e y en la zona aligerada)
Diámetro de las barras de la armadura superior: 12 mm (direcciones x e y en la zona aligerada)
Altura de módulo P-190: 190 mm

→ Σ 25mm + 25mm + 12mm + 16mm + 12mm + 12mm + 190 mm = 292 mm
→ 292 mm ≤ 300 mm

La sección está correctamente dimensionada incluyendo una tolerancia de construcción de 8 mm.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

DETALLADO

PLANOS DE IMPLANTACIÓN/GEOMETRÍA

Para un correcto montaje de los COBIAX CLS en obra deben elaborarse planos de geometría que incluyan la caracterización, cantidad, orientación y cotas de implantación de los huecos, de manera que, junto con los planos de geometría del encofrado y el detallado de las armaduras, permitan la ejecución de los trabajos del forjado.

- Los planos de implantación del sistema deben contener los siguientes elementos:
- Cotas relativas a los ejes o al límite de la estructura para la implantación de los huecos;
- Sección característica del forjado identificando las alturas del módulo COBIAX CLS y de las láminas;
- Dimensiones de los omegas
- Notas generales sobre la utilización, manipulación y montaje de un forjado COBIAX CLS.

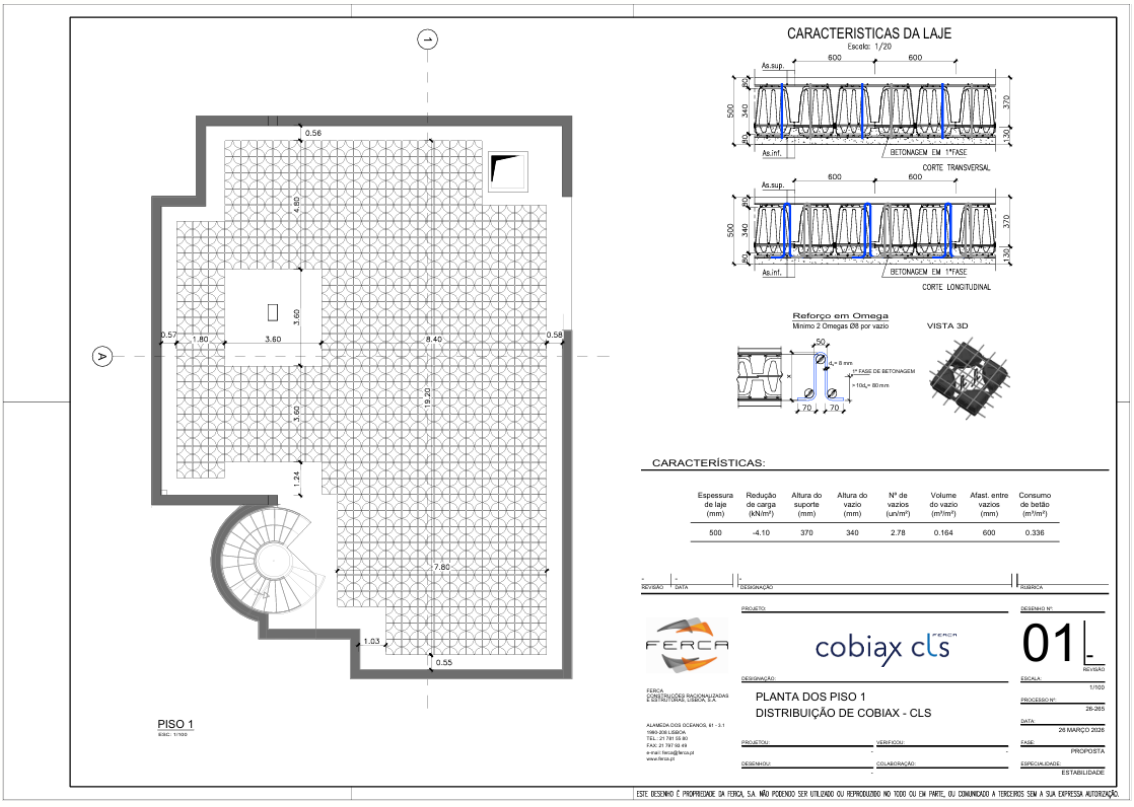


Figura 15 - COBIAX CLS layout drawing

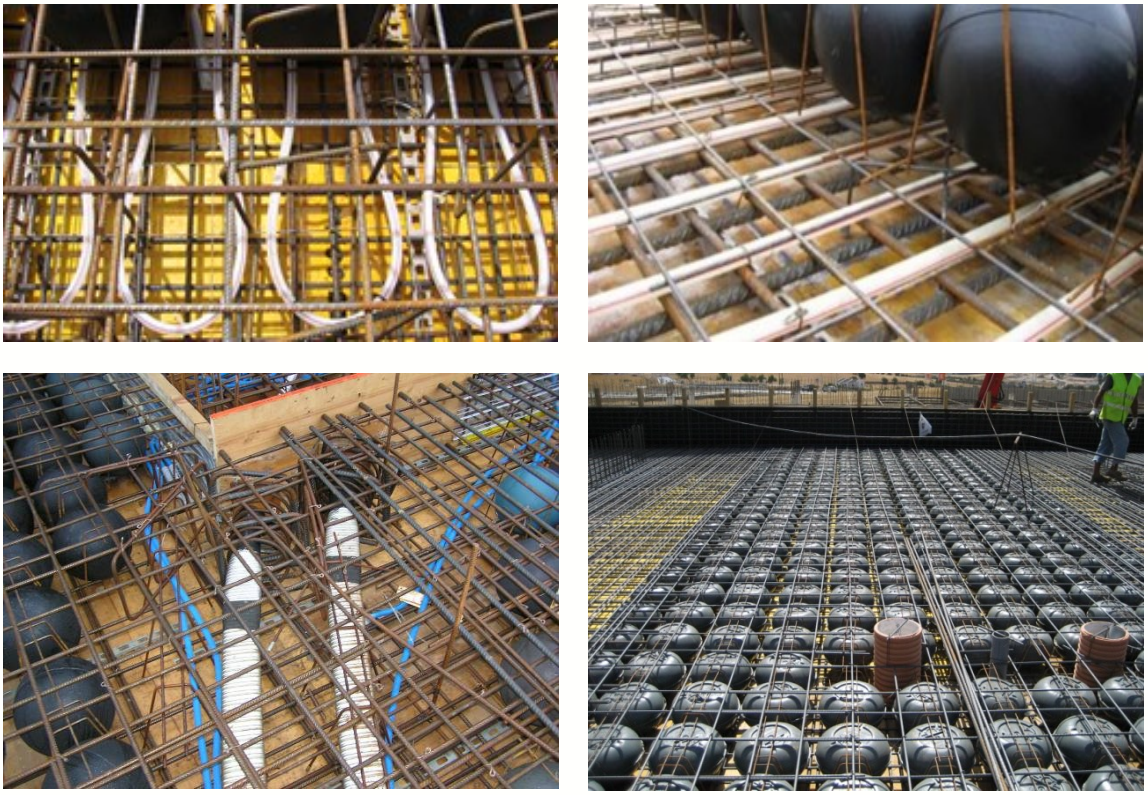
FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

Cotas relativas a los ejes o al límite de la estructura para la implantación de los huecos;

- Sección característica del forjado identificando las alturas del módulo COBIAX CLS y de las láminas;
- La separación entre ejes de los huecos COBIAX CLS debe respetar las dimensiones indicadas en la Tabla 1 de este documento, salvo indicación específica en contrario;
- Notas generales sobre la utilización, manipulación y montaje de un forjado COBIAX CLS.

INSTALACIÓN DE SERVICIOS TÉCNICOS

Al ser el COBIAX CLS un sistema modular, es posible la compatibilización con diversas instalaciones que se pretendan ejecutar en el forjado, debiendo preverse previamente y quedar reflejadas en los planos de distribución las implicaciones en la disposición de los módulos COBIAX CLS. Los huecos pueden retirarse individualmente para el paso de tubos o en líneas para el paso de diversas instalaciones, por ejemplo la aplicación de postesado en el forjado.



Ejemplos de diversas instalaciones y sistemas de postesado en un forjado COBIAX CLS

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

MONTAJE DE UN FORJADO COBIAX CLS

El montaje de un forjado COBIAX CLS se compone de diversos procedimientos, desde los factores logísticos y el transporte del material, hasta el proceso de ensamblaje del producto y los procedimientos durante su ejecución en obra. Consultar el Manual de Procedimientos del sistema.

La ejecución de un forjado COBIAX CLS respeta íntegramente los mismos principios y procedimientos que el montaje de un forjado macizo, colocándose los módulos directamente sobre la armadura inferior; cabe señalar además la particularidad de que estos sirven de apoyo a las armaduras superiores, evitando las habituales «borriquetas» de los forjados macizos.
La siguiente secuencia de imágenes ejemplifica los pasos a seguir





1- Ensamblaje de los módulos COBIAX CLS (preferentemente en la proximidad de su zona de implantación en planta)
2- Cierre del Cobiax CLS mediante “clic” en las 4 aristas de los módulos.

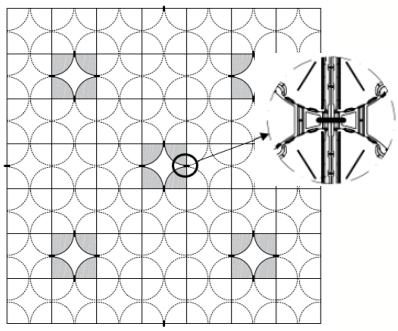


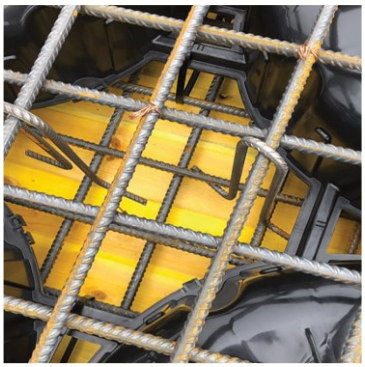


3- Una vez colocada la armadura inferior, los módulos se transportan hasta la zona donde serán instalados en planta, de acuerdo con el proyecto estructura.
4- Los módulos se colocan en cadena, siempre juntos, sin ningún espacio entre los módulos de Cobiax CLS.

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

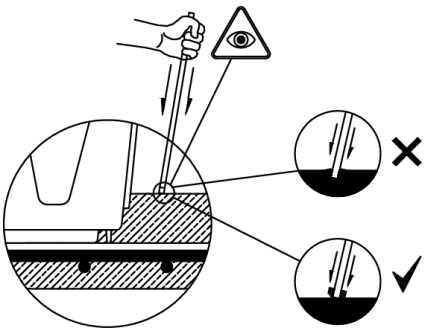






5- Tras la colocación de los módulos Cobiax CLS, estos deberán fijarse mediante una brida de nylon ("Zip Cable") para garantizar su inmovilización durante la fase de hormigonado.
6- A continuación, se coloca la armadura superior y, una vez finalizada esta fase, se colocan las armaduras en forma de omega para garantizar la conexión entre las juntas de hormigonado.





7- Una vez finalizado el montaje de las armaduras, se ejecuta la primera fase de hormigonado hasta la cota especificada en el detalle constructivo, anclando las armaduras en forma de omega en la primera capa.
8- Verificación de la primera fase de hormigonado.



9- Segunda fase de hormigonado

FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es



FERCA, Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA | Alameda dos Oceanos 61 - 3.1, 1990-208 Lisboa, Portugal
T. (+351) 217 815 580 M. ferca@ferca.pt W. www.fercaingenieria.es

