SISTEMA TECOWOB,
FORJADOS CON AHORRO, ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

Índice

1. Objeto
2. Descripción del sistema TECOWOB
3. Composiciones
4. Ficha Técnica de conformidad con el CTE
    a. Descripción
    b. Aplicaciones
    c. Dimensiones
    d. Especificaciones técnicas
        i. Aislamiento Térmico
        ii. Aislamiento Acústico
        iii. Resistencia al Fuego
        iv. Reacción al Fuego
        v. Resistencia Mecánica
        vi. Acabado de techos
5. Accesorios del sistema
6. Unidades de obra. Precios descompuestos.
7. Obras de referencia
8. Anexos
    a. Informe de Ahorro de Energía
    b. Informe APPLUS de aislamiento acústico.
    c. Informe APPLUS de resistencia mecánica
    d. Informe LICOF de resistencia al fuego
    e. Informe APPLUS de reacción al fuego
    f. Informe LICOF de reacción al fuego
    g. Informe EUMEPS de reacción al fuego (EPS+PYL)

1. Objeto

El objeto del presente documento es mostrar de forma detallada el cumplimiento de las exigencias del Código Técnico de la Edificación por parte del sistema TECOWOB en diversos apartados de la citada normativa.

Este dossier técnico está sujeto a la evolución de las técnicas constructivas, de la tecnología de fabricación y de las exigencias de la normativa vigente, por ello la empresa propietaria se reserva el derecho de actualizarlo cuantas veces considere oportuno.

2. Descripción del sistema TECOWOB

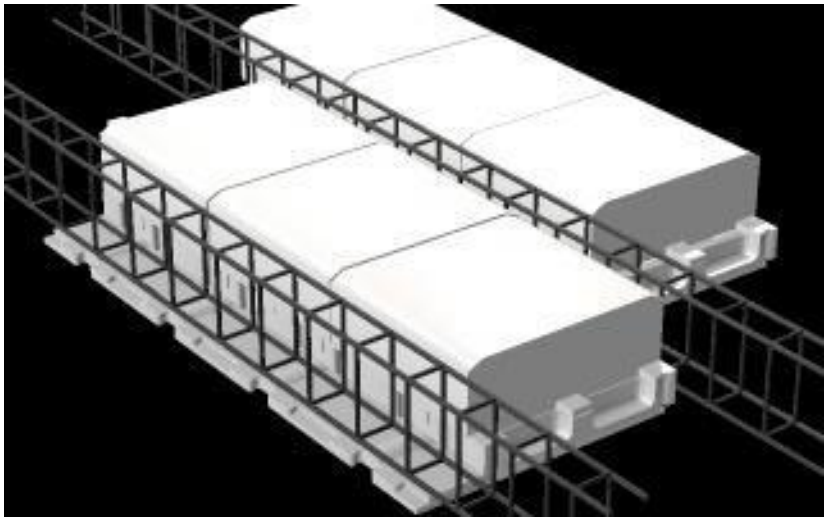
TECOWOB es un tablero aislante a base de poliestireno expandido (EPS) cuyo montaje sobre sistema de encofrado permite formar una superficie continua nivelada que soporta en la parte superior piezas de aligeramiento para construir forjados hormigonados “in situ”, unidireccionales, reticulares y losas macizas.

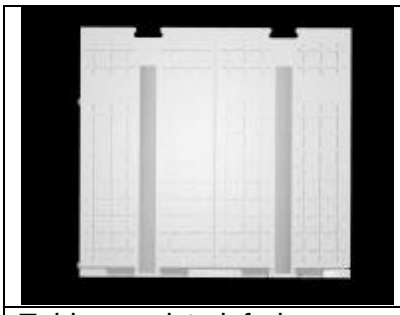
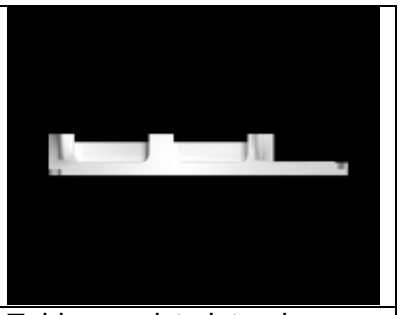
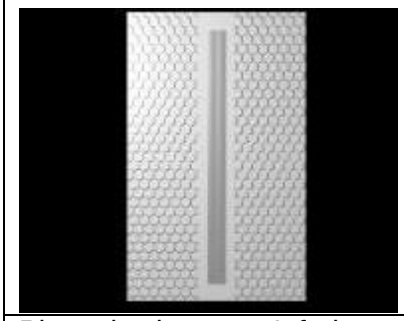
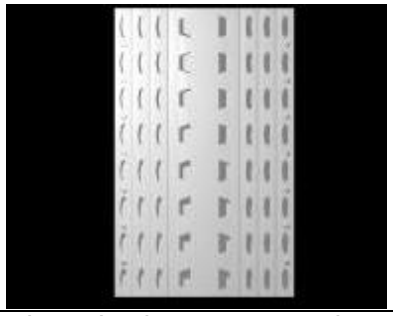
La particularidad del sistema se haya en los perfiles metálicos que lleva el tablero insertados en su parte inferior con la función de soporte para la fijación de techos continuos a base de placas de yeso laminado (tanto directos como suspendidos). Los perfiles están separados 40 cm y tienen una superficie punteada para facilitar la fijación directa de las placas y los distintos sistemas de techos suspendidos, así como para facilitar la fijación de las instalaciones y los canales de la tabiquería seca.

3. Composiciones

El sistema se compone de diversas composiciones

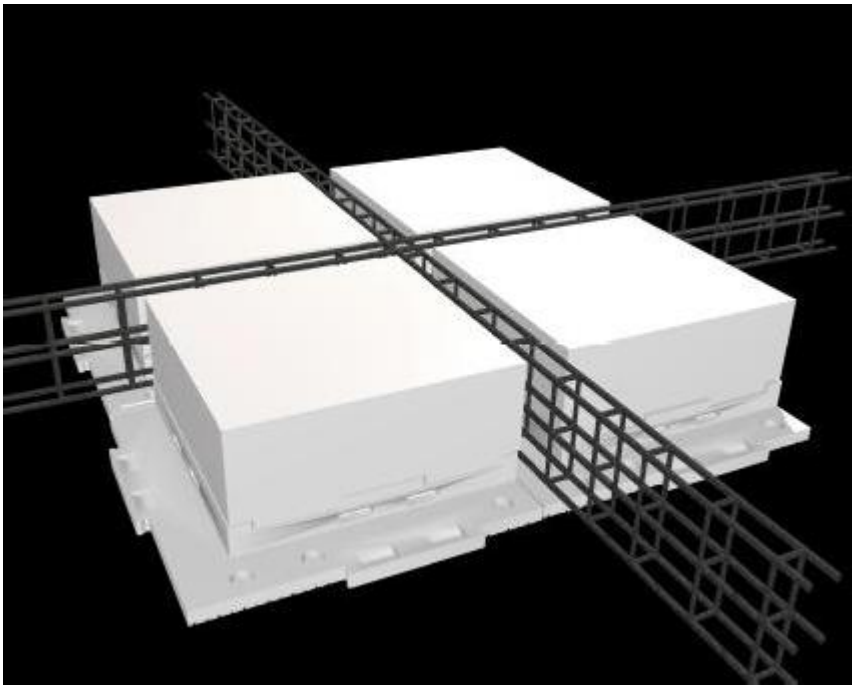
Forjado Unidireccional
Intereje: 70 cm
Bovedilla maciza de 580x1000xcanto variable (la bovedilla de embebe en el tablero 30 mm)
Anchos de nervio. 12 y 15 cm

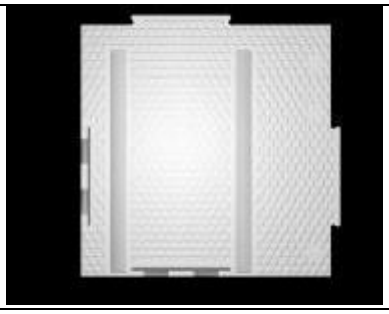
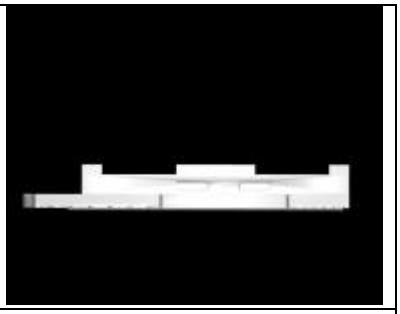


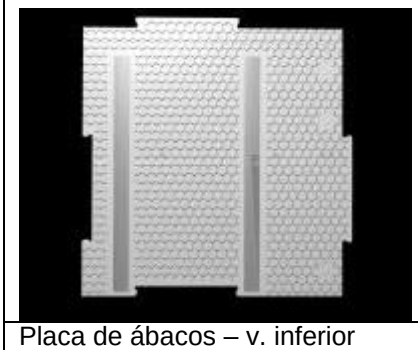
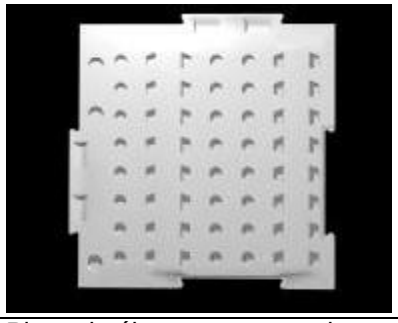
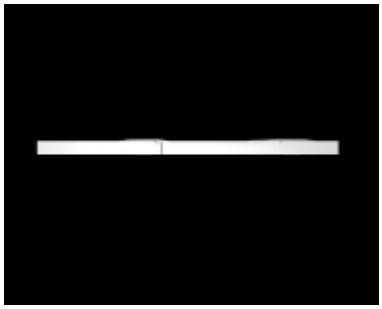
		
Tablero – vista inferior **80 x 70 cm**	Tablero – vista superior	Tablero – vista lateral Aislamiento bajo nervio 3cm ALTURA TOTAL 110 mm
		
Placa de vigas – v. Inferior	Placa de vigas – v. superior	Placa de vigas – v- lateral

Forjado Reticular

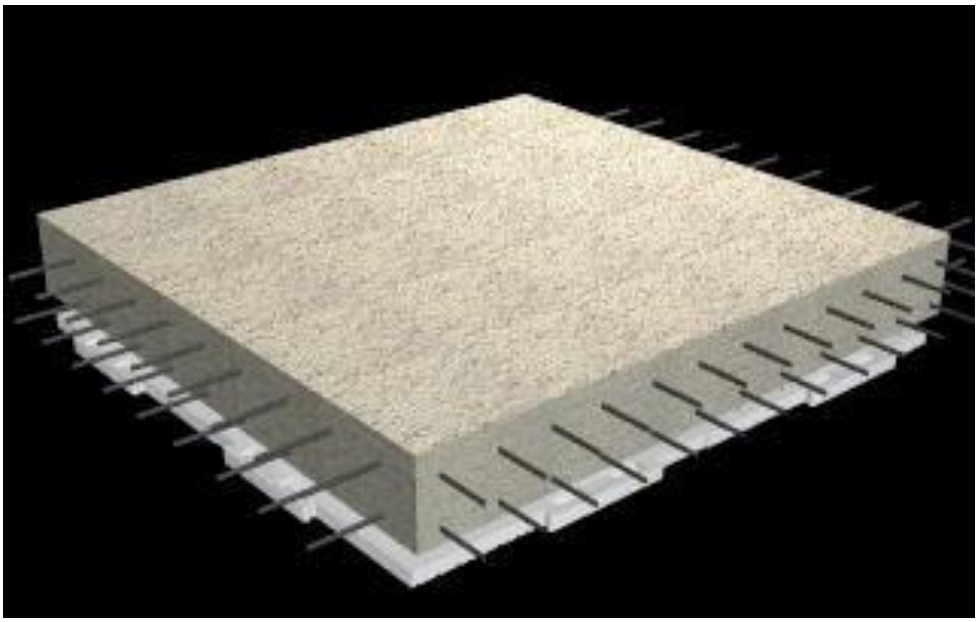
Retícula: 80 x 80 cm
Anchos de nervio: 12, 14, y 16 cm
Canto variable

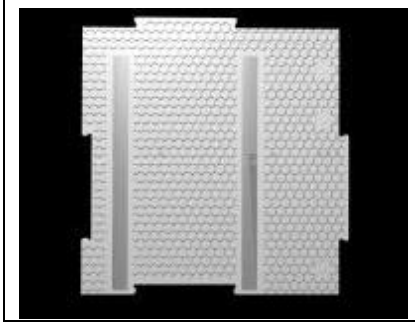
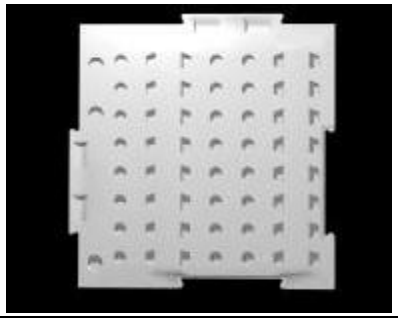
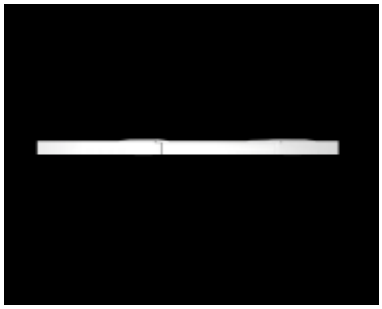


		
Tablero – vista inferior **80 x 80 cm**	Tablero – vista superior	Tablero – vista lateral Aislamiento bajo nervio 3,5 cm

		
Placa de ábacos – v. inferior	Placa de ábacos – v. superior	Placa de ábacos – v- lateral

Losa maciza



Placa de losa – vista inferior **80 x 80 xm**	Placa de losa – v. superior	Placa de losa – v- lateral

4. Ficha Técnica de conformidad con el CTE

Descripción

CYPSAWOB-METAL

Sistema de **forjados ligeros aislantes** a base de poliestireno expandido (EPS) formado por un TABLERO que se combina con la pieza de aligeramiento correspondiente (bovedillas o casetones) y una PLACA para las zonas macizas (bajo vigas y capiteles). El acabado del sistema varía en función del sistema de revestimiento de techos.

El Tablero y la Placa tienen insertados en su zona inferior un **perfil de acero** galvanizado en forma de "omega" para facilitar y reducir costes en el montaje de techos y tabiques de placa de yeso laminado (**PYL**).

CYPSAWOB-METAL

Aplicaciones

El Tablero y la Placa tienen insertados en su zona inferior un **perfil de acero** galvanizado en forma de "omega" para facilitar y reducir costes en el montaje de techos y tabiques de placa de yeso laminado (**PYL**).

Se aplica en forjados unidireccionales, reticulares y losas que tengan previsto la construcción de techos y tabiques a base de **placa de yeso laminado (PYL).**

Dimensiones

	Ancho de nervio	Intereje o Retícula	Superficie
Tablero CYPSAWOB Unidireccional	12 y 15 cm	70 cm	70 x 80 cm
Tablero CYPSAWOB Reticular	12, 14 y 16 cm	80 x 80 cm	80 x 80 cm
Placa de Losa	-	-	80 x 80 cm

NOTA 1: El Tablero TECOWOB aporta 5 cm al canto estructural que hay que descontar del canto de la bovedilla o el casetón.

NOTA 2: El sistema cuenta con una capa continua de 3 cm (en el caso unidireccional) y 3,5 cm (en el caso reticular y losa) de poliestireno expandido (EPS) para rotura del puente térmico bajo los nervios, las vigas y capiteles del forjado respectivamente., que debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar el canto arquitectónico y la altura libre entre forjados.

Especificaciones Técnicas

- **Aligeramiento estructural**

El sistema TECOWOB se caracteriza por su ligereza, lo que repercute en el ahorro en las cuantías de acero y hormigón de la estructura.

A modo de ejemplo, los forjado reticulares TECOWOB suponen un ahorro de armadura promedio de 4 kg/m^2 y los unidireccionales de 1,5 kg/m^2.

A continuación se presenta una tabla comparativa de pesos propios.

Pesos propios (kg/m^2) SISTEMA CYPSAWOB				
Tipo de forjado	**Canto (cm)**	**Hormigón**	**Arlita /Cerámica**	**EPS (Poliestireno)**

UNIDIRECCIONAL Intereje 70 cm Nervio 12 cm	20+5	312	285	214
	22+5	324	296	223
	25+5	365	337	236
	30+5	394	366	259
	35+5	427	397	281
UNIDIRECCIONAL Intereje 70 cm Nervio 15 cm	20+5	330	304	235
	22+5	345	318	246
	25+5	388	361	263
	30+5	423	395	290
	35+5	461	432	318
RETICULAR Retícula 80x80 cm Nervio 12 cm	25+5	434	389	302
	30+5	492	446	337
	35+5	572	504	373
	40+5	652	561	408
RETICULAR Retícula 80x80 cm Nervio 14 cm	25+5	454	411	328
	30+5	516	473	369
	35+5	599	534	409
	40+5	680	594	450
RETICULAR Retícula 80x80 cm Nervio 15 cm	25+5	464	422	341
	30+5	529	491	384
	35+5	610	552	427
	40+5	697	612	470
RETICULAR Retícula 80x80 cm Nervio 16 cm	25+5	473	432	353
	30+5	541	509	399
	35+5	621	570	444
	40+5	713	630	490

- **Aislamiento Térmico**

R Resistencia Térmica del Sistema CYPSAWOB: **R > 2 m²K/W**
U Transmitancia Térmica del Sistema CYPSAWOB: **U < 0,5 W/ m²K**
Conforme a la norma de cálculo UNE-EN-ISO-6946

Las prestaciones térmicas son comunes en las variantes del sistema TECOWOB. Se alcanzan gracias a la capa continua de poliestireno expandido para rotura del puente térmico bajo los nervios, las vigas y ábacos de los distintos forjados.

Los cerramientos sujetos a exigencia de Ahorro de energía en el CTE (DB-HE1) son muros, cubiertas y suelos. Las exigencias en materia de transmitancia térmica máxima (U) son función de la zona climática.

Zona climática	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Umax cubiertas	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Umax suelos	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48

Ejemplo de cubierta:

Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (W/m·K)	Resistencia (m2·K/W)
Tejado	3	0,8	0,038
Mortero	2	1,4	0,014
Forjado TECOWOB	25		2,400
Cámara de aire	5		0,200
Techo PYL	1,5	0,57	0,026
R superficial			0,140
		R (m2·K/W)	2,82
		U (W/m2·K)	**0,35**

Ejemplo de suelo en contacto con local no calefactado:

Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (W/m·K)	Resistencia (m2·K/W)
Solado cerrámico	2	0,8	0,025
Mortero nivelación	5	1,4	0,036
Forjado TECOWOB	25		2,400
Techo PYL	1,5	0,57	0,026
R superficial			0,140
		R (m2·K/W)	2,63
		U (W/m2·K)	**0,38**

Para este ejemplo se deduce que el **Forjado** TECOWOB **CUMPLE** las exigencias térmicas en todas las zonas climáticas.

- **Aislamiento Acústico**

CYPSAWOB-METAL	Aislamiento a Ruido Aéreo (R)	Aislamiento a Ruido de Impacto (L)
Forjado Base (300 kg/m2) Sin techo	49 dB (49 dBA)	82 dB (86 dBA)
Forjado Base + TECHO DIRECTO (PYL) Sin cámara de aire	57 dB (56 dBA)	69 dB (74 dBA)
Forjado Base + TECHO (PYL) Cámara de aire de 15 mm	58 dB (58 dBA)	68 dB (72 dBA)
Forjado Base + TECHO (PYL) Cámara de aire de 15 mm y doble PYL	60 dB (59 dBA)	64 dB (69 dBA)

PYL: Placa de Yeso Laminado

Forjado Base: Unidireccional. Canto 25+5 cm. Capa de nivelación 5 cm.
Ensayos de laboratorio. APPLUS. Exigencias de NBE-CA88: R> 45 dBA y L< 80 dBA

Las exigencias del CTE en esta materia se sitúan entorno a un mínimo de 50 dB a ruido aéreo y un máximo 65 dB a ruido de impacto.

Mientras que las distintas combinaciones son seguras y **CUMPLEN** la exigencia de aislamiento a **ruido aéreo**, en materia de **ruido de impacto** será **necesaria la colocación de un suelo flotante mínimo**.

- **Resistencia al Fuego**

La resistencia al fuego de los forjados de hormigón depende de la geometría del forjado y la disposición del armado en los nervios. La normativa específica (EHE / Código Técnico de la Edificación) recoge las condiciones de estos forjados en los casos más desfavorables.

Resistencia al fuego normalizado	Ancho de nervio mínimo (b_{min}) / Distancia al eje equivalente mínima a_{min} (mm) (*)			Espesor mínimo h_s(mm) de la losa superior de hormigón (h_0) (**)
	1	2	3	
R-30 (EF-30)	80/20	120/15	200/10	60
R-60 (EF-60)	100/30	150/25	200/20	70
R-90 (EF-90)	120/40	200/30	250/25	80
R-120 (EF120)	160/50	250/40	300/25	100
R-180 (EF-180)	200/70	300/60	400/55	120
R-240 (EF-240)	250/90	350/75	500/70	150

El sistema **TECOWOB** dispone de diferentes anchos de nervio para satisfacer las exigencias en esta materia, por tanto **CUMPLE las exigencias del CTE en resistencia al fuego**.

	Ancho de nervio
Tablero CYPSAWOB Unidireccional	12 y 15 cm
Tablero CYPSAWOB Reticular	12, 14 y 16 cm
Placa de Losa	-

La Resistencia al fuego de los forjados también puede establecerse mediante ensayo según norma UNE-EN-1363:2013.

Los sistemas de forjado TECOWOB tienen una Resistencia al Fuego MINIMA de 120 minutos sin ningún revestimiento - **RF-120.**

Conforme a ensayo realizado en LICOF. Forjado Unidireccional. Nervio 12 cm. Canto 25+5.

- **Reacción al fuego**

La clasificación de los sistemas **TECOWOB es B-s1,d0** en sus dos aplicaciones finales de uso (techo directo y techo suspendido), con un nivel de protección **EI-60** para el techo descolgado de placa de yeso laminado.

La exigencia para edificación residencial es C-s3,d0 y en los casos de espacios ocultos, se exige que el revestimiento tenga un nivel de protección mínimo EI30.

Por tanto, **TECOWOB CUMPLE las exigencias de reacción al fuego del CTE.**
Conforme a ensayos realizados en APPLUS.

- **Resistencia Mecánica**

Esta característica afecta a la seguridad del montaje de techos de placa de yeso laminado en el sistema TECOWOB-METAL así como a las posibilidades de cuelgue de objetos del techo.

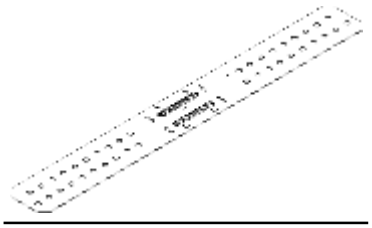
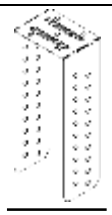
Las especificaciones de los sistemas de techo de placa de yeso laminado son válidas cundo la carga se puede colgar de la placa. En caso de que se recomiende fijar en el perfil, el sistema TECOWOB-METAL tiene una resistencia a tracción de 20kg/fijación.

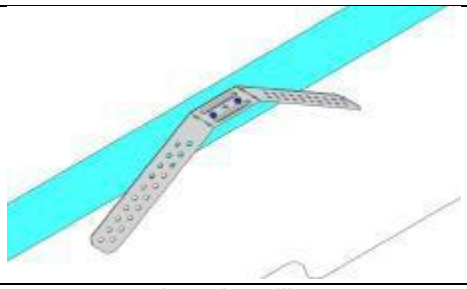
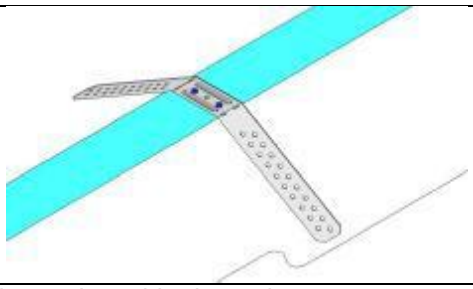
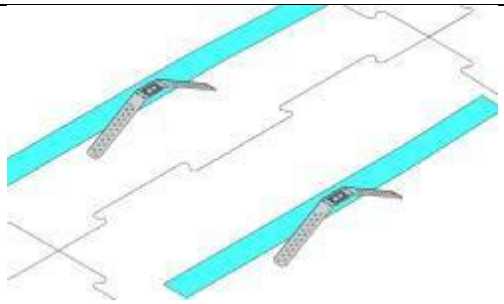
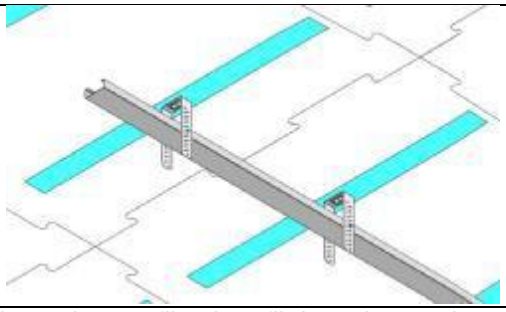
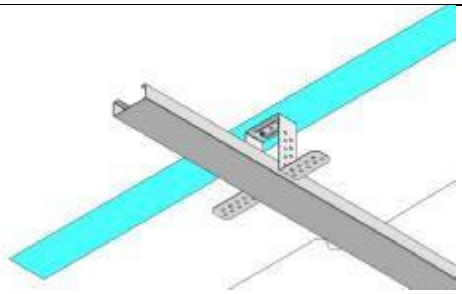
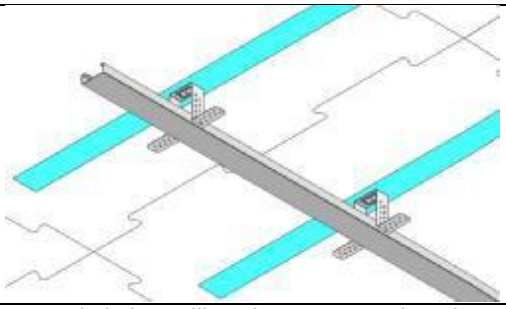
Conforme a ensayos realizados en APPLUS.

- **Acabado de techos**

Los acabados del sistema TECOWOB-METAL son los propios de los techos a base de placa de yeso laminado.

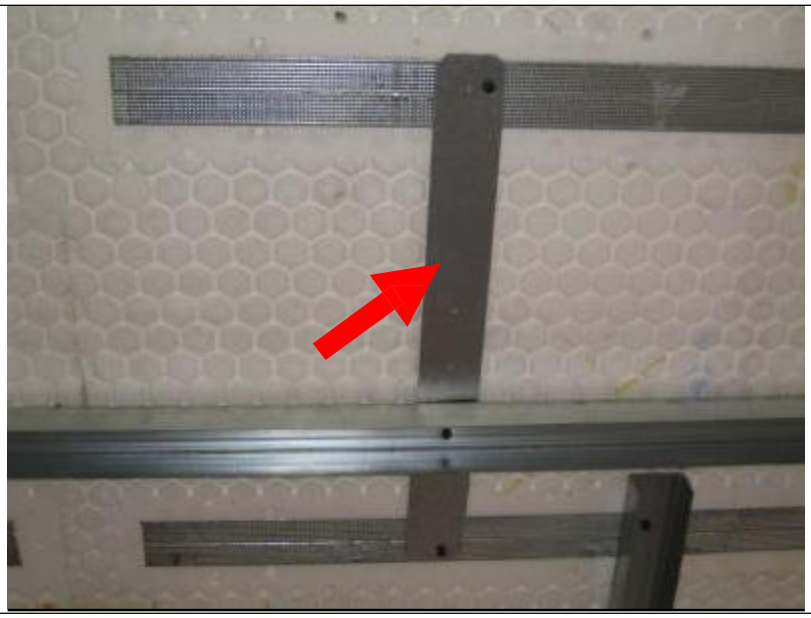
5. Accesorios del sistema

HORQUILLA PARA TECHOS SUSPENDIDOS		

	
Sobre el perfil TECOWOB se fija la horquilla en el sentido deseado	
	
Con las horquillas alineadas se nivela el techo a la altura deseada y se fija el perfil de techo continuo	
	
Una vez fijados los perfiles se procede al doblado o cortado de la parte de la horquilla sobrante antes de aplacar	
Rendimientos aproximados ud/m2 ml/m2 ml/m2 ud/m2 ud/m2 m2/m2 kg/m2 ml/m2	**Descompuesto aproximado €/m2** **TIPO DE TECHO** *Estos rendimientos y precios son orientativos.* *No tienen carácter contractual.*

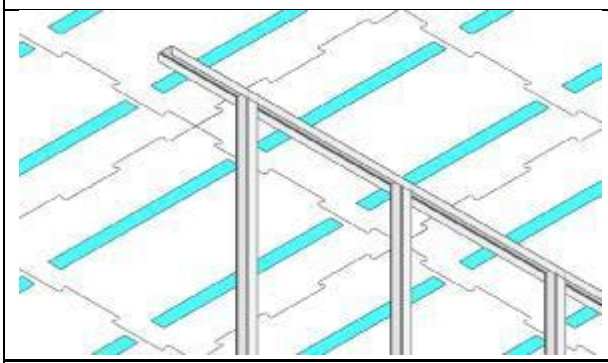
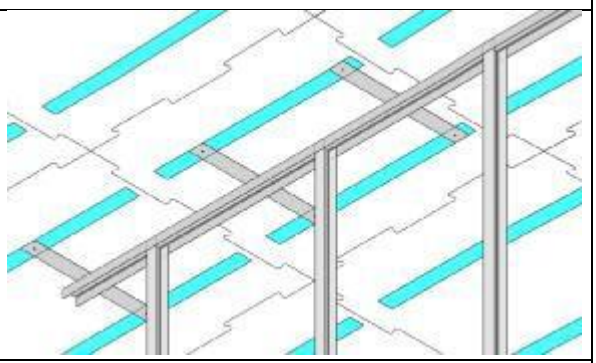
	TECHO	
Partida	**DIRECTO**	**HORQUILLA**
Perfil angular	-	0,70
Perfil techo continuo	-	2,60
Horquilla	-	2,16
Tornillo autorroscante 25 mm	10,00	20,00
Placa de yeso 13mm	1,05	1,05
Pasta para juntas	0,47	0,47
Cinta de juntas	1,89	1,89

	DIRECTO		HORQUILLA
Materiales	3,20		6,00
Mano de obra	4,50		7,00
Costes indirectos	0,50		0,50
Total	**8,20**		**13,50**

PLETINA DE UNION DE PERFILES	

Dimensiones

Largo: 45 cm
Ancho: 5 cm
Espesor: 0,6 mm

TABIQUES PERPENDICULARES A LA LINEA DE PERFILES	**TABIQUES PERPENDICULARES A LA LINEA DE PERFILES**
	
En este caso no es necesaria la pletina de unión. Los canales se fijan directamente la perfil del tablero CYPSAWOB.	**RENDIMIENTOS** 1 pletina / 40 cm

	2,5 pletinas/m tabique paralelo (suponiendo 50% paralelo y 50% perpendicular) **1,25 pletinas / m tabique**

6. Unidades de obra. Precios descompuestos.

unidireccional – TECOWOB IN SITU Ref. 189

E05HFE040	m2	ENCOFRADO EPS TECOWOB FORJADO UNDIRECCIONAL			
		Encofrado perdido continuo con poliestireno expandido (EPS) sistema TECOWOB de CYPSA, para forjado unidireccional con nervios hormigonados "in situ". Incluye colocación/retirada de puntales y sopandas, hasta 3,10 m de altura.			
O01OB010	h	Oficial 1ª encofrador	0,100	19,99	2,00
O01OB020	h	Ayudante encofrador	0,100	18,76	1,88
P03W200	ud	Tablero unidireccional EPS CYPSAPOR 800x700 mm	1,790	3,03	5,42
P01EM225	m3	Tabla pino 2,00/2,50 m de 26 mm	0,004	238,80	0,96
M13MPV010	u	Puntal metálico telescópico hasta 3 m de altura	0,007	16,35	0,11
%PM0200	%	Pequeño Material	0,020	10,37	0,21
			Coste total		**10,58**

E05HFE050	m2	ENCOFRADO EPS TECOWOB-PERFIL FORJADO UNIDIRECCIONAL			
		Encofrado perdido continuo con poliestireno expandido (EPS) sistema TECOWOB de CYPSA, para forjado unidireccional con nervios hormigonados "in situ". Incluye colocación/retirada de puntales y sopandas, hasta 3,10 m de altura.			
O01OB010	h	Oficial 1ª encofrador	0,100	19,99	2,00
O01OB020	h	Ayudante encofrador	0,100	18,76	1,88
P03W210	ud	Tablero unidireccional EPS CYPSAPOR con perfil 800x700 mm	1,790	5,37	9,61
P01EM225	m3	Tabla pino 2,00/2,50 m de 26 mm	0,004	238,80	0,96
M13MPV010	u	Puntal metálico telescópico hasta 3 m de altura	0,007	16,35	0,11
%PM0200	%	Pequeño Material	0,020	14,56	0,29

Forjado reticular - TECOWOB

E05HRE060	m2	ENCOFRADO EPS TECOWOB FORJADO RETICULAR			
		Encofrado perdido continuo con poliestireno expandido (EPS) sistema TECOWOB de CYPSA, para forjado reticular con nervios hormigonados "in situ". Incluye colocación/retirada de puntales y sopandas, hasta 3,10 m de altura.			
O01OB010	h	Oficial 1ª encofrador	0,100	19,99	2,00
O01OB020	h	Ayudante encofrador	0,100	18,76	1,88
P03W220	ud	Tablero reticular EPS CYPSAPOR 800x800 mm	1,790	3,10	5,55
P01EM225	m3	Tabla pino 2,00/2,50 m de 26 mm	0,004	238,80	0,96
M13MPV010	u	Puntal metálico telescópico hasta 3 m de altura	0,007	16,35	0,11
%PM0200	%	Pequeño Material	0,020	10,50	0,21
			Coste total		**10,71**

E05HRE070	m2	ENCOFRADO EPS TECOWOB-PERFIL FORJADO RETICULAR			
		Encofrado perdido continuo con poliestireno expandido (EPS) sistema TECOWOB de CYPSA, para forjado reticular con nervios hormigonados "in situ". Incluye colocación/retirada de puntales y sopandas, hasta 3,10 m de altura.			
O01OB010	h	Oficial 1ª encofrador	0,100	19,99	2,00
O01OB020	h	Ayudante encofrador	0,100	18,76	1,88
P03W230	ud	Tablero reticular EPS CYPSAPOR con perfil 800x800 mm	1,790	6,01	10,76
P01EM225	m3	Tabla pino 2,00/2,50 m de 26 mm	0,004	238,80	0,96
M13MPV010	u	Puntal metálico telescópico hasta 3 m de altura	0,007	16,35	0,11
%PM0200	%	Pequeño Material	0,020	15,71	0,31
			Coste total		**16,02**

E05HRB010	m2	FORJADO RETICULAR 17+5 cm CASETÓN CYPSAPOR

Forjado reticular formado por nervios de hormigón armado cada 82 cm, canto 17+5 cm, con casetón de poliestireno expandido (EPS) CYPSAPOR de dimensiones 68x68x17 cm para aligerado de forjado y capa de compresión de 5 cm de hormigón HA-25/P/20/I, elaborado en central, mallazo de reparto #200x300x5 mm, i/armadura (15 kg/m2), refuerzo de huecos, encofrado y desencofrado y macizo de capiteles, terminado, sin repercusión de pilares. Según normas NTE-EHR y EHE-08. Componentes del hormigón, acero, armadura de nervios y casetón de EPS con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.

O01OB010	h	Oficial 1ª encofrador	0,350	19,99	7,00
O01OB020	h	Ayudante encofrador	0,350	18,76	6,57
M02GT002	h	Grúa pluma 30 m/0,75 t	0,150	18,82	2,82
P01HAV360	m3	Hormigón HA-25/P/20/I central	0,153	67,02	10,25
P03EW020	ud	Casetón CYPSAPOR 680x680x170 mm	1,950	2,36	4,60
P03AM170	m2	Malla electrosoldada #200x300x5 mm - 1,284 kg/m2	1,200	1,08	1,30
E04AB020	kg	ACERO CORRUGADO B 500 S/SD EN BARRA	15,000	1,21	18,15
E05HRE010	m2	ENCOFRADO FORJADO RETICULAR HORIZONTAL	1,000	18,39	18,39
			Coste total		**69,08**

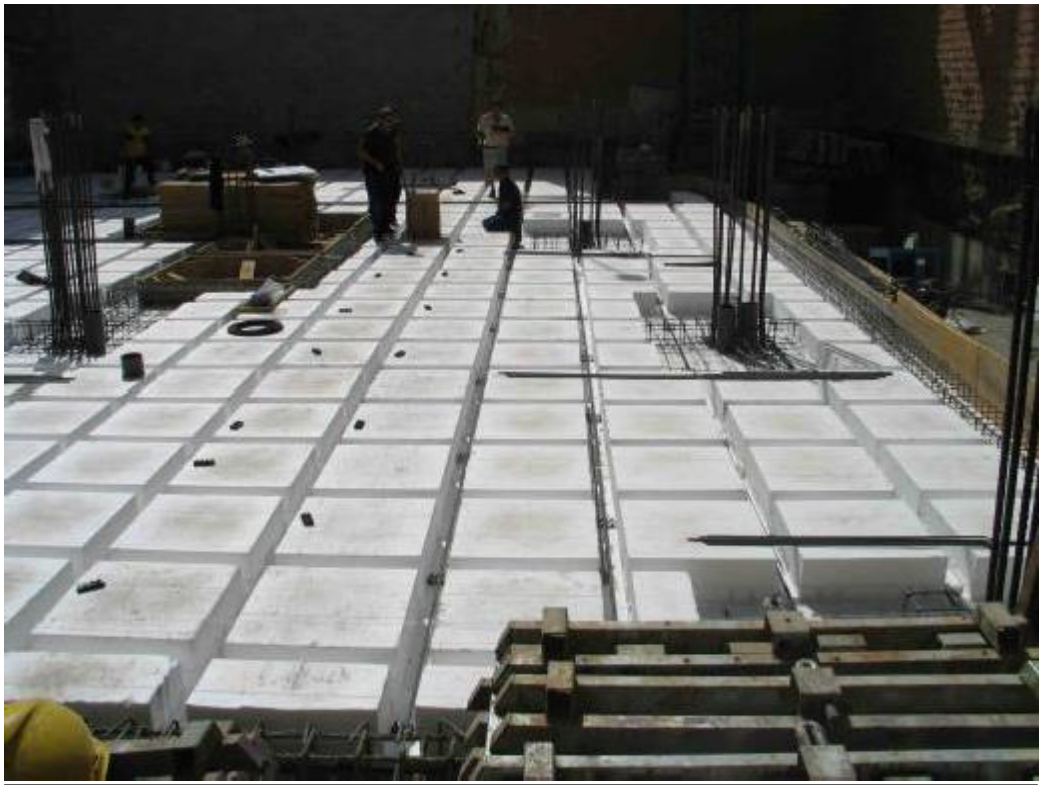
E05HRB035	m2	FORJADO RETICULAR 20+5 cm CASETÓN CYPSAPOR

Forjado reticular formado por nervios de hormigón armado cada 82 cm, canto 20+5 cm, con casetón de poliestireno expandido (EPS) CYPSAPOR de dimensiones 68x68x20 cm para aligerado de forjado y capa de compresión de 5 cm de hormigón HA-25/P/20/I, elaborado en central, mallazo de reparto #200x300x5 mm, i/armadura (15 kg/m2), refuerzo de huecos, encofrado y desencofrado y macizo de capiteles, terminado, sin repercusión de pilares. Según normas NTE-EHR y EHE-08. Componentes del hormigón, acero, armadura de nervios y casetón de EPS con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.

O01OB010	h	Oficial 1ª encofrador	0,350	19,99	7,00
O01OB020	h	Ayudante encofrador	0,350	18,76	6,57
M02GT002	h	Grúa pluma 30 m/0,75 t	0,150	18,82	2,82
P01HAV360	m3	Hormigón HA-25/P/20/I central	0,160	67,02	10,72
P03EW030	ud	Casetón CYPSAPOR 680x680x200 mm	1,950	2,78	5,42
P03AM170	m2	Malla electrosoldada #200x300x5 mm - 1,284 kg/m2	1,200	1,08	1,30
E04AB020	kg	ACERO CORRUGADO B 500 S/SD EN BARRA	15,000	1,21	18,15
E05HRE010	m2	ENCOFRADO FORJADO RETICULAR HORIZONTAL	1,000	18,39	18,39
			Coste total		**70,37**

7. Obras de referencia

El Bercial (Getafe – Madrid) – edificio de viviendas



Badajoz – edificio de viviendas

Elgueata (Guipúzcoa) – edificio de viviendas

Madrid, residencia de ancianos

Badajoz, edificio de viviendas

La Coruña, edificio de viviendas

Medina de Pomar, edificio de viviendas

Miranda de Ebro, edificio de viviendas

Oñati (Guipúzcoa), edificio de viviendas

Ribabellosa, edificio de viviendas

Tordesillas (Valladolid), edificio de oficinas

Torrelodones (Madrid), vivienda unifamiliar

Vigo, edificio de viviendas

Vitoria, edificio de viviendas

8. Anexos

Informe APPLUS de aislamiento acústico.

Expediente número: 4.023.842.

ENSAYO SOLICITADO: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo, según la norma UNE-EN ISO 140-3:1995, y del aislamiento al ruido de impactos, según norma UNE-EN ISO 140-6:1999 de un forjado.

FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: 20 y 29 de Abril y 6 de Mayo de 2004

La reproducción del presente documento sólo está
autorizada si se hace en su totalidad. Sólo tienen validez
legal los informes con firma original o sus copias

1.- OBJETIVO DE LA MEDICIÓN

Medición del índice de reducción sonora al ruido aéreo según la norma UNE-EN ISO 140-3:1995 y de la transmisión del ruido de impactos según la norma UNE-EN ISO 140-6:1999, a través de la partición horizontal descrita en el apartado 6 de este expediente.

2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos usados para realizar las mediciones acústicas son las siguientes:

9. Analizador nº id: 103083
10. Calibrador nº id: 103034
11. Micrófonos nº id: 103092, 103062
12. Fuente de ruido nº id: 103098
13. Amplificador de potencia nº id: 103097
14. Máquina de impactos: nº id: 103051
15. Termohigrómetro nº id: 103019
16. Cinta métrica nº id: 103095

3.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

3.1. MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realiza según el procedimiento de trabajo PT-103.009 de Applus+CTC, basado en la norma UNE-EN ISO 140-3:1995, “Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción”.

Para medir el aislamiento al ruido aéreo entre dos salas con una separación común, ya sea vertical u horizontal, se genera un nivel de presión acústica en una de ellas, llamada sala emisora, suficientemente elevado como para que el nivel en la otra sala, llamada sala receptora, supere en 10 dB como mínimo el ruido de fondo (ruido ambiental) en todas las bandas frecuenciales dentro del margen de estudio. Si el nivel medido no supera el ruido de fondo como mínimo en 10 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

Se mide el nivel de ruido en la sala emisora en diferentes puntos y se promedia. A continuación se repite esta operación en la sala receptora. De estos dos niveles promediados se puede obtener la diferencia de niveles D:

$$D = L_1 - L_2$$

dónde:

- L_1 es el nivel medio de presión acústica en la sala emisora.
- L_2 es el nivel medio de presión acústica en la sala receptora (con la corrección del nivel de ruido de fondo si es necesario).

Esta diferencia de niveles se ha de corregir mediante un factor que depende del tiempo de reverberación, del volumen de la sala receptora y de la superficie común de separación que hay entre las dos salas. Así se obtiene el índice de aislamiento acústico R:

dónde:

$R = L_1$

$- L_2$

+ 10 Log (

S T
)
0.163 V

- S es la superficie de la muestra.
- T es el tiempo de reverberación de la sala receptora. El tiempo de reverberación de la sala se define como el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica medido disminuya 60 dB una vez parada la fuente de ruido.
- V es el volumen de la sala receptora.

3.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE GLOBAL DE REDUCCIÓN SONORA PONDERADO A

El índice global de reducción sonora ponderado A definido en la NBE-CA-88 se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = 10\,\mathrm{Log}\left(\sum_i 10^{(L_{ni}+K_{Ai})/10}\right) - 10\,\mathrm{Log}\left(\sum_i 10^{(L_{ni}-R_i+K_{Ai})/10}\right)$$

dónde:

- L_{ni} es el valor de presión acústica del espectro normalizado (igual en todas las bandas, por ejemplo 100 dB).
- R_i es el valor del índice de aislamiento acústico medido en cada banda frecuencial.
- K_{Ai} es el valor de la ponderación A en cada banda frecuencial.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
K_{Ai}	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
K_{Ai}	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0	0,6
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
K_{Ai}	1	1,2	1,3	1,2	1	0,5

Tabla 3.1: Valores que toma K_{Ai} para cada banda frecuencial en tercios de octava

3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN SONORA R_w

El índice de aislamiento R_w se define en la norma UNE-EN ISO 717-1:1997 como el valor, en decibelios, que toma el espectro de referencia (ver tabla 3.2) a la frecuencia de 500 Hz, después de desplazarlo tal y como se explica a continuación.

Para evaluar los resultados de una medida de R (aislamiento acústico por frecuencia en bandas de tercio de octava), el espectro de referencia se desplaza en saltos de 1 dB (positivo o negativo) hacia la curva medida mientras la suma de desviaciones desfavorables, en el margen frecuencial entre 100 y 3500 Hz, sea lo mayor posible pero sin superar los 32,0 dB. Una desviación desfavorable, a una determinada banda frecuencial, se da cuando el resultado de la medición es menor que el valor de la curva de referencia en aquella banda.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
Ref.	33	36	39	42	45	48
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
Ref.	51	52	53	54	55	56
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ref.	56	56	56	56	56	56

Tabla 3.2: Valores que toma la curva de referencia para cada banda frecuencial en tercios de octava

$C_{100\text{-}5000}$ y $C_{tr,100\text{-}5000}$ son los términos de adaptación espectral según se definen en la norma UNE-EN ISO 717-1:1997

4.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS.

4.1. MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realiza según la norma UNE-EN ISO 140-6:1999, “Mediciones en laboratorio del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos”.

El procedimiento de ensayo se basa en medir, para cada banda frecuencial dentro del margen de estudio, el nivel de presión acústica existente en el interior del local inferior (sala receptora), al excitar mediante una máquina de impactos normalizada, el paramento horizontal que lo separa del local superior (sala emisora). La máquina de impactos se coloca en un mínimo de 4 puntos y se han de realizar un mínimo de 6 mediciones del nivel de ruido en la sala receptora.

Si el nivel medido no supera el ruido de fondo (nivel de ruido ambiental dentro de la sala receptora con la maquina de impactos apagada) como mínimo en 10 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

A este nivel medio de presión acústica se le añade un término que depende del tiempo de reverberación y del volumen de la sala receptora, obteniéndose el nivel de presión de ruido de impactos normalizado, L_n:

L_{ni}

$= L_i$

$$+ 10 \text{ Log} \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

dónde:

- L_i es el nivel medio de presión de ruido de impactos, con corrección de ruido de fondo si es necesario, a cada banda frecuencial,
- A_0 es el área de absorción sonora equivalente de referencia,10 m²,
- A es el área de absorción sonora equivalente, que se calcula:

$$A = \frac{0.16\ V}{T}$$

dónde:

- V es el volumen de la sala receptora.
- T es el tiempo de reverberación de la sala receptora. Dicho parámetro se define como el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica medido disminuya 60 dB una vez parada la fuente de ruido.

4.2. NIVEL GLOBAL DE RUIDO DE IMPACTOS NORMALIZADO PONDERADO A

El nivel global de ruido de impactos ponderado A, según se define en la norma NBE-CA 88 se calcula mediante la siguiente fórmula:

dónde:

$$L_n = 10 \text{ Log} \left(\sum_i 10^{(L'_{ni} + K_{Ai})/10} \right)$$

- L_{ni} es el nivel de presión de ruido de impactos normalizado a cada banda de tercio de octava.
- K_{Ai} es el valor de la ponderación A en cada banda frecuencial.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
K_{Ai} (dB)	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
K_{Ai} (dB)	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0	0,6
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
K_{Ai} (dB)	1	1,2	1,3	1,2	1	0,5

4.3. NIVEL NORMALIZADO PONDERADO DE LA PRESIÓN SONORA DE IMPACTOS, $L_{n,w}$

En la norma UNE-EN ISO 717-2:1997 se define una magnitud global para la valoración del aislamiento a ruido de impactos derivada de una medición por bandas de tercio de octava. Dicha magnitud es el nivel normalizado ponderado de la presión sonora de impactos ($L'_{n,w}$) y se define como el valor, en decibelios, que toma el espectro de referencia (ver tabla) a la frecuencia de 500 Hz, después de desplazarlo tal y como se explica a continuación.

Para evaluar los resultados de una medición de L_n (aislamiento acústico por frecuencia en bandas de tercio de octava), el espectro de referencia se desplaza en saltos de 1 dB (positivo o negativo) hacia la curva medida, mientras la suma de desviaciones desfavorables, en el margen frecuencial entre 100 y 3150 Hz, sea lo mayor posible pero sin superar los 32,0 dB. Se produce una desviación desfavorable, a una determinada banda frecuencial, cuando el resultado de la medición supera al valor de la curva de referencia en aquella banda.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500
Ref. (dB)	62	62	62	62	62	62	61	60
frec. (Hz)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ref. (dB)	59	58	57	54	51	48	45	42

Valores iniciales de la curva de referencia para cada banda frecuencial, en tercios de octava

C_I es el término de adaptación espectral tal y como se define en UNE-EN ISO 717-2:1997

5.- DESCRIPCIÓN DE LAS SALAS DE ENSAYO

Las salas de ensayo son paralelepipédicas y sus dimensiones interiores son:

Sala	Largo	Ancho	Alto
Superior	418	318	382
Inferior	416	317	517

En ambos ensayos la sala inferior actúa de receptora, mientras que la sala superior actúa de emisora en el ensayo de aislamiento al ruido aéreo y no influye en el ensayo de aislamiento al ruido de impactos.

6.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ENSAYADA

Se ha construido un forjado unidireccional con bovedillas de EPS (denominado TECOWOB, de dimensiones 57x52x15, el cual incorpora unos perfiles metálicos) y de canto 25+5+5 cm, apoyado en un zuncho perimetral de 25 mm, la dimensión del forjado es de 380 cm de ancho x 480 cm de largo y está formado por un mallazo de 15x30, de diámetro 6 mm, y nervios compuestos cada uno de ellos por dos varillas de diámetro 12 mm, dos varillas de diámetro 10 mm y dos negativos de 1,10 m.

El tipo de hormigón utilizado en el ensayo es el 25/B/20/2, con una capa de compresión de 5 cm y una de nivelación de 5 cm, de tal manera que el conjunto tiene un espesor de 35 cm.

Se han realizado tres mediciones de aislamiento acústico:

- el forjado base (según lo descrito anteriormente)
- el forjado base con un falso techo formado por una cámara de aire de 15 mm y una placa de yeso laminado de 15 mm
- el forjado base con un falso techo formado por una cámara de aire de 15 mm y dos placas de yeso laminado de 15 mm

Expediente número: 4.023.842. Página número: 8

El montaje y realización del forjado se ha realizado según instrucciones del peticionario en las instalaciones de Applus+ CTC

La parte de la muestra vista desde las salas de ensayo es de 417*319 cm, lo que hace una superficie de 13.3 m².

7.- CONDICIONES DEL ENSAYO

	Sala Inferior	**Sala Superior**
Condiciones ambientales:	Temperatura: 17±2 ºC	Temperatura: 17±2 ºC
	Humedad: 60±10 %	Humedad: 75±10 %
Volumen sala ensayo:	69.2 m^3	50.5 m^3

Expediente número: 4.023.842. Página número: 9

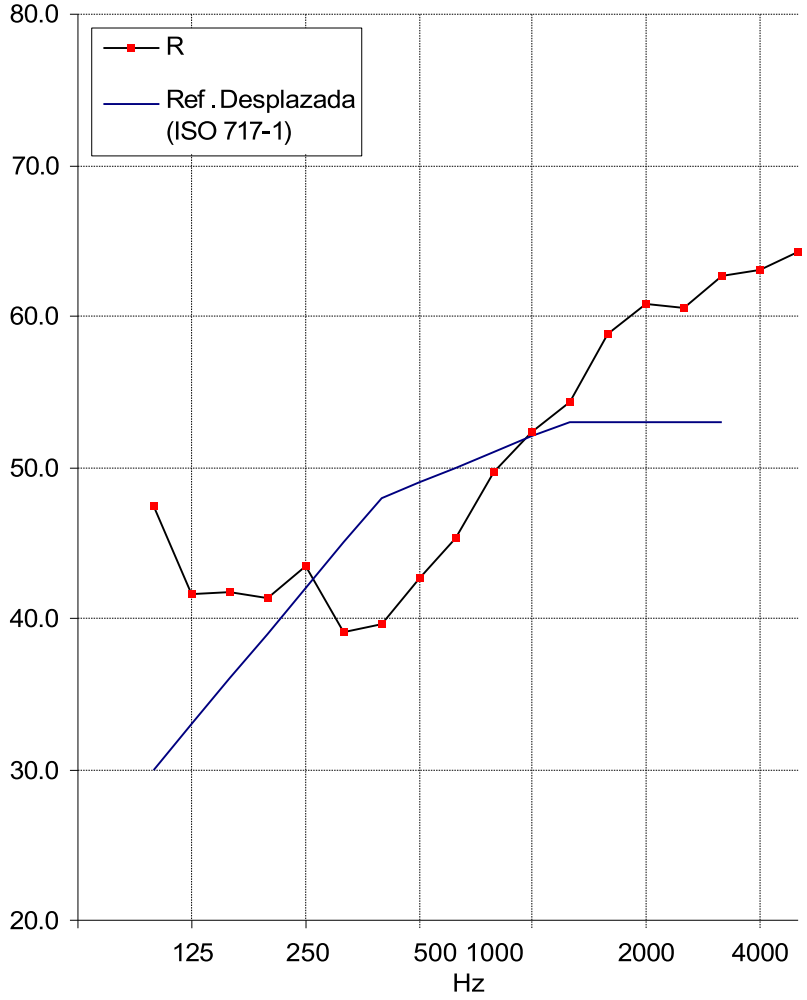
8.- RESULTADOS

Muest r a ensayada **TECOWOB**

For jado base
(según descripción del apart ado 6)

Índice de r educción sonor a, R

Índice de reducción sonora, R



Índice global de r educción sonor a ponder ado A, R:	**49.2 dBA**
Índice ponder ado de r educción sonor a, R_w ($C_{100-5000}$; $C_{tr,100-5000}$):	**49 (0 ; -3) dB**

dB

8.1. Ensayo 1

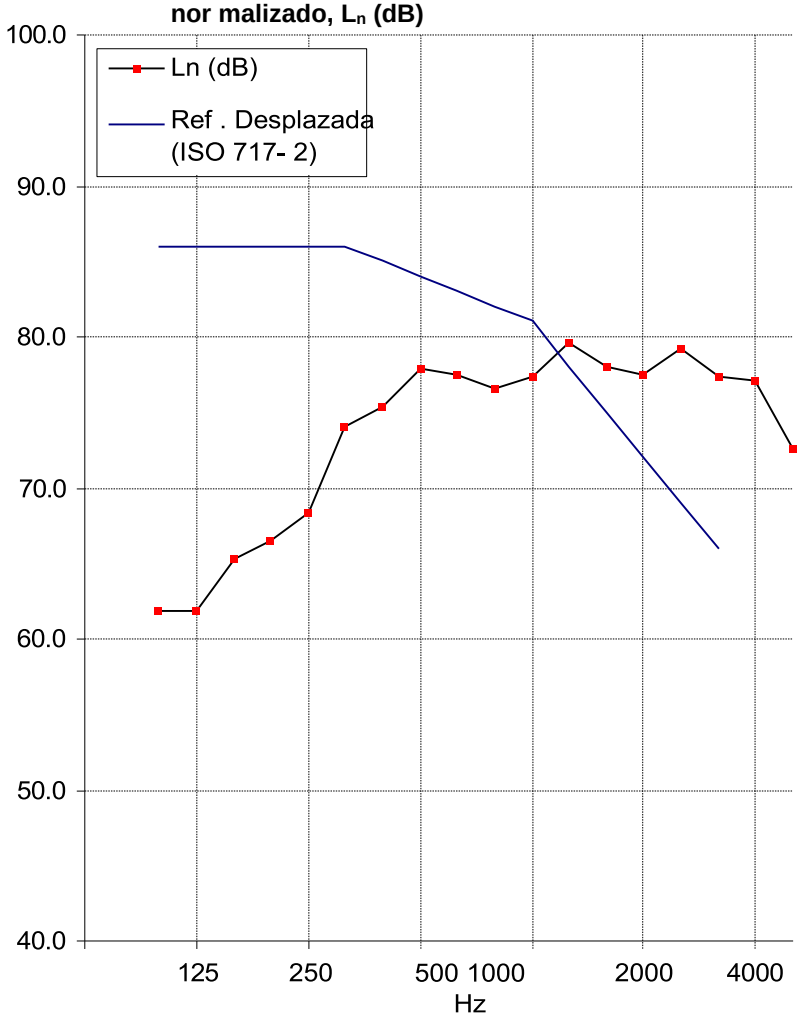
Frecuencia (Hz)	R (dB)	Incert id umb re ±U
100	47.4	5.5
125	41.6	5.5
160	41.7	3.5
200	41.3	3.0
250	43.4	3.0
315	39.1	2.5
400	39.6	2.5
500	42.7	2.5
630	45.3	2.0
800	49.7	2.0
1000	52.3	1.5
1250	54.3	2.0
1600	58.8	2.5
2000	60.7	2.5
2500	60.5	2.5
3150	62.7	2.5
4000	63.0	2.5
5000	64.2	2.5

Muest r a ensayada **TECOWOB**

For jado base
(según descripción del apart ado 6)

Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado, L_n (dB)

Nivel de presión de ruido de impact os normalizado, L_n (dB)



Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado A, $L_{n,A}$:	**88.5 dBA**
Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado, $L_{n,w}$ (C_I):	**84 (- 11) dB**

dB

Frecuencia (Hz)	L_n (dB)	Incert id umb re ±U
100	61.8	4.5
125	61.9	4.0
160	65.3	3.5
200	66.4	3.5
250	68.3	3.5
315	74.0	3.5
400	75.3	3.5
500	77.9	3.5
630	77.5	3.5
800	76.6	3.5
1000	77.3	2.5
1250	79.7	2.5
1600	78.0	3.5
2000	77.5	4.0

2500	79.2	5.0
3150	77.3	5.0
4000	77.0	5.0
5000	72.6	5.0

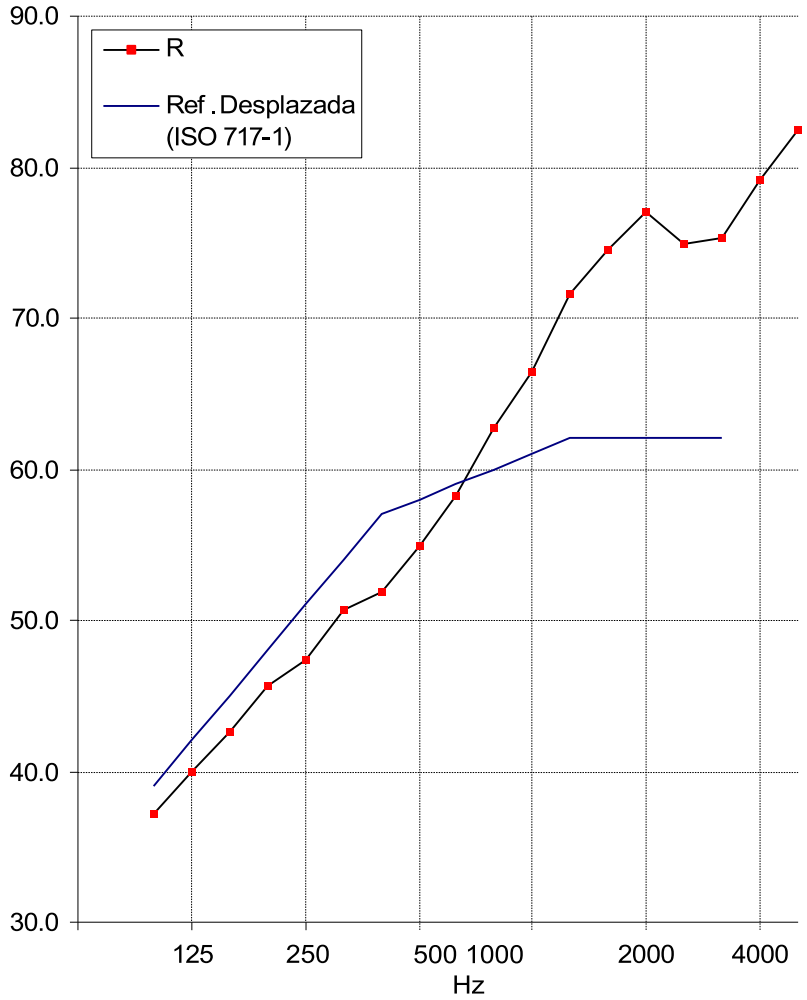
Expediente número: 4.023.842. Página número: 11

Muest r a ensayada **TECOWOB**

Forjado base con cámara de aire de 15 mm y una placa de yeso laminado de 15 mm.
(según descripción del apartado 6)

Índice de r educción sonor a, R

Índice de reducción sonora, R



Índice global de r educción sonor a ponder ado A, R:	**58.1 dBA**
Índice ponder ado de r educción sonor a, R_w ($C_{100-5000}$; $C_{tr,100-5000}$):	**58 (0 ; -6) dB**

dB

8.2. Ensayo 2

Frecuencia (Hz)	R (dB)	Incert id umb re ±U
100	37.2	5.5
125	39.9	5.5
160	42.6	3.5
200	45.6	3.0
250	47.4	3.0
315	50.6	2.5
400	51.8	2.5
500	55.0	2.5
630	58.2	2.0
800	62.7	2.0

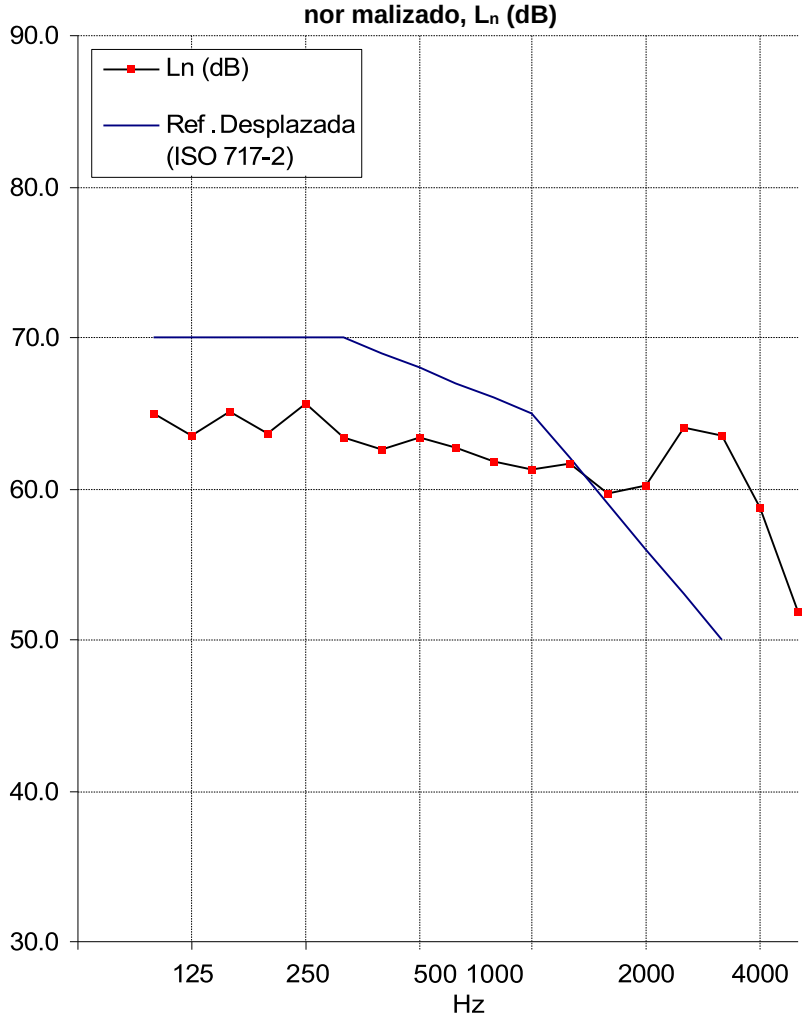
1000	66.5	1.5
1250	71.5	2.0
1600	74.5	2.5
2000	77.1	2.5
2500	74.9	2.5
3150	75.3	2.5
4000	79.1	2.5
5000	82.4	2.5

Muest r a ensayada **TECOWOB**

Forjado base con cámara de aire de 15 mm y una placa de yeso laminado de 15 mm.
(según descripción del apartado 6)

Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado, L_n (dB)

Nivel de presión de ruido de impact os normalizado, L_n (dB)



Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado A, $L_{n,A}$:	**72 .7 dBA**
Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado, $L_{n,w}$ (C_i):	**68 (-8) dB**

dB

Frecuencia (Hz)	L_n (dB)	Incert id umb re ±U
100	65.0	4.5
125	63.5	4.0
160	65.0	3.5
200	63.7	3.5
250	65.7	3.5

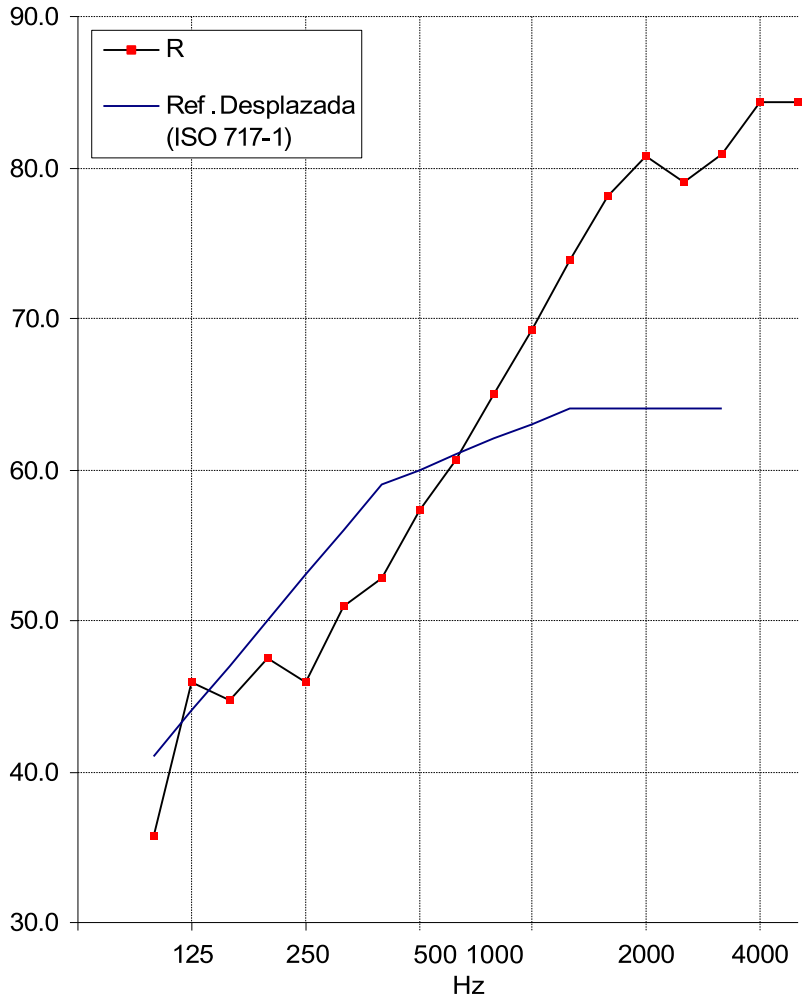
315	63.4	3.5
400	62.6	3.5
500	63.3	3.5
630	62.8	3.5
800	61.8	3.5
1000	61.3	2.5
1250	61.7	2.5
1600	59.7	3.5
2000	60.1	4.0
2500	64.0	5.0
3150	63.6	5.0
4000	58.8	5.0
5000	51.8	5.0

Expediente número: 4.023.842. Página número: 13

Muest r a ensayada **TECOWOB**

Forjado base con cámara de aire de 15 mm y dos placas de yeso laminado de 15 mm. (según descripción del apartado 6)

Índice de r educción sonor a, R



Índice global de r educción sonor a ponder ado A, R:	**59.0 dBA**
Índice ponder ado de r educción sonor a, R_w ($C_{100-5000}$; $C_{tr,100-5000}$):	**60 (- 1 ; -7) dB**

dB

8.3. Ensayo 3

Frecuencia (Hz)	R (dB)	Incert id umb re ±U
100	35.7	5.5

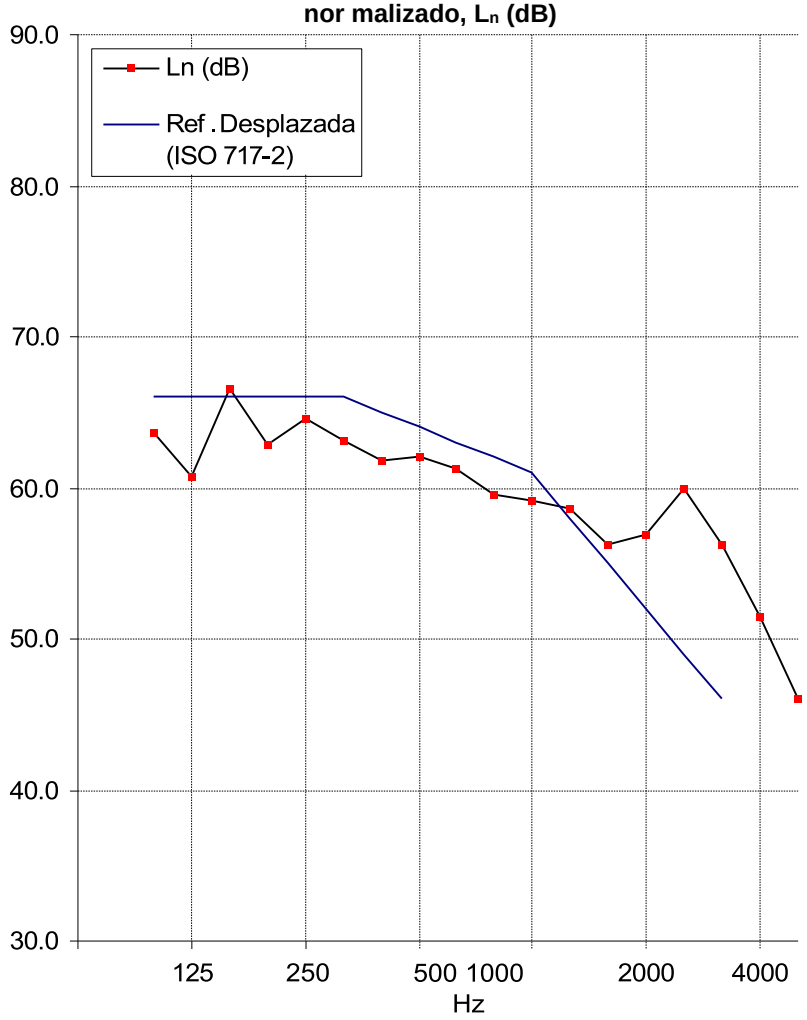
125	45.9	5.5
160	44.7	3.5
200	47.5	3.0
250	45.9	3.0
315	50.9	2.5
400	52.8	2.5
500	57.3	2.5
630	60.6	2.0
800	65.0	2.0
1000	69.2	1.5
1250	73.8	2.0
1600	78.1	2.5
2000	80.7	2.5
2500	78.9	2.5
3150	80.9	2.5
4000	84.3	2.5
5000	84.4	2.5

Muest r a ensayada **TECOWOB**

Forjado base con cámara de aire de 15 mm y dos placas de yeso laminado de 15 mm.
(según descripción del apartado 6)

Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado, L_n (dB)

Nivel de presión de ruido de impact os normalizado, L_n (dB)



Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado A, $L_{n,\ A}$:	**69.6 dBA**
Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado, $L_{n,\ w}$ (C_I):	**64 (-5) dB**

dB

Frecuencia (Hz)	L_n (dB)	Incert id umb re ±U
100	63.7	4.5
125	60.8	4.0
160	66.5	3.5
200	62.8	3.5
250	64.5	3.5
315	63.1	3.5
400	61.7	3.5
500	62.1	3.5
630	61.3	3.5
800	59.5	3.5
1000	59.2	2.5
1250	58.6	2.5
1600	56.3	3.5
2000	56.9	4.0
2500	60.0	5.0
3150	56.2	5.0
4000	51.5	5.0
5000	46.0	5.0

Enric Font Piqué Xavier Costa Guallar
Director del Centro de Construcción Responsable de Acústica LGAI Technological Center S.A.
LGAI Technological Center S.A.

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus+CTC y ensayado en las condiciones indicadas en este documento

Bellaterra: 6 de Mayo de 2004

Expediente número: 4.011.171 M1

Referencia peticionario: TECOWOB IBÉRICA, S.A.
José Abascal, 44, 4º D
28003 MADRID

ENSAYO SOLICITADO: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo, según la norma UNE-EN ISO 140-3:1995, y del aislamiento al ruido de impactos, según norma UNE-EN ISO 140-6:1999 de un forjado.

FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: 9 de Febrero de 2004

La reproducción del presente documento sólo está autorizada si se hace en su totalidad. Sólo tienen validez legal los informes con firma original o sus copias

Descripción de la modificación: Corrección de los datos del peticionario.
Este informe sustituye y anula el informe 4.011.171 de fecha 25 de Marzo de 2004.

1.- OBJETIVO DE LA MEDICIÓN

Medición del índice de reducción sonora al ruido aéreo según la norma UNE-EN ISO 140-3:1995 y de la transmisión del ruido de impactos a través de la partición horizontal descrita en el apartado 6 de este expediente.

2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos usados para realizar las mediciones acústicas son las siguientes:

- Analizador nº id: 103083
- Calibrador nº id: 103034
- Micrófonos nº id: 103092, 103062
- Fuente de ruido nº id: 103098
- Amplificador de potencia nº id: 103097
- Máquina de impactos: nº id: 103051
- Termohigrómetro nº id: 103019
- Flexómetro nº id: 103095

3.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

3.1. MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realiza según el procedimiento de trabajo PT-103.009 de Applus+CTC, basado en la norma UNE-EN ISO 140-3:1995, “Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción”.

Para medir el aislamiento al ruido aéreo entre dos salas con una separación común, ya sea vertical u horizontal, se genera un nivel de presión acústica en una de ellas, llamada sala emisora, suficientemente elevado como para que el nivel en la otra sala, llamada sala receptora, supere en 10 dB como mínimo el ruido de fondo (ruido ambiental) en todas las bandas frecuenciales dentro del margen de estudio. Si el nivel medido no supera el ruido de fondo como mínimo en 10 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

Se mide el nivel de ruido en la sala emisora en diferentes puntos y se promedia. A continuación se repite esta operación en la sala receptora. De estos dos niveles promediados se puede obtener la diferencia de niveles D:

$$D = L_1 - L_2$$

dónde:

- L_1 es el nivel medio de presión acústica en la sala emisora.
- L_2 es el nivel medio de presión acústica en la sala receptora (con la corrección del nivel de ruido de fondo si es necesario).

Esta diferencia de niveles se ha de corregir mediante un factor que depende del tiempo de reverberación, del volumen de la sala receptora y de la superficie común de separación que hay entre las dos salas. Así se obtiene el índice de aislamiento acústico R:

dónde:

$R = L_1$

$- L_2$

$+ 10 \text{ Log } ($

$\frac{S\,T}{0.163\,V})$

- S es la superficie de la muestra.
- T es el tiempo de reverberación de la sala receptora. El tiempo de reverberación de la sala se define como el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica medido disminuya 60 dB una vez parada la fuente de ruido.
- V es el volumen de la sala receptora.

3.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE GLOBAL DE REDUCCIÓN SONORA PONDERADO A

El índice global de reducción sonora ponderado A definido en la NBE-CA-88 se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = 10 \text{ Log } \left(\sum_i 10^{(L_{ni}+K_{Ai})/10}\right) - 10 \text{ Log } \left(\sum_i 10^{(L_{ni}-R_i+K_{Ai})/10}\right)$$

dónde:

- L_{ni} es el valor de presión acústica del espectro normalizado (igual en todas las bandas, por ejemplo 100 dB).
- R_i es el valor del índice de aislamiento acústico medido en cada banda frecuencial.
- K_{Ai} es el valor de la ponderación A en cada banda frecuencial.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
K_{Ai}	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
K_{Ai}	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0	0,6
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
K_{Ai}	1	1,2	1,3	1,2	1	0,5

Tabla 3.1: Valores que toma K_{Ai} para cada banda frecuencial en tercios de octava

3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN SONORA R_w

El índice de aislamiento R_w se define en la norma UNE-EN ISO 717-1:1997 como el valor, en decibelios, que toma el espectro de referencia (ver tabla 3.2) a la frecuencia de 500 Hz, después de desplazarlo tal y como se explica a continuación.

Para evaluar los resultados de una medida de R (aislamiento acústico por frecuencia en bandas de tercio de octava), el espectro de referencia se desplaza en saltos de 1 dB (positivo o negativo) hacia la curva medida mientras la suma de desviaciones desfavorables, en el margen frecuencial entre 100 y 3500 Hz, sea lo mayor posible pero sin superar los 32,0 dB. Una desviación desfavorable, a una determinada banda frecuencial, se da cuando el resultado de la medición es menor que el valor de la curva de referencia en aquella banda.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
Ref.	33	36	39	42	45	48
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
Ref.	51	52	53	54	55	56
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ref.	56	56	56	56	56	56

Tabla 3.2: Valores que toma la curva de referencia para cada banda frecuencial en tercios de octava

$C_{100\text{-}5000}$ y $C_{tr,100\text{-}5000}$ son los términos de adaptación espectral según se definen en la norma UNE-EN ISO 717-1:1997

4.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS.

4.1. MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realiza según la norma UNE-EN ISO 140-6:1999, “Mediciones en laboratorio del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos”.

El procedimiento de ensayo se basa en medir, para cada banda frecuencial dentro del margen de estudio, el nivel de presión acústica existente en el interior del local inferior (sala receptora), al excitar mediante una máquina de impactos normalizada, el paramento horizontal que lo separa del local superior (sala emisora). La máquina de impactos se coloca en un mínimo de 4 puntos y se han de realizar un mínimo de 6 mediciones del nivel de ruido en la sala receptora.

Si el nivel medido no supera el ruido de fondo (nivel de ruido ambiental dentro de la sala receptora con la maquina de impactos apagada) como mínimo en 10 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

A este nivel medio de presión acústica se le añade un término que depende del tiempo de reverberación y del volumen de la sala receptora, obteniéndose el nivel de presión de ruido de impactos normalizado, L_n:

L_{ni}

$= L_i$

$+ 10 \text{ Log } \left(\frac{A}{A_0} \right)$

dónde:

- L_i es el nivel medio de presión de ruido de impactos, con corrección de ruido de fondo si es necesario, a cada banda frecuencial,
- A_0 es el área de absorción sonora equivalente de referencia,10 m²,
- A es el área de absorción sonora equivalente, que se calcula:

$$A = \frac{0.16\ V}{T}$$

dónde:

- V es el volumen de la sala receptora.
- T es el tiempo de reverberación de la sala receptora. Dicho parámetro se define como el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica medido disminuya 60 dB una vez parada la fuente de ruido.

4.2. NIVEL GLOBAL DE RUIDO DE IMPACTOS NORMALIZADO PONDERADO A

El nivel global de ruido de impactos ponderado A, según se define en la norma NBE-CA 88 se calcula mediante la siguiente fórmula:

dónde:

$$L = 10 \text{ Log } \left(\sum_{i} 10^{(L'_{ni} + K_{Ai})/10} \right)$$

- L_{ni} es el nivel de presión de ruido de impactos normalizado a cada banda de tercio de octava.
- K_{Ai} es el valor de la ponderación A en cada banda frecuencial.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
K_{Ai} (dB)	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
K_{Ai} (dB)	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0	0,6
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
K_{Ai} (dB)	1	1,2	1,3	1,2	1	0,5

4.3. NIVEL NORMALIZADO PONDERADO DE LA PRESIÓN SONORA DE IMPACTOS, $L_{n,w}$

En la norma UNE-EN ISO 717-2:1997 se define una magnitud global para la valoración del aislamiento a ruido de impactos derivada de una medición por bandas de tercio de octava. Dicha magnitud es el nivel normalizado ponderado de la presión sonora de impactos ($L'_{n,w}$) y se define como el valor, en decibelios, que toma el espectro de referencia (ver tabla) a la frecuencia de 500 Hz, después de desplazarlo tal y como se explica a continuación.

Para evaluar los resultados de una medición de L_n (aislamiento acústico por frecuencia en bandas de tercio de octava), el espectro de referencia se desplaza en saltos de 1 dB (positivo o negativo) hacia la curva medida, mientras la suma de desviaciones desfavorables, en el margen frecuencial entre 100 y 3150 Hz, sea lo mayor posible pero sin superar los 32,0 dB. Se produce una desviación desfavorable, a una determinada banda frecuencial, cuando el resultado de la medición supera al valor de la curva de referencia en aquella banda.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500
Ref. (dB)	62	62	62	62	62	62	61	60
frec. (Hz)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ref. (dB)	59	58	57	54	51	48	45	42

Valores iniciales de la curva de referencia para cada banda frecuencial, en tercios de octava

C_I es el término de adaptación espectral tal y como se define en UNE-EN ISO 717-2:1997

5.- DESCRIPCIÓN DE LAS SALAS DE ENSAYO Y LA MÁQUINA DE IMPACTOS

Las salas de ensayo son paralelepipédicas y sus dimensiones interiores son:

Sala	Largo	Ancho	Alto
Superior	418	318	382
Inferior	416	317	517

En el ensayo de aislamiento al ruido aéreo, la sala inferior actúa de emisora y la superior de receptora; en el ensayo de aislamiento al ruido de impactos la sala inferior es la receptora, mientras que la superior no influye en el ensayo.

La máquina de impactos normalizada mide 54,5 × 20 cm de largo y ancho respectivamente. Su altura oscila entre 24 y 22 según como se ajusten los 3 soportes sobre los que se apoya. La carcasa exterior es de madera y los 5 martillos son metálicos.

6.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ENSAYADA

Se ha construido un forjado unidireccional con bovedillas de EPS (57x52x15) y de canto 25+5+5 cm, apoyado en un zuncho perimetral de 25 mm, la dimensión del forjado es de 380 cm de ancho x 480 cm de largo y está formado por un mallazo de 15x30, de diámetro 6 mm, y nervios compuestos cada uno de ellos

por dos varillas de diámetro 12 mm, dos varillas de diámetro 10 mm y dos negativos de 1,10 m. El forjado incorpora un falso techo formado por una placa de yeso de 15 mm, atornillada directamente al tablero, denominado TECOWOB, multifunción para forjados con nervios hormigonados in situ de EPS de 10 mm de espesor, el cual incorpora unos perfiles metálicos.

El tipo de hormigón utilizado en el ensayo es el 25/B/20/2, con una capa de compresión de 5 cm y una de nivelación de 5 cm, de tal manera que el conjunto tiene un espesor de 35 cm.

El montaje y realización del forjado se ha realizado según instrucciones del peticionario en las instalaciones de Applus+ CTC

Expediente número: 4.011.171 M1 Página número: 9

La parte de la muestra vista desde las salas de ensayo es de 417*319 cm, lo que hace una superficie de 13.3 m².

Expediente número: 4.011.171 M1 Página número: 10

7.- CONDICIONES DEL ENSAYO

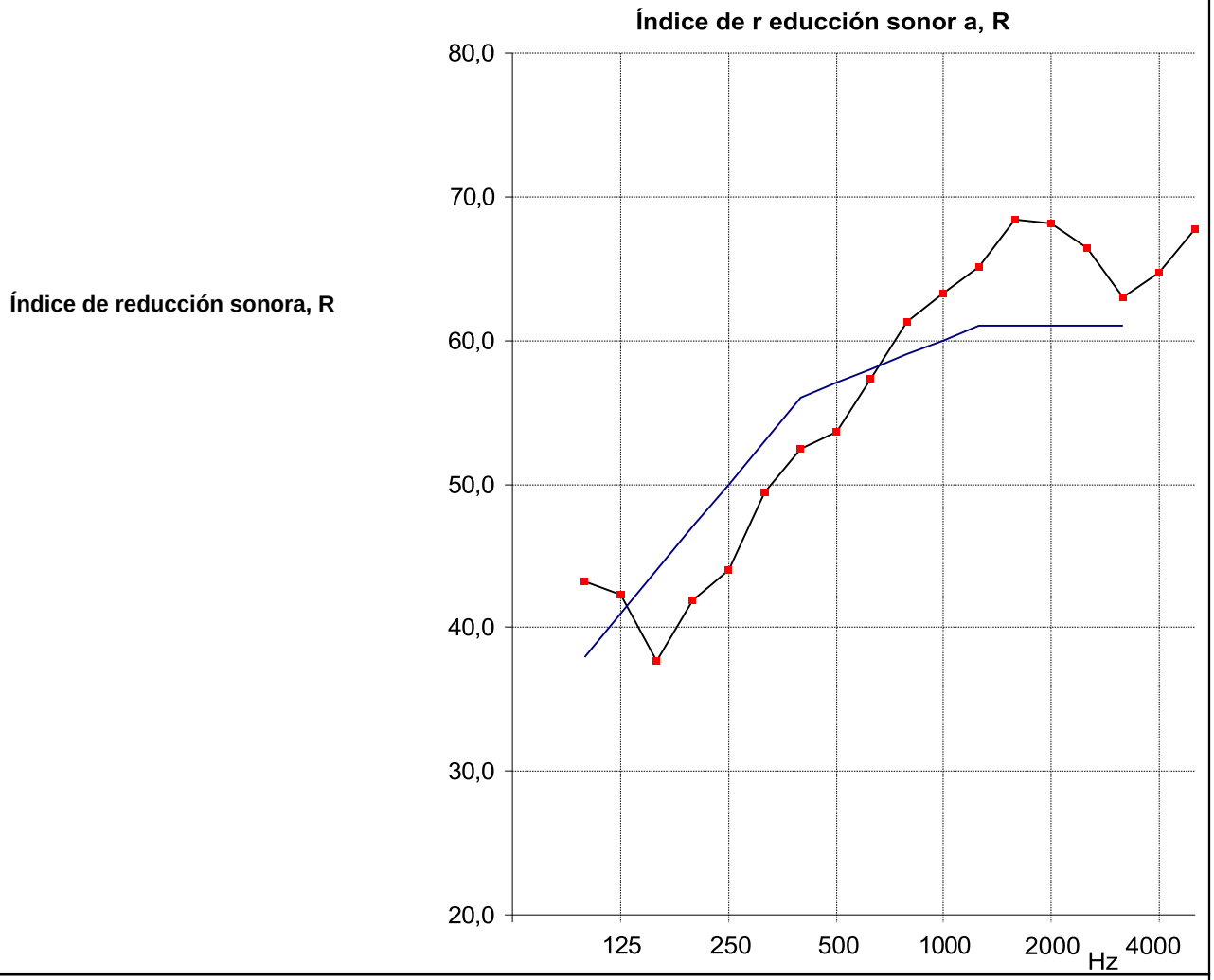
	Sala Inferior	**Sala Superior**
Condiciones ambientales:	Temperatura: 15 ºC	Temperatura: 12 ºC
	Humedad: 62 %	Humedad: 74 %
Volumen sala ensayo:	69.2 m^3	50.5 m^3

Para el ensayo de aislamiento al ruido aéreo, la sala inferior es la emisora y la superior la receptora. En el ensayo de aislamiento a ruido de impactos, se impacta directamente sobre la muestra, actuando la sala inferior como sala receptora.

Expediente número: 4.011.171 M1 Página número: 11

Muest r a ensayada

For jado TECOWOB
(según descripción del apart ado 6)



Índice global de r educción sonor a ponder ado A, R:	**56,0 dBA**
Índice ponder ado de r educción sonor a, R_w ($C_{100\text{-}5000}$; $C_{t\,r,100\text{-}5000}$):	**57 (- 1 ; - 6) dB**

8.- RESULTADOS

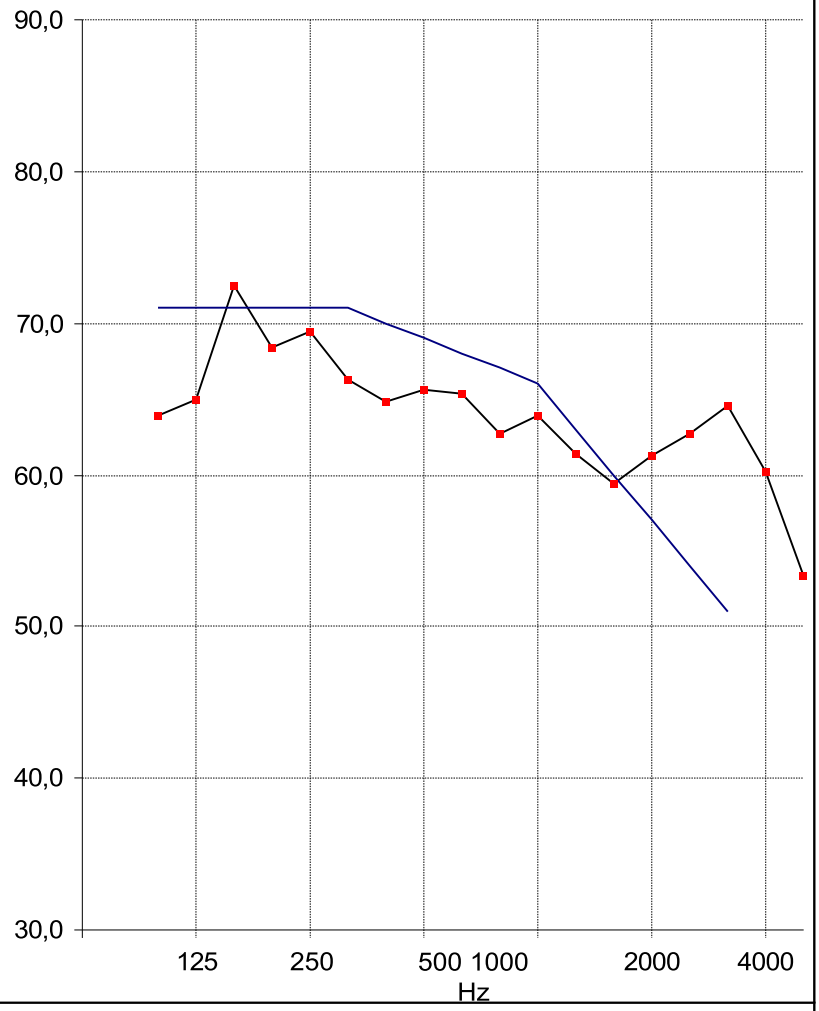
Frecuencia (Hz)	R (dB)	Incertidumbre ±U
100	43,3	5,5
125	42,2	5,5
160	37,7	3,5
200	41,9	3,0
250	44,0	3,0
315	49,4	2,5
400	52,4	2,5
500	53,6	2,5
630	57,3	2,0
800	61,3	2,0
1000	63,2	1,5
1250	65,1	2,0
1600	68,4	2,0
2000	68,2	2,0
2500	66,4	2,0
3150	63,0	2,0
4000	64,7	2,0

5000	67,7	2,0

Muest r a ensayada

For jado TECOWOB
(según descr ipción del apart ado 6)

Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado, L_n (dB)



Nivel de presión de ruido de impact os normalizado, L_n (dB)

Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado A, $L_{n,\ A}$: **74 ,0 dBA**

Nivel de pr esión de r uido de impact os nor malizado ponder ado, $L_{n,\ w}$ (C_i): **69 (- 6) dB**

dB

Expediente número: 4.011.171 M1 Página número: 12

Frecuencia (Hz)	L_n (dB)	Incertidumbre ±U
100	63,9	4,5
125	64,9	4,0
160	72,4	3,5
200	68,3	3,5
250	69,5	3,5
315	66,3	3,5
400	64,8	3,5
500	65,7	3,5
630	65,4	3,5
800	62,7	3,5
1000	63,9	2,5
1250	61,4	2,5
1600	59,5	3,5
2000	61,3	4,0
2500	62,7	5,0

3150	64,5	5,0
4000	60,3	5,0
5000	53,3	5,0

Enric Font Piqué Xavier Costa Guallar
Director del Centro de Construcción Responsable de Acústica LGAI Technological Center S.A.
LGAI Technological Center S.A.

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus+CTC y ensayado en las condiciones indicadas en este documento

9.- ANNEXO FOTOGRÁFICO.

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus+CTC y ensayado en las condiciones indicadas en este documento

Fotografía 1. Detalle de la preparación de la muestra antes del hormigonado

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus+CTC y ensayado en las condiciones indicadas en este documento

Fotografía 2. Detalle del forjado después del hormigonado

Fotografía 3. Colocación de la placa de yeso en la parte inferior del forjado

Fotografía 4. Detalle de la cara inferior del forjado recubierta de placa de yeso laminado

c. Informe APPLUS de resistencia mecánica

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Bellat erra, 9 de Marzo de 2.004

Expedient e nº : **4008812**

Peticionario : **TECOWOB IBERICA, S.A.**

C/ José Abascal, 44 4º D

28003 MADRID

ANTECEDENTES:

Se t rata de un encofrado perdido para la elaboración de forjados de hormigón armado en const rucción realizado con poliestireno expandido en molde.(EPS)

El sistema de encofrado perdido está compuesto en dos partes tal como una bandeja inferior y un cuerpo superior que encaja en la bandeja y que tiene la altura necesaria y variable en función del canto del forjado a ejecutar.

La bandeja inferior de formato 80 x 80 cm. posee machihembrados laterales para el encaje con las bandejas lindantes y tiene a su vez, en la cara inferior, dos rast reles metálicos galvanizados en for ma de omega, y de 60 cm. de longitud. Los rast reles están separados entre sí 40 cm. por lo que su diseño en planta ofrece unas líneas discontinuas paralelas.

La función de est os rast reles será la de fijar diversos element os, con t ornillos aut orroscables, tales como piezas de falso techo de placa de cartón - yeso laminado, lámparas, et c.

ASUNTO SOLICITADO:

Con el fin de conocer el comportamiento a t racción de un tornillo anclado en diferentes alojamientos de la guía metálica se solicita un ensayo de puest a en carga y t racción puntual del perfil metálico embebido en la placa base de poliestireno que lo contiene y realizado en un forjado tipo acabado tal como estaría en obra. Es decir, se ha dispuesto de los encofrados perdidos como si de una ejecución de ob ra nueva se t rat ase y se ha const ruido un forjado.

Mencionado forjado tiene unas dimensiones de 4 x 3 m. por lo que la modulación de los tableros de 80 x 80 cm. corresponde a 4 placas enteras con 2 medias en los ext remos en un sentido y de 3 placas y un trozo de 60 cm. por otro lado.

Se pretende realizar ensayos de carga a t racción en un perfil de dos placas diferentes según su ubicación en planta.

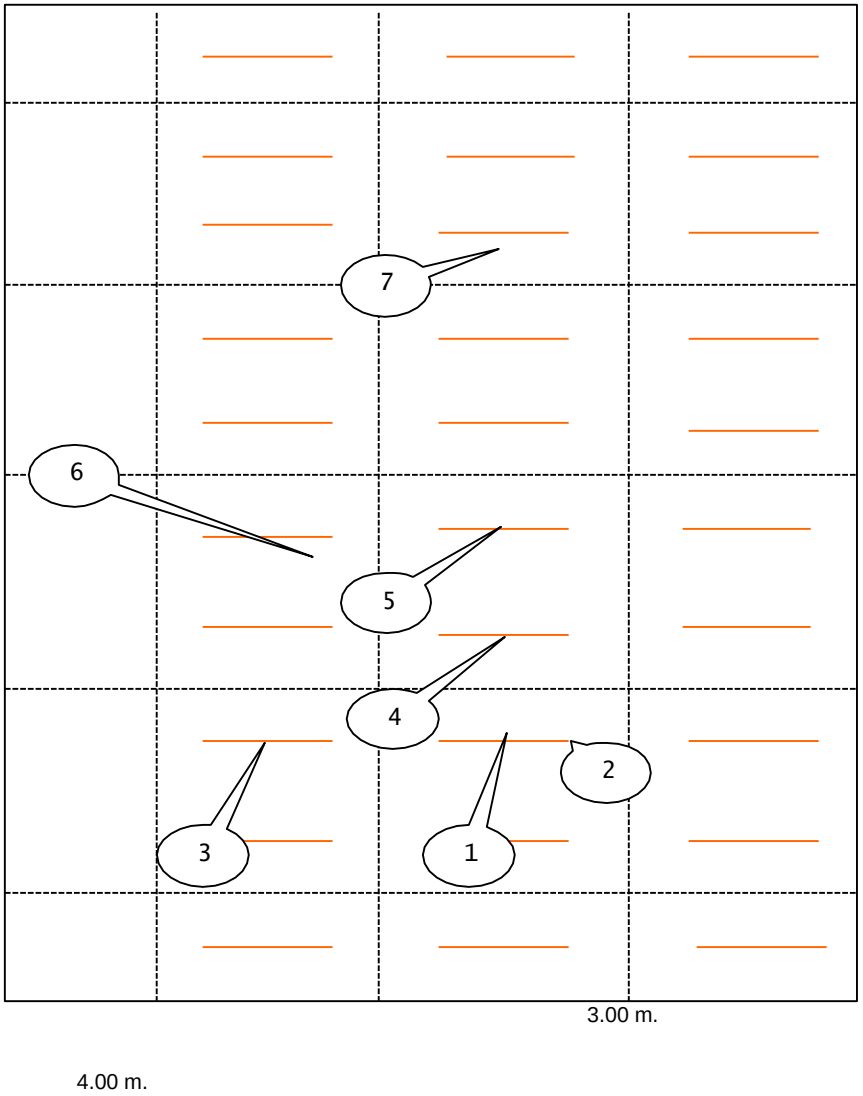
En la parte inferior del forjado, es decir lo que configura un techo, se ha montado un sist ema de compar adores para medir la deformación debida a la carga impuesta en los tornillos anclados en el perfil omega. La carga se realiza con arena de masa conocida de manera gradual y tomando las medidas de la deformación en cada escalón de carga.

La reproducció n del presente documento, sólo está autorizada si se realiza en su totalidad.

RESULTADO:

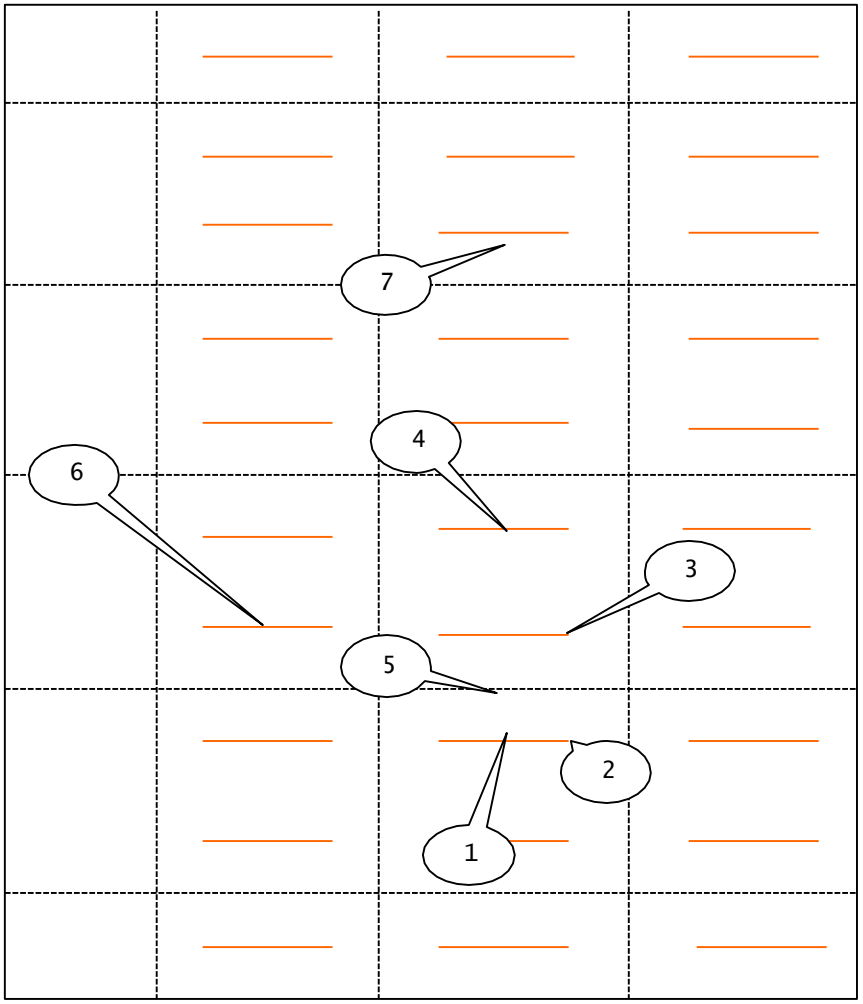
El ensayo se ha dividido en dos casos. El primer caso (A) qu e corresponde al ensayo de una guía de una de las placas de base. El segundo caso (B) que corresponde al ensayo de una guía vecina pero de ot ra placa base de EPS. En cada uno de los casos (A y B) se ha ensayado a t racción tanto en el ext remo de la guía (p unt os 2 y 3 respect ivament e) como en el cent ro de la misma (punt os 1 y 5 respect ivament e) t al como se dist ingue en los croquis de planta que se adjuntan para cada uno de los casos. Los demás puntos corresponden a localizaciones donde se toman las medidas de las deformaciones además de los ant eriores. Evidentemente la deformación máxima se contempla en el punto donde se aplica la carga.

PLANTA CASO A



Los puntos 1, 4, 5 y 7 corresponden al centro de guía metálica. El punto 2 corresponde a ext remo de guía. Los puntos 3 y 6 están situados a 1 met ro del punto 1. El punto 7 está situado a 1 met ro del punto 5. Cada cuadro de líne as discontinuas corresponde a un módulo de la placa base de EPS. Las líneas rojas son las guías metálicas embebidas.

PLANTA CASO B



3.00 m.

4.00 m.

Los puntos 1, 4 5 y 7 corresponden al cent ro de guía metálica. El punto 2 y 3 corresponde a ext remo de guía. El punto 6 está situado a 1 met ro del punto 5. El punto 7 está situado a 1 met ro del punto 4. Cada cuadro de líneas discontinuas corresponde a un módulo de la placa base de EPS. Las líneas rojas son las guías metálicas embebidas.

De est a manera se aplica la carga en los punt os:

Caso	Cent ral guía	Ext remo guía
A	1	2
B	5	3

que corresponde a los puntos con may or desplazamiento.

Expediente : 4008812 Página: 4

Las deformaciones para el caso A con carga en cent ro guía, punto 1 son:

Kg comparadores A1

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0	0,07	0	0	0
2	0	0	0	0,07	0	0	0
3	0	0	0	0,08	0	0	0
4	0	0	-0,01	0,08	0	0	0
5	0,09	0,01	-0,02	0,08	0	0	0

6	0,11	0,01	-0,02	0,08	0	0	0
7	0,13	0,01	-0,02	0,08	0	0	0
8	0,16	0,03	-0,02	0,08	0	0	0
9	0,18	0,04	-0,02	0,08	0	0	0
10	0,21	0,05	-0,02	0,09	0	0	0
11	0,25	0,06	-0,03	0,09	0	0	0
12	0,28	0,07	-0,03	0,09	0	0	0
13	0,32	0,09	-0,03	0,09	0	0	0
14	0,36	0,1	-0,03	0,09	0	0	0
15	0,38	0,11	-0,03	0,09	0	0	0
16	0,42	0,12	-0,03	0,1	0	0	0
17	0,44	0,12	-0,03	0,1	0	0	0
18	0,47	0,13	-0,03	0,1	0	0	0
19	0,49	0,14	-0,03	0,11	0	0	0
20	0,52	0,15	-0,03	0,11	0	0	0
21	0,55	0,15	-0,04	0,11	0	0	0
22	0,58	0,16	-0,04	0,11	0	0	0
23	0,61	0,17	-0,04	0,12	0	0	0
24	0,66	0,18	-0,04	0,12	0	0	0
25	0,69	0,19	-0,04	0,12	0	0	0
26	0,73	0,2	-0,04	0,12	0	0	0
27	0,76	0,21	-0,04	0,14	0	0	0
28	0,79	0,22	-0,04	0,14	0	0	0
29	0,82	0,23	-0,04	0,14	0	0	0
30	0,84	0,23	-0,04	0,15	0	0	0
30	0,86	0,25	-0,04	0,15	0	0	0

Expediente : 4008812 Página: 5

Kg

Las deformaciones para el caso A con carga en ext remo guía, punto 2 son:

comparadores A 2

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0,01	0	0	0	0	0
2	0	0,04	0	0	0	0	0
3	0	0,07	0	0	0	0	0
4	0	0,08	0	0	0	0	0
5	0	0,1	0	0	0	0	0
6	0	0,12	0	0	0	0	0
7	0	0,14	0	0	0	0	0
8	0	0,16	0	0	0	0	0
9	0,01	0,18	0	0	0	0	0
10	0,01	0,2	0	0	0	0	0
11	0,01	0,22	0	0	0	0	0
12	0,01	0,24	0	0	0	0	0
13	0,01	0,26	-0,01	0	0	0	0
14	0,01	0,28	-0,01	0	0	0	0
15	0,02	0,3	-0,01	0	0	0	0
16	0,02	0,32	-0,01	0	0	0	0
17	0,03	0,34	-0,01	0	0	0	0
18	0,03	0,37	-0,01	0	0	0	0
19	0,04	0,39	-0,01	0	0	0	0
20	0,04	0,42	-0,01	0	0	0	0
21	0,05	0,44	-0,01	0	0	0	0

22	0,05	0,47	-0,01	0	0	0	0
23	0,06	0,5	-0,01	0	0	0	0
24	0,06	0,53	-0,01	0	0	0	0
25	0,08	0,57	-0,01	0	0	0	0
26	0,09	0,6	-0,01	0	0	0	0
27	0,09	0,63	-0,01	0	0	0	0
28	0,1	0,67	-0,01	0	0	0	0
29	0,11	0,7	-0,01	0	0	0	0
30	0,12	0,76	-0,01	0	0	0	0
30	0,17	0,92	-0,01	0	0	0	0

Expediente : 4008812 Página: 6

Kg

Las deformaciones para el caso B con carga en cent ro guía, punt o 5 son:

comparadores B 1

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0	0	0	0	0
2	-0,03	0	0	0	0	0	0
3	-0,04	0	0	0	0,01	0	0
4	-0,04	0	0	0	0,02	0	0
5	-0,03	0	0,01	0	0,04	0	0
6	-0,03	0,01	0,01	0	0,05	0	0
7	-0,02	0,01	0,01	0	0,06	-0,01	0
8	-0,01	0,01	0,02	0	0,08	-0,01	0
9	0	0,01	0,03	0	0,1	-0,01	0
10	0,01	0,01	0,04	0	0,12	-0,01	0
11	0,01	0,01	0,05	0	0,14	-0,01	0
12	0,02	0,01	0,06	0	0,16	-0,01	0
13	0,02	0,01	0,07	0	0,19	-0,01	0
14	0,03	0	0,08	0	0,22	-0,02	0,01
15	0,03	0	0,1	-0,01	0,24	-0,02	0,01
16	0,03	0	0,11	-0,02	0,26	-0,02	0,01
17	0,03	0	0,12	-0,02	0,29	-0,02	0,01
18	0,03	0	0,14	-0,02	0,32	-0,02	0,01
19	0,03	0	0,15	-0,03	0,34	-0,02	0,01
20	0,03	0	0,17	-0,03	0,37	-0,02	0,01
21	0,03	0	0,18	-0,03	0,39	-0,02	0,01
22	0,03	0	0,2	-0,03	0,42	-0,02	0,02
23	0,03	0	0,22	-0,03	0,45	-0,02	0,02
24	0,03	0	0,23	-0,03	0,48	-0,02	0,02
25	0,03	0	0,25	-0,03	0,51	-0,03	0,02
26	0,03	0	0,27	-0,03	0,53	-0,03	0,02
27	0,03	0	0,28	-0,03	0,55	-0,03	0,02
28	0,03	0	0,29	-0,03	0,57	-0,03	0,02
29	0,03	0	0,3	-0,03	0,59	-0,03	0,02
30	0,03	0	0,32	-0,03	0,62	-0,05	0,02
30	0,03	0	0,32	-0,03	0,62	-0,05	0,021

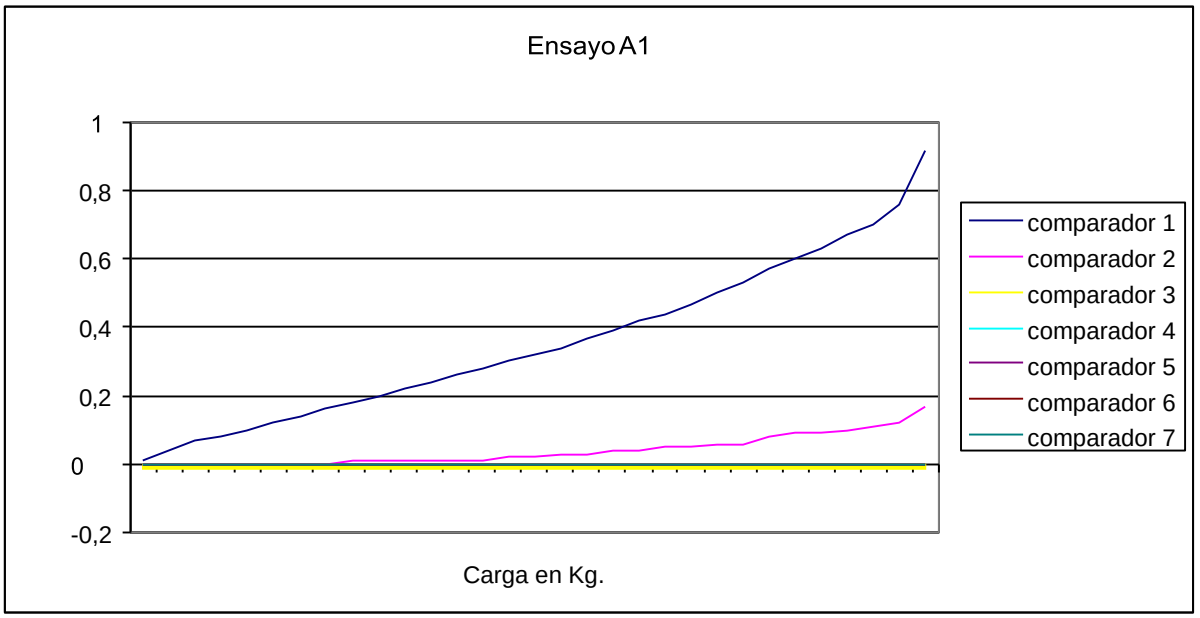
Expediente : 4008812 Página: 7

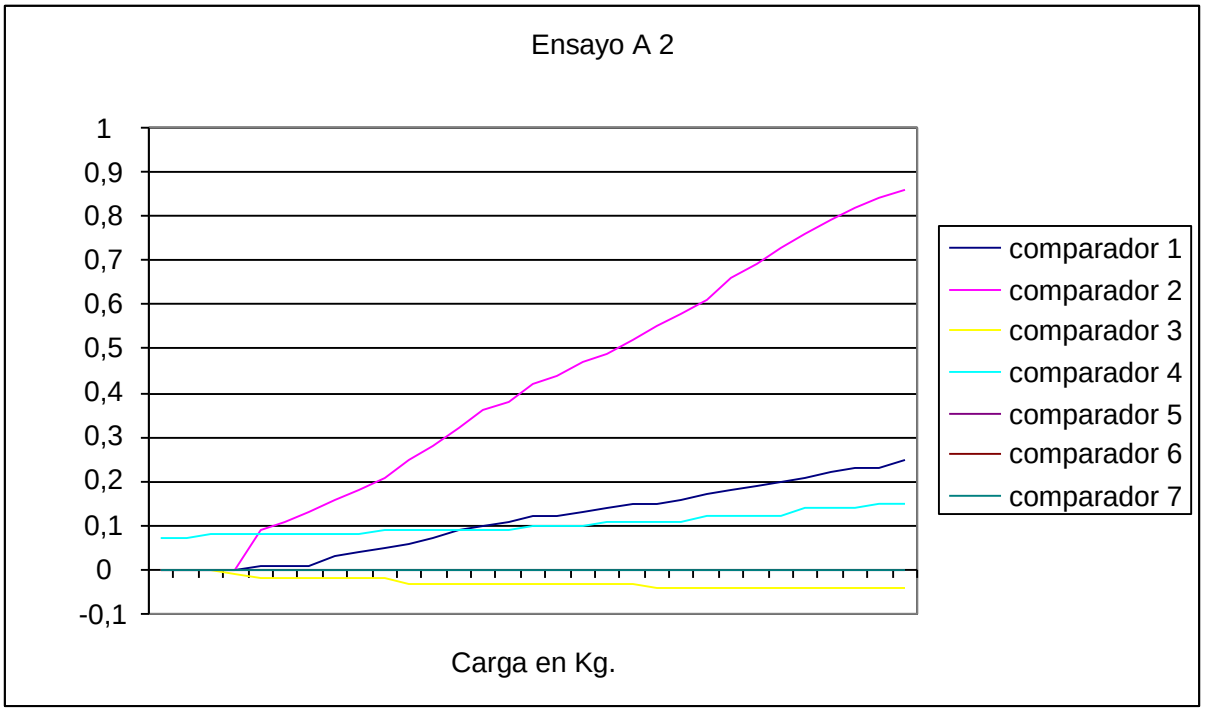
Kg

Las deformacion es para el caso B con carga en ext remo guía, punto 3 son:

comparadores B 2

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0,03	0	0	0	0
2	0	0	0,09	0	0	0	0
3	0	0	0,14	0	0	0	0
4	0	0	0,21	0	0	0	0
5	0	0	0,26	0	0	0	0
6	0	0	0,35	0	0,01	0	0
7	0	0	0,42	0	0,01	0	0
8	0	0	0,48	0	0,02	-0,01	0
9	0	0	0,55	0	0,02	-0,01	0
10	0	0	0,63	0	0,03	-0,01	0
11	0	0	0,69	0	0,04	-0,01	0
12	0	0	0,73	0	0,05	-0,01	0
13	0	0	0,77	0	0,05	-0,02	0
14	0	0	0,81	0	0,06	-0,02	0
15	0	0	0,84	0	0,07	-0,02	0
16	0	0	0,87	0	0,08	-0,02	0
17	0	0	0,92	0	0,09	-0,02	0
18	0	0	0,94	-0,03	0,1	-0,02	0
19	0	0	1	-0,01	0,11	-0,02	-0,01
20	0	0	1,07	-0,01	0,12	-0,02	-0,01
21	0	0	1,13	-0,01	0,13	-0,02	-0,01
22	0	0	1,16	-0,01	0,14	-0,02	-0,01
23	0	0	1,23	-0,01	0,15	-0,02	-0,01
24	0	0	1,27	-0,01	0,16	-0,02	-0,01
25	0	0	1,39	-0,01	0,17	-0,02	-0,01
26	0	0	1,44	-0,01	0,18	-0,03	-0,01
27	0	0	1,51	-0,01	0,21	-0,03	-0,01
28	0	0	1,55	-0,02	0,22	-0,03	-0,01
29	0	0	1,6	-0,02	0,23	-0,03	-0,01
30	0	0	1,78	-0,02	0,23	-0,03	-0,01
30	0	0	2,06	-0,02	0,3	-0,03	-0,01



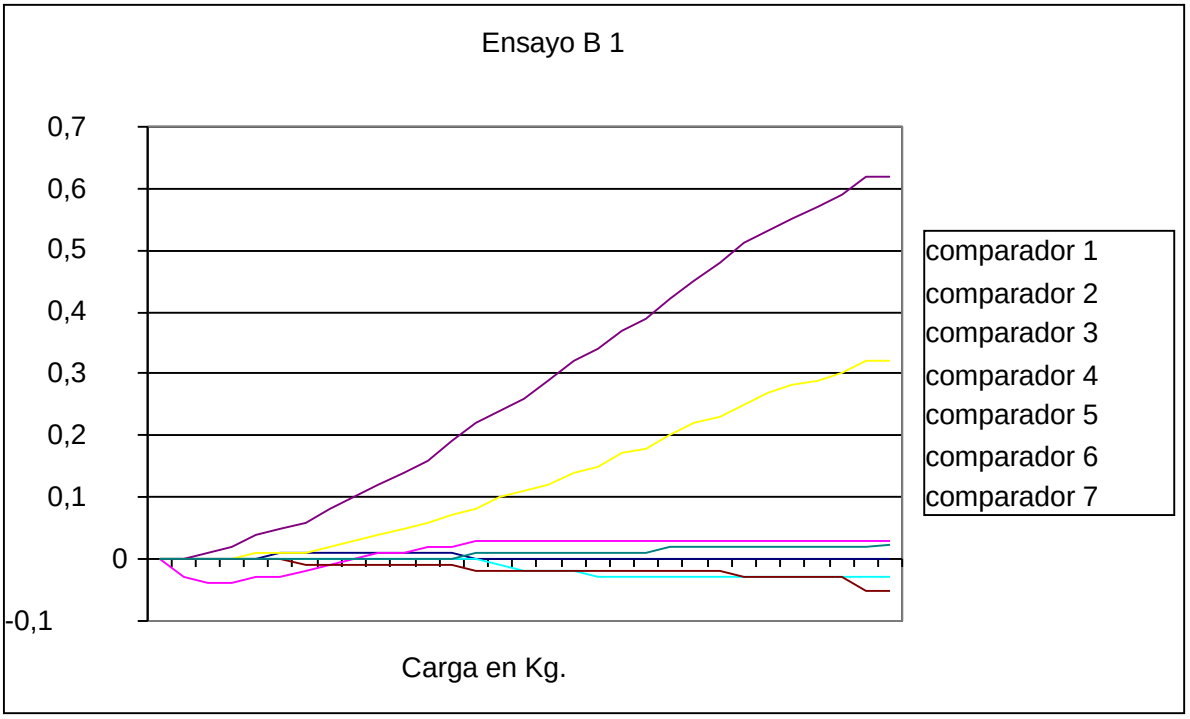


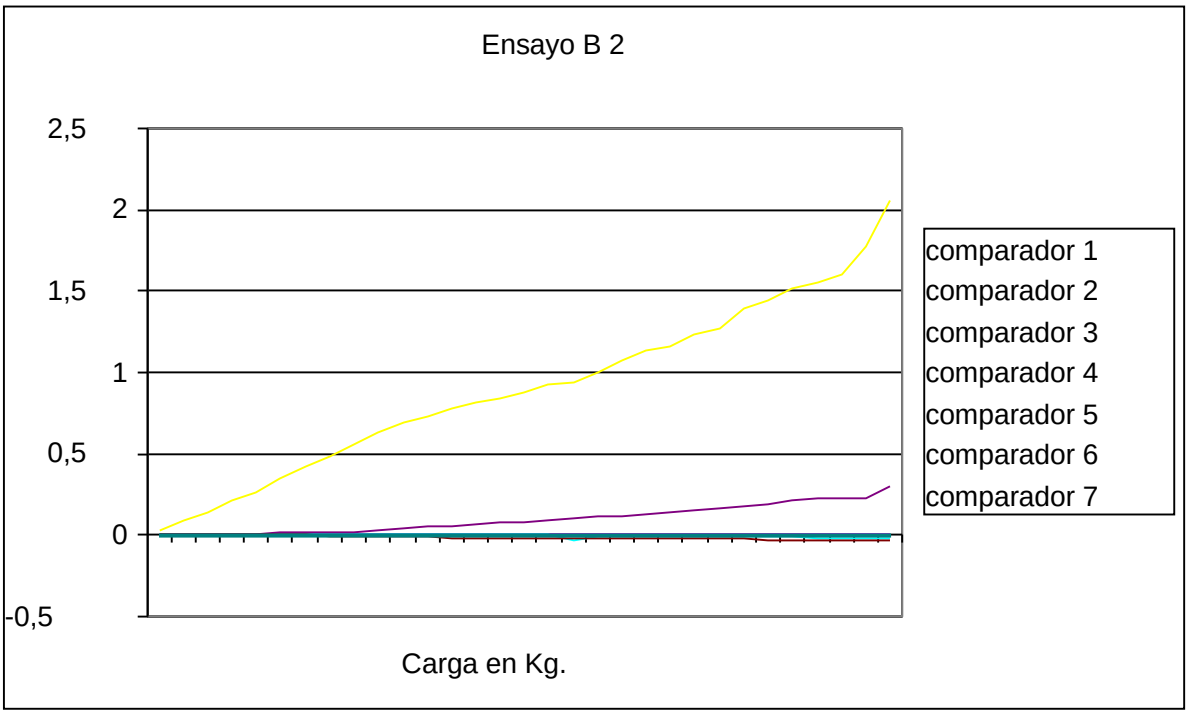
Desplazamiento en mm. Desplazamiento en mm.

1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31

1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31

Las gráficas de carga/ deformación para cada tipología de carga han sido:


Ensayo B 1
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
comparador 1
comparador 2
comparador 3
comparador 4
comparador 5
comparador 6
comparador 7
Carga en Kg.


Ensayo B 2
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
comparador 1
comparador 2
comparador 3
comparador 4
comparador 5
comparador 6
comparador 7
Carga en Kg.

1 1 Desplazamiento en mm. Desplazamiento en mm.
3 3
5 5
7 7
9 9
11 11
13 13
15 15
17 17
19 19
21 21
23 23
25 25
27 27
29 29
31 31

Además, en el caso B 2 con carga en el punto 3, ext remo de la guía, se ha aplicado una carga de 50 Kg. donde se ha llegado a la deformación de 4.24 mm.

En t odos los casos se produce una cesión de la guía- perfil durante la carga aunque no se rompe el EPS, sino que actúa como muelle, recuperando gran parte de la deformación a compresión cuando se libera la carga.

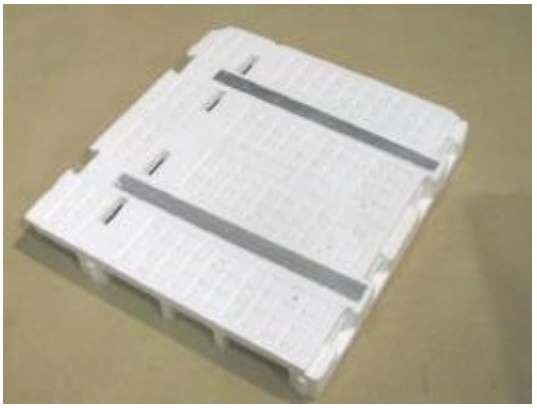
Se adjuntan fotografías del ensayo.

Probeta de techo con aplacado parcial. El ensayo se ha realizado en la zona no aplacada.

Vistas de los ensayos

Situación de comparadores directamente en las guías-perfiles

Deformación máxima de 4.24 mm con 50 Kg en extremo de guía. Las aletas de la guía comprimen el EPS. Al liberar la carga la guía recupera su posición.



En la fotografía izquierda se distingue el dorso o cara vista de la placa base con las guías. En la foto de la derecha se distingue la parte que quedará en el interior de la bovedilla para aligerar el forjado.

Enric Font i Piqué Jordi Mas i Costa
Director del Centro de Construcción. Responsable Edificación y Materiales LGAI Technological Center, S.A. LGAI Technological Center, S.A.

Los resultados especificados en este documento corresponden exclusivamente al material recibido y ensayado según las indicaciones que se presentan.

AFITI LICOF

Informe Técnico nº 0288T04

DATOS IDENTIFICATIVOS

SOLICITANTE

NOMBRE: TECOWOB IBÉRICA, S.A.

DOMICILIO: C/ José Abascal 44, 4º D
28003-MADRID

Tel.: 91 395 24 95 Fax: 91 442 48 89

MUESTRA OBJETO DE ENSAYO

Tipo de muestra: Forjado unidireccional con bovedilla de poliestireno.

Fabricante: Tecowob Ibérica, S.A.
Referencia: "TECOWOB 70/12 – 25 + 5 + 5"

Fecha de solicitud de los ensayos: 25-may-2004
Aceptación del Presupuesto de fecha 25-may-04, con referencia 0143T04-RES(01): 09-jun-2004

Fecha de recepción de la muestra: 01-jul-2004
06-jul-2004

Fecha de ensayo: 22-nov-2004

Lugar de realización del ensayo: Instalaciones de Toledo

1.- OBJETO DEL ENSAYO

Determinación y Clasificación de la Resistencia al Fuego, según la Norma UNE 23093:1981, de un forjado unidireccional realizado con bovedillas de poliestireno, denominado "TECOWOB 70/12 – 25 + 5 + 5".

2.- MUESTRA DE ENSAYO

Número de muestras recepcionadas: *Una*.

2.1.- MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

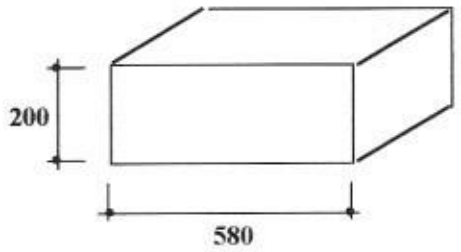
La muestra ha sido enviada y seleccionada por el solicitante.

2.2.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

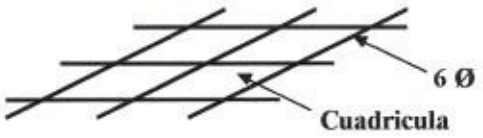
Las principales características descriptivas de la muestra han sido suministradas por el solicitante, siendo responsable de que éstas correspondan a la muestra de ensayo y a la denominación facilitada. Dicha información se incluye en el Anexo 6 del presente Informe Técnico.

Los datos comprobados por el Laboratorio han sido:

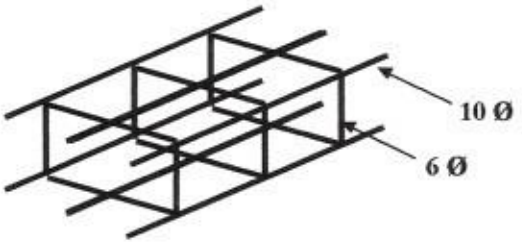
- Dimensiones totales: 2975 mm x 4390 mm.
  Canto de 38 cm (3 cm suelo de poliestireno + 25 cm nervio + 5 cm capa de compresión + 5 cm capa de nivelación).
- Tipo de hormigón: HA-25/B/20/I. Aditivos Sika Viscocrete 3040. (Verificado documentalmente según albarán de la hormigonera).
- Peso del forjado (kg): 7530
- Bovedillas:
  - Material: Poliestireno expandido
  - Dimensiones (mm): 740 (longitud) x 580 (ancho) x 200 (alto)
  - Ancho de la base (mm): 800
  - Ancho del aislamiento de la base (mm): 30
  - Unión entre bovedillas: A tope unas contra otras.



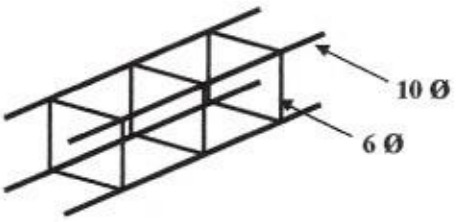
- Distancia interejes (mm): 700
- Altura separadores (mm): 30
- Nervios:
  - Número: 3
  - Sección (mm): 120 (ancho)
- Armadura:
  - Superior: 2 varillas corrugadas de ∅ 10 mm por nervio.
  - Inferior: 2 varillas corrugadas de ∅ 12 mm por nervio.
- Armadura de reparto: Varilla corrugada de ∅ 6 mm y cuadrícula de 200 mm x 300 mm.



- Zuncho de apoyo (simulando viga):
  - Sección (mm): 410 x 230 x 2920
  - Nº y diámetro de varilla (mm): 6 varillas (3 superiores, 3 inferiores) de ∅ 10 mm.
  - Diámetro de estribos (mm): ∅ 6
  - Separación entre estribos (mm): 200



- Zuncho lateral lado de 4,4 m (no apoyado en el horno haciendo función de nervio adicional):
  - Sección (mm): 120 x 240 x 4360
  - Nº y diámetro de varilla (mm): 4 varillas (2 superiores, 2 inferiores) de ∅ 10 mm.
  - Diámetro de estribos (mm): ∅ 6
  - Separación entre estribos (mm): 210



- Negativos:
  - Diámetro (mm): ∅ 10
  - Número por nervio: 2 por nervio (12 negativos en total).
  - Longitud del nervio (mm): 1100
  - Longitud del codo (mm): 240

- Capa de compesión:
  - Material: HA-25/B/20/I. Aditivos Sika Viscocrete 3040. (según albarán)
  - Espesor (mm): 40

- Mortero de nivelación:
  - Material: Mortero M 40
  - Espesor (mm): 40

3.- MÉTODO DE ENSAYO

3.1.- NORMAS DE REFERENCIA

El método seguido para la realización del ensayo es el especificado en la Norma UNE 23093:1981 *"Ensayo de Resistencia al Fuego de las estructuras y elementos de la construcción"*.

Asimismo, se ha utilizado el Procedimiento Especifico de Ensayo del Laboratorio: PEE/RES-111.

3.2.- CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Los criterios aplicados para la obtención del resultado final se han extraído del punto 7 de la Norma UNE 23802:1979 *"Ensayos de Resistencia al Fuego de puertas y otros elementos de cierre de huecos"* y han sido expresado de acuerdo con el ANEXO A de la misma Norma UNE 23802:1979. De forma resumida son los siguientes:

- Estabilidad mecánica:
  - Flecha inferior a L/30, siendo L la longitud entre apoyos. (Longitud entre apoyos considerada: 4200 mm).
- Estanquidad a las llamas:
  - Inflamación del tampón de algodón.
  - Aparición de llamas espontáneas de duración superior a 20 s.
- Emisión de gases inflamables:
  - Aparición de llamas sostenidas de duración superior a 20 s, en la cara no expuesta de la muestra, tras aplicar una llama piloto a los gases emitidos.
- Aislamiento Térmico
  - No superar en 140 °C la temperatura ambiente inicial.
  - No superar en 180 °C la temperatura ambiente inicial.

Debido a la naturaleza de los ensayos de comportamiento al fuego y la consecuente dificultad de cuantificar la incertidumbre de la medida de la resistencia al fuego, no es posible aportar un grado conocido de exactitud en el resultado.

4.- MONTAJE DE LA MUESTRA

La muestra se montó con ayuda de un encofrado de madera. En primer lugar se colocaron los zunchos, posteriormente se colocaron las bovedillas de poliestireno partiendo de un lateral de la muestra y en sentido longitudinal. A continuación se colocaron las armaduras inferiores. Por último se colocaron las armaduras superiores y sobre ella la armadura de reparto, procediendo a continuación a hormigonar la muestra.
Una vez fraguado se procede al hormigonado de la capa de nivelación.

Fecha de hormigonado: 07-jul-2004.

Una vez fraguado se procede al hormigonado de la capa de nivelación.

Fecha de finalización del montaje: 14-Jul-2004

El conjunto de la muestra se acondicionó a una temperatura media de 14ºC y una humedad relativa media del 56% durante 72 h.

5.- CONDICIONES DE ENSAYO

5.1.- TEMPERATURA DEL HORNO. CURVA DE CALENTAMIENTO

Se ha seguido el programa térmico descrito por la Norma UNE 23093:1981.

5.2.- PRESIÓN DEL HORNO

Durante el ensayo, se ha mantenido una presión media de (21,6 ± 1,4) Pa medida a 100 mm de la superficie inferior del forjado.

5.3.- CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales al inicio del ensayo han sido:

Temperatura ambiente inicial ≡ T_0 : 10 °C
Humedad relativa: 55 % H.R.

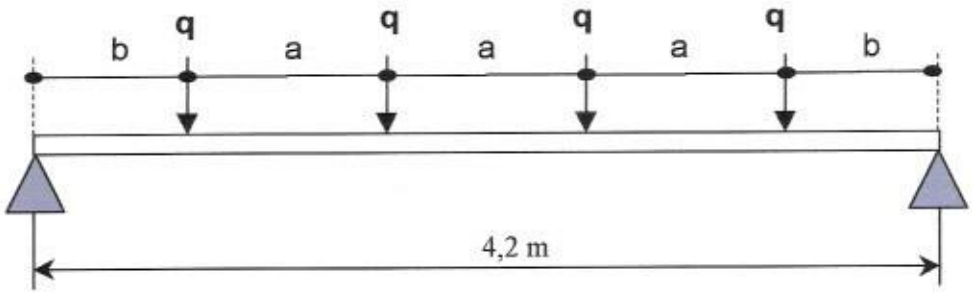
5.4.- CARGA APLICADA

El ensayo se ha realizado sometiendo al forjado a una carga de 300 kg/m^2, distribuida uniformemente mediante 12 masas.

Esta carga ha sido elegida por el solicitante y supone 64% sobre el momento último resistente aportado por el solicitante.

Para el cálculo del momento generado por la carga de ensayo se ha tenido en cuenta, además de la distribución de cargas, el peso propio del forjado.

Distribución de cargas:



Esta distribución de cargas se repite aproximadamente por cada metro de anchura.

La fórmula utilizada para el cálculo del momento máximo ha sido la siguiente:

$$M_{max}(kg \times m/m) = q \times (2b + a) + \frac{p \times l^2}{8}$$

Donde:

q ≡ Carga puntual aplicada. = 300 kg
a ≡ Distancia de colocación de carga = 0,88 m
b ≡ Distancia de colocación de carga = 0,78 m
p ≡ Peso propio del forjado = 576,55 kg/m /m

Sustituyendo dichos valores se obtiene M_{max}= 2003,31 kg.m/m

6.- RESULTADOS

6.1.- DURACIÓN DEL ENSAYO

La duración de la prueba fue de 121 minutos.

6.2.- OBSERVACIONES DURANTE EL ENSAYO

Minuto	Muestra nº	Observación
0	T0288A	Se inicia ensayo. Hora 10 h 49 min 32 s
15	T0288A	Sin cambios reseñables
29	T0288A	Se observa gran cantidad de vapor de agua en todo la superficie de la cara no expuesta de la muestra
30	T0288A	Sin cambios reseñables
60	T0288A	Sin cambios reseñables
90	T0288A	Sin cambios reseñables
120	T0288A	Sin cambios reseñables
121	T0288A	Fin de ensayo por mutuo acuerdo con el solicitante.

6.3. - EXPRESIÓN DE RESULTADOS

MUESTRA T0288A

- **ESTABILIDAD AL FUEGO** ..... **121 MINUTOS** (habiendo sido detenido el ensayo)
- **ESTANQUIDAD AL FUEGO** ..... **121 MINUTOS** (habiendo sido detenido el ensayo)
  - TAMPON DE ALGODÓN ..... 121 MINUTOS (habiendo sido detenido el ensayo)
  - LLAMAS SOSTENIDAS > 20 s ..... 121 MINUTOS (habiendo sido detenido el ensayo)
- **NO EMISIÓN GASES INFLAMABLES** ..... **121 MINUTOS** (habiendo sido detenido el ensayo)
  - LLAMAS SOSTENIDAS > 20 s PROVOCADAS POR LLAMA PILOTO ..... 121 MINUTOS (habiendo sido detenido el ensayo)
- **AISLAMIENTO TÉRMICO** ..... **121 MINUTOS** (habiendo sido detenido el ensayo)
  - TEMPERATURA MEDIA ..... 121 MINUTOS (habiendo sido detenido el ensayo)
  - TEMPERATURA MÁXIMA ..... 121 MINUTOS (habiendo sido detenido el ensayo)

$T_0 \equiv$ Temperatura inicial: 10 °C

GRUPO CYPSA
Industrias de Poliestireno Expandido

AFITI LICOF

INFORMACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYO

Ref.: Informe Técnico nº **0288T04**

SOLICITANTE: **TECOWOB IBÉRICA, S.A.**
C/ José Abascal, 44 4ºD
28003- MADRID (Madrid)

EXPEDIENTE TÉCNICO Nº: RES-0288T04

REFERENCIA: Aceptación de presupuesto de referencia 0143T04-RES (01)

ENSAYO:	UNE EN 1365-2:2000 Ensayos de resistencia al fuego de los elementos portantes. Suelos y cubiertas.
FECHAS DE ENSAYO:	22 de Noviembre de 2004
MUESTRA:	Forjado Unidireccional. Forjado unidireccional de bovedillas de EPS de dimensiones 4390 x 2975 (mm) y canto total de 380 (mm) (30 mm EPS + 310 mm canto estructural + 40 capa de nivelación). Sometido a una carga de 300 kg/m².
CLASIFICACIÓN	REI -120

Toledo, 10 de diciembre de 2004:

Fdo.: Agustín Garzón Cabrerizo
AFITI-LICOF
Centro de Ciencias y Investigación del Fuego
Subdirector Técnico del Laboratorio de Resistencia al Fuego

NOTA: **Este documento tiene ÚNICAMENTE carácter informativo. Los resultados definitivamente válidos son los que figurarán en el Informe Técnico correspondiente.**
La información que contiene este documento no deberá utilizarse pasados cuarenta y cinco días a partir de su fecha de emisión.

Asociación sin ánimo de Lucro, Ley 191/64. Declarada de Utilidad Pública por Consejo de Ministros de 27 Enero 1995, CIF: G-78492475 - Miembro de AENOR, ECOLF, ENAC, EUROLAB, etc.

GRUPO CYPSA
Industrias de Poliestireno Expandido

Asociación sin ánimo de lucro, ley 191/64. Declarada de Utilidad Pública por Consejo de Ministros de 27 Enero 1995. CIF: G-78493475 - Miembro de AINOR, ECCI F, FNAC, EUROLAB, etc.

AFITI LICOF

INFORMACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYO

Ref.: Informe Técnico nº **0288T04**

SOLICITANTE: **TECOWOB IBÉRICA, S.A.**
C/ José Abascal, 44 4ºD
28003- MADRID (Madrid)

EXPEDIENTE TÉCNICO Nº: RES-0288T04

REFERENCIA: Aceptación de presupuesto de referencia 0143T04-RES (01)

ENSAYO:	UNE 23093:1981 Ensayos de resistencia al fuego de las estructuras y elementos de la construcción.
FECHAS DE ENSAYO:	22 de Noviembre de 2004
MUESTRA:	Forjado Unidireccional. Forjado unidireccional de bovedillas de EPS de dimensiones 4390 x 2975 (mm) y canto total de 380 (mm) (30 mm EPS + 310 mm canto estructural + 40 capa de nivelación). Sometido a una carga de 300 kg/m^2.

CLASIFICACIÓN

♦ ESTABLE AL FUEGO	.....	DOS HORAS	(120 MINUTOS)
♦ ESTANCA AL FUEGO	.....	DOS HORAS	(120 MINUTOS)
♦ PARALLAMAS	.....	DOS HORAS	(120 MINUTOS)
♦ RESISTENTE AL FUEGO	.....	DOS HORAS	(120 MINUTOS)

Toledo, 10 de diciembre de 2004:

Fdo.: Agustín Garzón Cabrerizo
Subdirector Técnico del Laboratorio de Resistencia al Fuego

NOTA: **Este documento tiene ÚNICAMENTE carácter informativo. Los resultados definitivamente válidos son los que figurarán en el Informe Técnico correspondiente.**
La información que contiene este documento no deberá utilizarse pasados cuarenta y cinco días a partir de su fecha de emisión.

Final Draft

Reaction to fire behaviour

SBI Testing Programme

Single Burning Item

(prEN13823 - draft September 2000)

Mounting and Fixing conditions for DOUBLAGES

“ ”

SUMMARY

This report requested by EUMEPS concerns the reaction to fire performance of Doublage products, i.e. an expanded polystyrene (EPS) board covered with gypsum plaster board. This is a typical French application for internal wall insulation. But it is also representative of many end-use applications of EPS boards protected behind a covering. The aim of this testing program is to evaluate the effect of mounting and fixing (M&F) conditions of Doublage in the SBI apparatus. Two different substrates are tested (calcium silicate and gypsum plasterboard), the influence of the presence/absence of an air gap (no gap, 80mm gap) is also studied.

The testing programme demonstrates that the influence of mounting and fixing conditions for Doublage is not significant enough to modify the result of SBI tests. The 10mm plasterboard is a thermal barrier that gives a good protection to EPS (regular quality) board. As a consequence the least onerous option for SBI testing of Doublage products with a wild fieldof applications would be the choice of the selected mounting and fixing (specimen glued, no gap) and the use of the 13mm gypsum plasterboard as standard substrate.

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

1. Introduction

This report concerns the reaction to fire performance of Doublage products, i.e. an expanded polystyrene (EPS) board covered with gypsum plaster board. The testing programme had been requested and defined by the European Association of EPS manufacturers (EUMEPS) and the test has been carried out at the SBI laboratory of KNAUF in France.

Photo 1: SBI apparatus at KNAUF CRD, France

The Europenan harmonised standards for reaction to fire tests are now almost accepted. Among them the Single Burning Item method still causes concerns to the Industry, as the influence of certain parameters is not well known.

The aim of this testing program is to evaluate the effect of mounting and fixing (M&F) conditions of Doublage in the SBI apparatus. Doublage is a typical French application for internal wall insulation. But it is also representative of many end-use applications of EPS boards protected behind a covering. The objective is to determine a precise definition of these conditions so as to achieve a robust Euroclassification. The other objectives are simplification of the test procedure, maximisation of the field of application and reduction of testing costs.

The tests have been done according to the procedure described in prEn13823 (rev. Sept. 2000), i.e. the product specimen is exposed during 20 min to a burner that produces 30kW with the following test steps:

0s beginning, 120s ignition of the auxiliary burner, 300s ignition of the main burner (the flame attacks the product), 1500s end stop of the burner and 1800s end of the data recording.

A minimum of 2 tests per product (Doublage + mounting condition) have been carried out.

2. Material

CONFIDENTIAL

The samples tested were cutted from common Th38 Doublage product, made of a 80mm, regular quality, Th38 (= 38 mW.K^{-1}.m^{-2}) EPS board and a standard BA10 (10mm) gypsum plasterboard.

3. Mounting &Fixing

The samples were glued to the substrate with mortar.

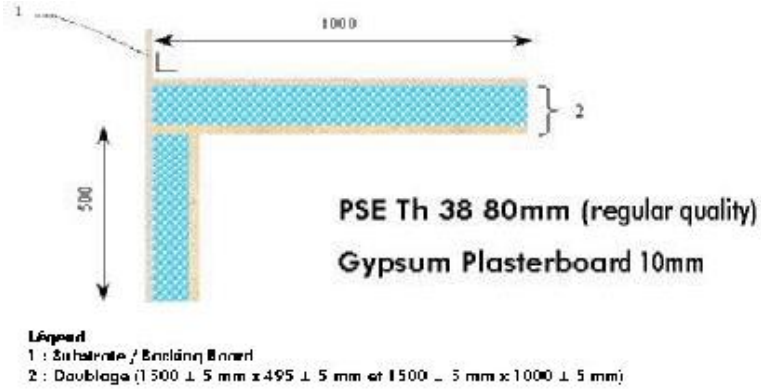


Figure 1: Mounting of Doublage

The angle in the corner joint of the two wings of the specimen is treated as in end-use conditions, i.e. plaster + tape is used to fill the seal in the joint. A minimum of 3 days conditioning period is necessary to dry the seal (see photo 1).

Photo 2: A Doublage specimen in the SBI trolley before testing

CONFIDENTIAL

The parameters whose influence was considered were the followings:

- Nature of the substrate:

  - Standard substrate : Calcium Silicate Board (12.5 mm, 800kg/m3)
  - BA13 , standard Gypsum Plaster board (12.5mm, 730kg/m3)

- Presence/Absence of an air gap

  - Standard mounting (no gap),
  - 80-mm gap (the specimen is fixed to the substrate, a 80 mm frame is placed between the susbstrate and the standard backing board (Calcium Silicate board).

Some preliminary tests showed that the opening/closing of the sides of the specimen holder had no significant effects on the tests results. As a consequence this parameter was not further studied in the testing programme.

CONFIDENTIAL

4. Results

The fire behaviour of Doublage specimens in the SBI test is very good. The plasterboard plays the role of a thermal barrier for EPS. As a consequence the thermal impact on EPS is limited to the burner zone. In this area EPS has shrunk away from the BA10 board and then molten down. But, as it doesn t ignite (the temperature is not high enough behind the plasterboard) the heat release of the specimen is low (<10kW). The other consequence is the limited smoke production.

The paper wich covers the plaster board has burnt in the vicimity oft he flame (see photo 3). In general the seal is detroyed after ~8 minutes and falls in particles on the burner (see photo3). But these falling particles (not flaming !) did not disturb the flame.

Photo 3: Doublage specimen during testing (6~min)

Photo 4: End of test : the seal has fall on the burner

In the table below the results are indicated for each configuration tested :

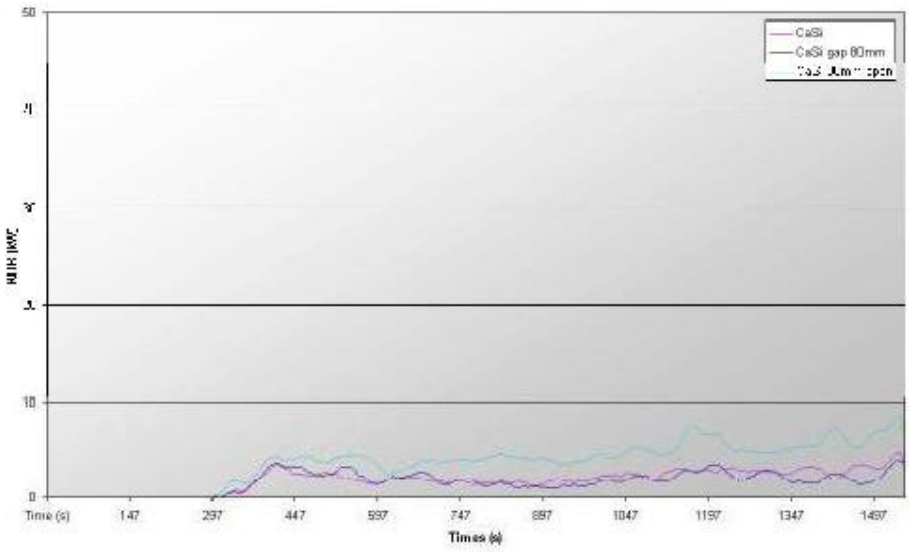
M&F conditions				FIGRA (W/s)	THR600s (MJ)	SMOGRA (m^2/s^2)	TSP600s (m^2)	Flamming Droplets	Lateral Flamme Spread	Class
Backing Board	Substrate	Air Gap	Side							
No	Calcium Silicate	no	closed	24.5	1.1	0.5	37.2	no	no	B s1 d0
Yes	Calcium Silicate	80mm	closed	41.3	2.3	0.0	32.0	no	no	B s1 d0
Yes	Calcium Silicate	80mm	open	22.0	1.0	0.0	29.6	no	no	B s1 d0
No	BA13	no	closed	19.8	1.3	0.0	34.5	no	no	B s1 d0
Yes	BA13	80mm	closed	8.0	0.8	0.0	37.4	no	no	B s1 d0
Yes	BA13	80mm	open	3.4	0.1	0.0	31.7	no	no	B s1 d0

Threshold for Class B 120 7.5 30 50

Table 1: Synthesis of the results

The FIGRA value is a bit lower with plasterboard than obtainedwith standard CaSi substrate. The other parameters are almost equal to those found with with BA13 or Calcium Silicate. The influence of the mounting condition (air gap, ventilation of the sides) has a very limited influence on the SBI results wich are well within the threshold values for classification for Doublage .

Figure2 illustrates the evolution of the Heat Release of the specimen (Heat Release of the burner = 30kW) for both substrates tested:



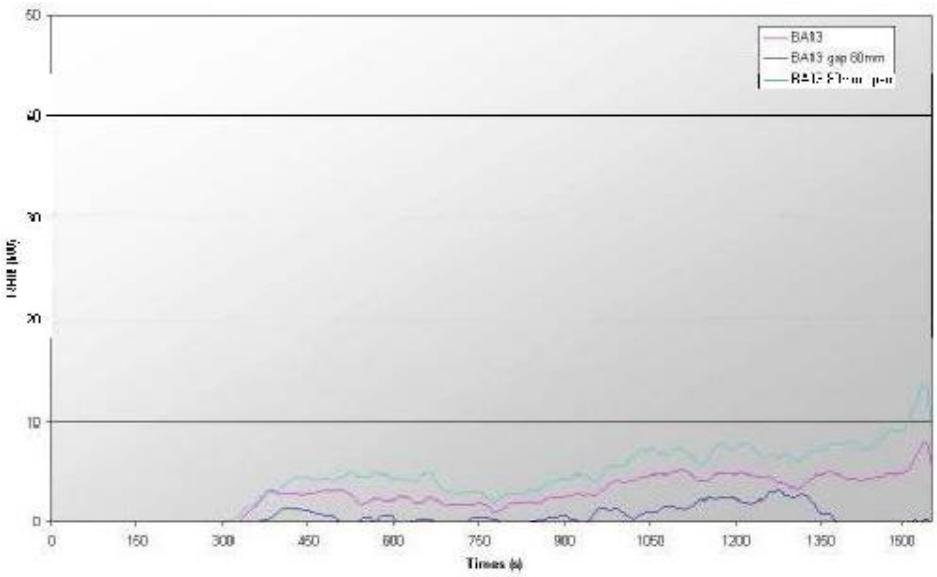


Figure 2: Evolution of RHR

Althought no reaction to fire testhave been carried out according to EN ISO 11925-2, earlier tests with surface flame impigment od gypsum plasterboard have indicated that theyeasily pass clase E and are themselves class A2.

5. Conclusion

CONFIDENTIAL

The influence of mounting and fixing conditions for Doublage is not important enough to modify the result of SBI testsand consequently the fire classification Euroclass *B, s1, d0* is always achieved. The 10mm plasterboard is a thermal barrier that gives a good protection to EPS (regular quality) board. The nature of the substrate (calcium silicate or gypsum plasterboard) have no influence, neither the presence of a gap and ventilation of the sides.

As a consequence the choice of the selected mounting and fixing (specimen glued, no gap) and the use of the 13mm gypsum plasterboard as standardised Mounting & Fixing conditions, would be the best option with the best field of application for SBI testing of Doublage products.

6. Parameters / Abbreviations used in the report:

EPS-R: regular EPS raw material

EPS-FR: flame retardant modified EPS

THR600 (MJ): Total Heat Release in the first 600 seconds

TSP (m^2): Total Smoke Production in the first 600 seconds

FIGRA (W/s): Fire growth rate

SMOGRA (m^2/s^2): Smoke growth rate

ANNEX: CLASSES OF REACTION TO FIRE PERFORMANCE FOR CONSTRUCTION PRODUCTS EXCLUDING FLOORINGS (cf. prEN13501-1)

Class	Test method(s)	Classification criteria	Additional classification
A1	EN ISO 1182 ([1]); And	T 30°C; and m 50%; and t_f = 0 (i.e. no sustained flaming)	-
	EN ISO 1716	PCS 2,0 MJ/kg ([1]) and PCS 2,0 MJ/kg ([2]) ([2a]) and PCS 1,4 MJ/m^2 ([3]) and PCS 2,0 MJ/kg ([4])	-
A2	EN ISO 1182 ([1]); Or	T 50°C; and m 50%; and t_f 20s	-
	EN ISO 1716; And	PCS 3,0 MJ/kg ([1]) and PCS 4,0 MJ/m^2 ([2]) and PCS 4,0 MJ/m^2 ([3]) and PCS 3,0 MJ/kg ([4])	-
	EN 13823 (SBI)	FIGRA 120 W/s; and LFS < edge of specimen; and THR_{600s} 7,5 MJ	Smoke production([5]); and Flaming droplets/particles ([6])
B	EN 13823 (SBI); And	FIGRA 120 W/s; and LFS < edge of specimen; and THR_{600s} 7,5 MJ	Smoke production([5]); and Flaming droplets/particles ([6])

	EN ISO 11925-2(8): Exposure = 30s	Fs 150mm within 60s	
C	EN 13823 (SBI); And	FIGRA 250 W/s; and LFS < edge of specimen; and THR_{600s} 15 MJ	Smoke production(5); and Flaming droplets/particles (6)
	EN ISO 11925-2(8): Exposure = 30s	Fs 150mm within 60s	
D	EN 13823 (SBI); And	FIGRA 750 W/s	Smoke production(5); and Flaming droplets/particles (6)
	EN ISO 11925-2(8): Exposure = 30s	Fs 150mm within 60s	
E	EN ISO 11925-2(8): Exposure = 15s	Fs 150mm within 20s	Flaming droplets/particles
F	No performance determined		

(1) For homogeneous products and substantial components of non-homogeneous products
(2) For any external non-substantial component of non-homogeneous products
(2a) Alternatively, any external non-substantial component having a PCS $\leq$ 2,0 MJ/m², provided that the product satisfies the following criteria of EN SBI, FIGRA $\leq$ 20 W/s, and LFS < edge of specimen, and THR_{600s} $\leq$ 4,0 MJ, and s1, and d0
(3) For any internal non-substantial component of non-homogeneous products
(4) For the product as a whole
(5) s1 = SMOGRA 30m²/s² and TSP_{600s} 50m² ; s2 = SMOGRA 180m²/s² and TSP_{600s} 200m²; s3 = not s1 or s2
(6) d0 = No flaming droplets/ particles in Enxxxx (SBI) within 600s;
d1 = No flaming droplets/ particles persisting longer than 10s in ENxxxx (SBI) within 600s;
d2 = not d0 or d1;
Ignition of the paper in EN ISO 11925-2 results in a d2 classification
(7) Pass = no ignition of the paper (no classification);
Fail = ignition of the paper (d2 classification)
(8) Under conditions of surface flame attack and, if appropriate to the end use application of the product, edge flame attack.

CONFIDENTIAL