

# DAU

# 09/051 B

## Documento de adecuación al uso

---

### Denominación comercial:

Aquapanel® Outdoor  
Sistema W384

---

### Tipo genérico y uso:

Sistema de entramado metálico autoportante para su uso como hoja interior en fachadas ventiladas.

---

### Titular del DAU:

**Knauf GmbH España**

Av. Manoteras 10. Edificio C, planta 3.  
28050 Madrid  
Tel. 91 383 05 40 – 93 377 36 24  
Fax 91 766 14 27  
[www.knauf.es](http://www.knauf.es)

---

### Plantas de producción:

Knauf GmbH España  
Ctra. de Inca km 2,8  
18130 Escúzar (Granada)

Knauf GmbH España)  
Ctra. de Berga km 28,5  
25285 Guixers (Lleida)

Knauf USG Systems GmbH & Co. KG  
Zur Helle 11  
58638 Iserlohn (Alemania)

---

### Validez:

Desde: 28.01.2009  
Hasta: 27.01.2014

---

### Edición y fecha:

B 09.04.2010

---

La validez del DAU 09/051 está sujeta a las condiciones del Reglamento del DAU. La edición vigente de este DAU es la que figura en el registro que mantiene el ITeC; a título informativo, se incorpora en la página web del Instituto [www.itec.es](http://www.itec.es).

---

Este documento consta de 44 páginas.  
Queda prohibida su reproducción parcial.

**ITeC**

## Control de ediciones

<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>Apartados en los que se han producido cambios respecto a la edición anterior:</b>
A	28.01.2009	Creación del documento.
B	09.04.2010	Incorporación de la fábrica de Escúzar (Granada), incorporación de una nueva evidencia de ensayo de impactos por el interior y otras modificaciones que han producido cambios en los siguientes capítulos: 1. Descripción del sistema y usos previstos. 2. Componentes del sistema. 3. Fabricación. 6. Criterios de proyecto y ejecución del sistema. 9. Ensayos y cálculos para la adecuación al uso.

# Índice

1.	Descripción del sistema y usos previstos	5
1.1.	Definición del sistema constructivo	5
1.2.	Usos a los que está destinado	5
2.	Componentes del sistema	6
2.1.	Introducción	6
2.2.	Placa de la cara exterior	6
2.2.1.	Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor	6
2.2.2.	Componentes para el tratamiento de juntas de exterior	7
2.2.3.	Elementos de fijación de las placas	7
2.3.	Lámina impermeable Aquapanel® Tyvek® StuccoWrap™	8
2.4.	Subestructura del sistema	8
2.4.1.	Placas de yeso laminado (PYL STD y PYL STD+AL)	9
2.4.2.	Componentes para el tratamiento de juntas de interior	10
2.5.	Placas de aislamiento térmico	10
3.	Fabricación	11
3.1.	Materias primas	11
3.2.	Proceso de fabricación	11
3.3.	Presentación del producto	12
4.	Control de la producción	13
4.1.	Control de las placas de yeso laminado	13
4.2.	Control de los otros componentes del sistema	13
4.3.	Control de ejecución en obra	13
5.	Almacenamiento, transporte y recepción en obra	14
5.1.	Almacenamiento	14
5.2.	Transporte	14
5.3.	Control de recepción de los elementos en obra	14
6.	Criterios de proyecto y ejecución del sistema	15
6.1.	Criterios de proyecto	15
6.1.1.	Criterios de diseño. Variantes del sistema	15
6.1.2.	Seguridad estructural	16
6.1.3.	Seguridad en caso de incendio	17
6.1.4.	Salubridad	17
6.1.5.	Seguridad de utilización	18
6.1.6.	Protección frente al ruido	18
6.1.7.	Ahorro de energía	19
6.1.8.	Durabilidad	19
6.1.9.	Cuadro resumen de prestaciones	20
6.2.	Detalles constructivos	21
6.3.	Criterios de puesta en obra	23
6.3.1.	Criterios generales de puesta en obra	23
6.3.2.	Replanteo	24
6.3.3.	Montaje de la subestructura metálica y el aislante	24
6.3.4.	Colocación de las placas de la cara interior y ejecución del tratamiento de juntas interiores	25
6.3.5.	Colocación de la lámina impermeable	26
6.3.6.	Colocación de la placa Aquapanel® de la cara exterior y ejecución del tratamiento de juntas de la cara exterior	27
7.	Referencias de utilización	28
8.	Visitas de obra	29
9.	Ensayos y cálculos para la adecuación al uso	29

9.1.	Resistencia mecánica y estabilidad (RE núm.1)	29
9.2.	Seguridad en caso de incendio (RE núm.2)	29
9.2.1.	Reacción al fuego	29
9.2.2.	Resistencia al fuego	30
9.3.	Higiene, salud y medio ambiente (RE núm.3)	31
9.3.1.	Ensayo de estanqueidad al agua de lluvia	31
9.3.2.	Ensayos de absorción de agua de los componentes de las capas exteriores	31
9.3.3.	Grado de impermeabilidad	31
9.3.4.	Ensayos de permeabilidad al vapor de agua de los componentes de las capas exteriores	32
9.3.5.	Cálculos de comprobación de condensaciones	32
9.4.	Seguridad de utilización (RE núm. 4)	33
9.4.1.	Ensayos de resistencia al impacto por el interior	33
9.4.2.	Ensayo de resistencia al impacto por el exterior	35
9.4.3.	Ensayo de resistencia al arrancamiento del tornillo a través del perfil	35
9.5.	Protección frente al ruido (RE núm.5)	35
9.6.	Ahorro de energía y aislamiento térmico (RE núm.6)	36
9.6.1.	Ensayos de conductividad y resistencia térmica de los componentes de la capa exterior	36
9.6.2.	Ensayo de resistencia térmica del sistema	36
9.6.3.	Cálculos de comprobación de los valores térmicos del sistema	36
9.6.4.	Ensayo de resistencia térmica en régimen dinámico. Inercia térmica	37
9.6.5.	Permeabilidad al aire del sistema	37
9.7.	Aspectos de durabilidad, servicio e identificación	37
9.7.1.	Comportamiento a ciclos de envejecimiento acelerado	37
9.7.2.	Corrosión de los componentes metálicos	38
9.7.3.	Identificación de los componentes principales	38
10.	Seguimiento del DAU	39
11.	Comisión de expertos	39
12.	Documentos de referencia	40
13.	Evaluación de la adecuación al uso	42
14.	Condiciones de uso del DAU	43
15.	Lista de modificaciones de la presente edición	44

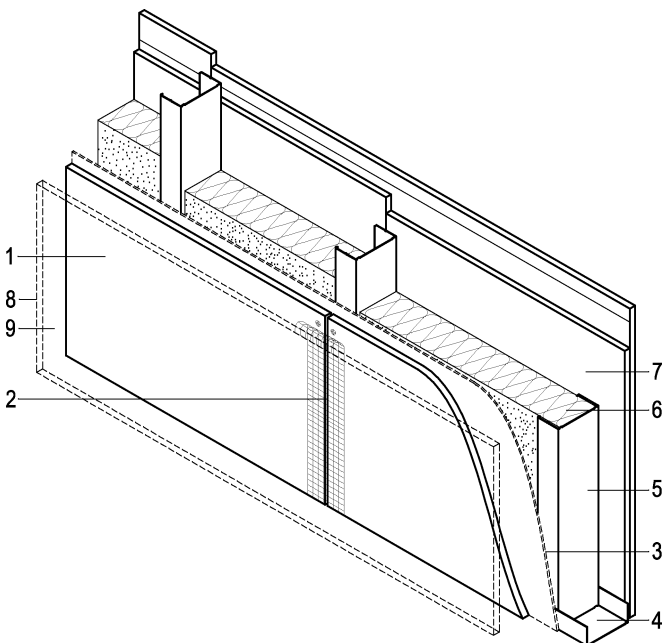
# 1.

## Descripción del sistema y usos previstos

### 1.1. Definición del sistema constructivo

El sistema Aquapanel® W384 es un sistema constructivo de entramado de estructura autoportante para su uso como hoja interior en fachadas ventiladas.

El sistema Aquapanel® W384 está formado por una subestructura metálica sobre la que se fijan: dos placas de yeso laminado (PYL) en su cara interior, y una placa Aquapanel® Cement Board Outdoor en su cara exterior. Entre los perfiles de la subestructura se coloca una capa de aislamiento. Véase la figura 1.1.



1. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
2. Tratamiento para juntas de exterior
3. Lámina impermeable (opcional)
4. Canal de la subestructura metálica
5. Montante de la subestructura metálica
6. Aislante
7. Placas PYL STD y PYL STD+AL
8. Hoja exterior de fachada ventilada
9. Cámara de aire ventilada ( $e \geq 20$  mm)

**Figura 1.1:** Sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Para más información sobre los componentes del sistema, véase el capítulo 2.

<sup>1</sup> Un cerramiento de fachada ventilada está compuesto principalmente por la hoja exterior de la fachada (que incorpora el revestimiento exterior), la cámara de aire ventilada y la hoja interior de la fachada (que puede estar formada por uno o varios componentes).

### 1.2. Usos a los que está destinado

El sistema Aquapanel® Outdoor W384 se usa como hoja interior<sup>1</sup> de cerramiento de fachada ventilada<sup>2</sup>. En consecuencia, para formar un cerramiento completo, este sistema deberá complementarse con un sistema de hoja exterior de fachada ventilada que sea compatible con él, y que cumpla con las exigencias básicas del CTE que le sean de aplicación.

El sistema Aquapanel® Outdoor no contribuye a la resistencia de la estructura del edificio sino que se sustenta sobre ella.

Las estructuras habituales sobre las cuales se fija el sistema Aquapanel® Outdoor son de hormigón y metálicas. En todos los casos, estas estructuras soporte deben tener la resistencia y estabilidad adecuada para soportar los esfuerzos transmitidos por el sistema Aquapanel® Outdoor.

Los anclajes de la subestructura del sistema Aquapanel® Outdoor al soporte, deben elegirse en función de éste último y de los esfuerzos a los que vayan a ser sometidos.

En el presente documento se ha considerado que la subestructura de la hoja exterior de la fachada ventilada de un cerramiento que contenga como hoja interior el sistema Aquapanel® Outdoor W384, se fija a los frentes de forjados<sup>3</sup>.

Asimismo, se recomienda evitar el uso del sistema Aquapanel® Outdoor W384 junto a hojas exteriores de fachada ventilada preexistentes.

La estanqueidad al agua de lluvia debe quedar garantizada por la hoja exterior de fachada ventilada a la que se adosa el sistema Aquapanel® Outdoor W384. En su defecto debe incorporarse la lámina impermeable al sistema. Véase el apartado 2.3.

Para más información sobre las características prestacionales del sistema así como los criterios de proyecto y ejecución véase el capítulo 6.

<sup>2</sup> Tal como se define en el borrador de Guía de DITE 034 (ETAG 034) de "Kits for external wall claddings", se considera fachada ventilada cuando la cámara de aire tiene un espesor mínimo de 20 mm y las aberturas mínimas de ventilación son de 50 cm<sup>2</sup> por metro lineal en el arranque y coronación de la fachada.

<sup>3</sup> Aunque no se ha considerado en la evaluación del presente documento, el apoyo intermedio de la subestructura de la hoja exterior en la subestructura metálica del sistema Aquapanel® Outdoor W384 podría ser posible siempre que se justificara que la solución adoptada es compatible con el sistema Aquapanel® Outdoor W384.

## 2. Componentes del sistema

### 2.1.

#### Introducción

En la tabla 2.1 se muestra la relación de las capas (de exterior a interior) y cada uno de los componentes considerados en el sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Posición de las capas en el sistema	Descripción de la capa	Componente (*)
1ª capa	Placa de la cara exterior Aptdo. 2.2	Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor (1)
		Elementos de fijación de la placa
		Tratamiento de juntas de exterior (2)
		Lámina Tyvek® StuccoWrap™ (3) (**)
2ª capa	Lámina impermeable Aptdo. 2.3	Elemento de fijación de la lámina
3ª capa	Subestructura metálica y aislamiento Aptdo. 2.4 y 2.6	Canal (4)
		Montante (5)
		Placa de aislamiento (6)
4ª capa	Placa intermedia Aptdo. 2.5	PYL STD (7)
		Tratamiento de juntas de interior
		Elementos de fijación de la placa
5ª capa	Placa de la cara interior Aptdo. 2.5	PYL STD + AL (7)
		Tratamiento de juntas de interior
		Elementos de fijación de la placa

(\*) Entre paréntesis se indica la referencia del componente en la figura 1.1.

(\*\*) Componente opcional, véase apartado 6.1.4.

**Tabla 2.1:** Relación de componentes del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

En los siguientes apartados se describen cada uno de estos componentes.

### 2.2.

#### Placa de la cara exterior

##### 2.2.1

#### Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor

La placa Aquapanel® Cement Board Outdoor es una placa de alma de cemento pórtland con aditivos y áridos ligeros, reforzado en sus caras por una malla de fibra de vidrio resistente al álcalis, que va embebida 1 mm dentro del mortero que conforma el alma de la placa.

En aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE, la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor dispone del marcado CE conforme al DITE 07/0173 (ETA 07/0173).

Las características de este componente son las indicadas en la tabla 2.2.

Característica	Valor declarado	Norma de referencia	
Espesor (mm)	12,5 ± 0,5	UNE EN 12467	
Longitud (mm)	2.400 ± 2		
Ancho (mm)	1.200 (+4,-0)		
Densidad (kg/m³)	1.260 ± 50		
Densidad en seco (kg/m³)	1.150 ± 50		
Masa superficial (kg/m²)	15,8 ± 0,5	UNE EN 12467	
Resistencia a la flexión (MPa)	> 4,0		
Resistencia a tracción perpendicular a las caras (MPa)	> 0,5	UNE EN 319	
Conductividad térmica (*), λ <sub>50/90 (23/80)</sub> (W/mK)	0,29 – 0,35	UNE EN 12664 UNE EN ISO 10456	
Coefficiente de difusión al vapor de agua, μ	43 - 66	UNE EN ISO 12572	
Calor específico (J/(kg·K))	1.000	UNE EN 12524	
Dilatación térmica lineal (K <sup>-1</sup> )	7·10 <sup>-6</sup>	UNE EN 14617-11	
Absorción de agua por capilaridad (g/m²·s)	< 3,0	UNE EN ISO 15148 UNE EN 772-11	
Absorción de agua por inmersión (g/cm³)	< 0,32	UNE EN 12087 UNE 41170	
Expansión por humedad de 65% a 85% de HR	Longitud (mm/m)	0,25	UNE EN 318
	Espesor (%)	0,2	
Retracción por humedad de 65% a 30% de HR	Longitud (mm/m)	0,21	
	Espesor (%)	0,3	
Reacción al fuego	A1	UNE EN 13501-1	

(\*) Valor de diseño obtenido para condiciones de 23 °C y 80 % de humedad relativa.

**Tabla 2.2:** Características de la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor.

### 2.2.2

#### Componentes para el tratamiento de juntas de exterior

Los componentes para realizar el tratamiento de juntas de exterior sobre la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor son:

- Mortero de juntas Aquapanel®.
- Cinta de juntas Aquapanel® de 10 cm.
- Cinta de juntas Aquapanel® de 33 cm.

Las características de estos componentes son las indicadas en la tabla 2.3.

El tratamiento de juntas deberá realizarse siempre con el mortero y una de las dos cintas indicadas.

Producto	Característica	Valor declarado	Norma de referencia
Mortero de juntas	Densidad aparente polvo	1.200 ± 50 kg/m <sup>3</sup>	Método propio
	Densidad en fresco	1650 ± 50 kg/m <sup>3</sup>	UNE EN 1015-6
	Densidad endurecido	1.200 ± 50 kg/m <sup>3</sup>	UNE EN 1015-10
	Resistencia a compresión	≥ 5,5 MPa	UNE EN 1015-11
	Absorción de agua por capilaridad	< 0,2 kg/(m <sup>2</sup> ·min <sup>0,5</sup> )	UNE EN 1015-18
	Adherencia	> 0,5 MPa	UNE EN 1015-12
	Reacción al fuego	A1	RD 312/2005
	Cinta de juntas de 10 cm	Color	Blanco
Ancho		100 mm	---
Espesor		0,3 mm	---
Fibras longitudinales y transversales		3,5 fibras/cm	---
Resistencia al desgarre		1.500 N/50 mm	UNE EN 13496
Cinta de juntas de 33 cm	Masa superficial	120 g/m <sup>2</sup>	---
	Color	Azul	---
	Ancho	330 mm	---
	Espesor	0,8 mm	---
	Ancho de cuadrícula	5 x 5 mm	---
	Resistencia al desgarre	2.500 N/50 mm	UNE EN 13496
	Masa superficial	140 g/m <sup>2</sup>	---

**Tabla 2.3:** Características de los componentes del tratamiento de juntas de exterior.

### 2.2.3

#### Elementos de fijación de las placas

Los elementos de fijación de las placas del sistema Aquapanel® Outdoor W384 son:

1. Fijación de la placa Aquapanel® a los montantes:
  - Tornillo Aquapanel® Maxi TB. Tornillo de punta broca para la fijación de perfiles de hasta 2,25 mm de espesor.

Fijación de la placa Aquapanel® a los canales:

- Tornillo Aquapanel® Maxi TN. Tornillo de punta normal para la fijación de perfiles de hasta 0,7 mm de espesor.

Las características de estos componentes son las indicadas en la tabla 2.4.

Producto	Característica	Valor declarado	Norma referencia
Tornillo Aquapanel® Maxi TB y TN	Dimensiones	4,2x39 mm	---
	Material	Acero con protección Climate X®	---
	Fuerza última de arrancamiento (1)	290 N	DITE 07/0173
	Fuerza última de cortante (1)	190 N	DITE 07/0173

(1) Sobre la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor.

**Tabla 2.4:** Características de los elementos de fijación de las placas.

2. Fijación de las placas PYL a los montantes:
  - Tornillo placa-metal TB 3,5x25 o TB 3,5x35. Tornillo de punta broca para la fijación de perfiles de hasta 2,25 mm de espesor.
3. Fijación de las placas PYL a los canales:
  - Tornillo placa-metal TN 3,5x25; TN 3,5x35; TN 3,5x45; TN 3,5x55. Tornillo de punta normal para la fijación de perfiles de hasta 0,7 mm de espesor.
4. Fijación placa-placa, fijación entre las dos placas de yeso laminado se pueden emplear:
  - Tornillo placa-placa PP 5,5x38 de gran diámetro.

En aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE, las fijaciones mecánicas para su uso en placas de yeso laminado podrán disponer del marcado CE conforme a la norma armonizada EN 14566.

### 2.3.

#### Lámina impermeable Aquapanel® Tyvek® StuccoWrap™

La lámina Aquapanel® Tyvek® StuccoWrap™ (Tyvek® 1060B) es una lámina impermeable al agua pero permeable al vapor de agua que se utiliza como barrera contra la penetración de agua de estos cerramientos.

En aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE, la lámina impermeable Tyvek® 1060B dispone del marcado CE conforme a la norma armonizada EN 13859-2.

Las características de este componente son las indicadas en la tabla 2.5.

Característica	Valor declarado	Norma de referencia
Ancho bobina	1,50 m	UNE EN 1848-2
Ancho útil	1,40 m	
Espesor	0,18 mm	UNE EN 1849-2
Masa superficial	60 g/m <sup>2</sup>	
Resistencia a la penetración de agua	Clase W1	UNE EN 1928 (A)
Transmisión de vapor de agua (*)	$Sd \leq 0,03$ m	UNE EN ISO 12572
Columna de agua	1,5 m	UNE EN 20811
Reacción al fuego	E-d2	UNE EN 13501-1

(\*)  $Sd = \mu \cdot d$ . Donde: d = espesor de la lámina y  $\mu$  = coeficiente de difusión al vapor de agua.

**Tabla 2.5:** Características de la lámina Aquapanel® Tyvek® StuccoWrap™.

### 2.4.

#### Subestructura del sistema

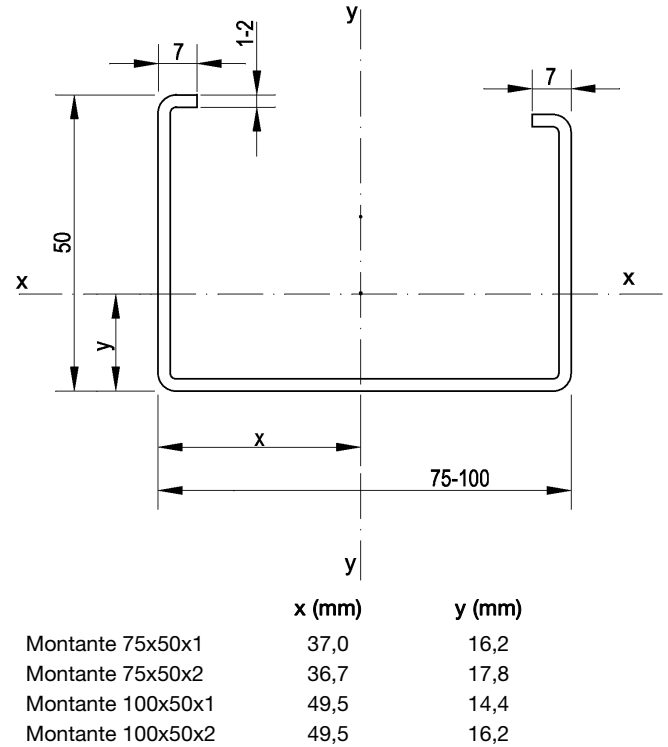
La subestructura del sistema Aquapanel® Outdoor W384 está formada por perfiles metálicos de acero galvanizado (montantes y canales).

Las características del material son las indicadas en la tabla 2.6.

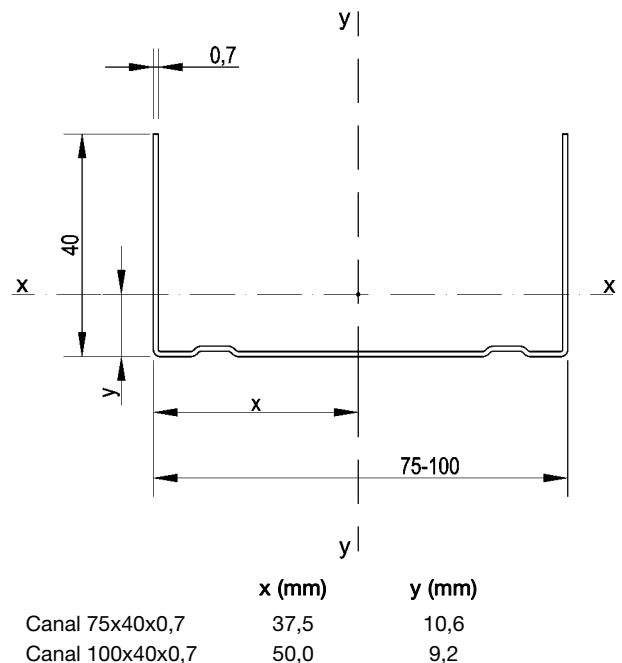
Características según UNE EN 10327	Valor declarado
Designación	Acero galvanizado (1.0226) DX51D+Z275
Límite elástico, Re	$\geq 140$ MPa
Límite de rotura, Rm	$\geq 270$ MPa $\leq 500$ MPa
Alargamiento, A <sub>80</sub>	$\geq 22$ %

**Tabla 2.6:** Características del material de los perfiles exteriores.

Las características de los perfiles son las indicadas en las figuras 2.1 y 2.2 y la tabla 2.7.



**Figura 2.1:** Montante tipo.



**Figura 2.2:** Canal tipo.

La fijación entre perfiles puede realizarse a partir del siguiente elemento de fijación: tornillo metal-metal LB 3,5x9,5 o tornillo de punta broca para la fijación de perfiles de hasta 2,25 mm de espesor.



Perfil	Área (mm <sup>2</sup> )	Momento de inercia		Radio de giro	
		lxx (mm <sup>4</sup> )	lyy (mm <sup>4</sup> )	ix (mm)	iy (mm)
Montante 75x50x1	183	54.766	179.506	17,3	31,3
Montante 75x50x2	364	119.763	350.192	18,1	31,0
Canal 75x40x0,7	108	17.688	100.558	12,0	19,3
Montante 100x50x1	208	60.451	343.773	17,0	40,6
Montante 100x50x2	420	138.435	682.095	18,1	40,3
Canal 100x40x0,7	125	19.308	193.827	11,9	28,3

**Tabla 2.7:** Características de los perfiles de la subestructura.

## 2.5.

### Placas de yeso laminado interiores

#### 2.5.1

#### Placas de yeso laminado (PYL STD y PYL STD+AL)

Las placas de yeso laminado consideradas en este documento son las placas estándar con las características indicadas en las tablas 2.8 y 2.9.

Característica	Valor declarado			Norma de referencia
Designación	PYL A			
Espesor (mm)	12,5 ± 0,5	15,0 ± 0,5	18,0 ± 0,5	
Longitud (mm)	Variable			
Ancho (mm)	1.200 ± 4			UNE EN 520
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	728 ± 50	753 ± 50	778 ± 50	
Masa superficial (kg/m <sup>2</sup> )	9,1 ± 1	11,2 ± 1	14,0 ± 1	
Gramaje del cartón (g/m <sup>2</sup> )	< 190			UNE EN ISO 536
Densidad del núcleo (kg/m <sup>3</sup> )	≥ 600			UNE EN 520
Reacción al fuego	A2-s1, d0			RD 312/2005
Resistencia a la flexotracción (MPa)	≥ 0,15			UNE EN 520
Conductividad térmica de diseño (W/m·K)	0,25			
Coeficiente de difusión al vapor de agua, μ	4 - 10			UNE EN 12524
Calor específico (J/kg·K)	1.000			

**Tabla 2.8:** Características de las placas PYL STD.

Característica	Valor declarado		Norma de referencia
Designación	PYL BV		
Espesor (mm)	12,5 ± 0,5	15,0 ± 0,5	
Longitud (mm)	Variable		UNE EN 520
Ancho (mm)	1.200 ± 4		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	728 ± 50	753 ± 50	
Masa superficial (kg/m <sup>2</sup> )	9,1 ± 1	11,2 ± 1	
Gramaje del cartón (g/m <sup>2</sup> )	< 190		UNE EN ISO 536
Densidad del núcleo (kg/m <sup>3</sup> )	≥ 600		UNE EN 520
Reacción al fuego	A2-s1, d0		RD 312/2005
Resistencia a la flexotracción (MPa)	≥ 0,15		UNE EN 520
Conductividad térmica de diseño (W/m·K)	0,25		
Coeficiente de difusión al vapor de agua, μ	4 - 10		UNE EN 12524
Calor específico (J/kg·K)	1.000		
Espesor de la lámina de aluminio (μm)	30		UNE EN 14190
Reacción al fuego de la lámina de aluminio	A1		RD 312/2005
Densidad del aluminio (kg/m <sup>3</sup> )	2.800		
Conductividad térmica de diseño de la lámina de aluminio (W/m·K)	160		UNE EN 12524
Resistencia a la difusión al vapor de agua de la lámina de aluminio	Sd = 1.500 m		

**Tabla 2.9:** Características de las placas PYL STD + AL.

Otras tipologías de placas son posibles siempre que se compruebe que las prestaciones del sistema indicadas en este documento se mantienen.

En aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE, las placas de yeso laminado PYL STD y PYL STD+AL disponen del marcado CE conforme a la norma armonizada EN 520 y EN 14190 respectivamente.

Los elementos de fijación de estas placas son los indicados en el apartado 2.2.3.

## 2.5.2

### Componentes para el tratamiento de juntas de interior

1. Pastas con cinta.
  - Pasta Jointfiller F1. Pasta de fraguado rápido.
  - Pasta Jointfiller. Pasta de fraguado lento.
  - Pasta Fugenfüller Leicht. Pasta de fraguado lento.
  - Pasta Filler to filler (F2F). Pasta de secado.
  - Cinta de papel microperforado para juntas.
2. Pastas sin cinta.
  - Pasta Uniflott. Pasta de fraguado normal.
  - Pasta Uniflott Impregnado. Pasta de fraguado normal.

En aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE, todos los componentes indicados disponen del marcado CE conforme a la norma armonizada EN 13963.

Las características de estos componentes son las indicadas en la tabla 2.10.

Producto	Característica	Valor declarado	Norma de referencia
Pastas con cinta	Designación de las pastas de fraguado	Compuesto mixto tipo 3B	UNE EN 13963
	Designación de la pasta de secado	Compuesto mixto tipo 3A	
	Reacción al fuego	A2-s1, d0	RD 312/2005
	Fisuras	Ausencia	
	Partículas gruesas	< 1% (200 µm) 0% (315 µm)	UNE EN 13963
	Adherencia	> 0,25 MPa	
Cinta	Masa superficial	6,7 g/m	---
	Ancho	50 mm	
	Resistencia a la rotura	≥ 4,0 N/50 mm	UNE EN 13963
	Estabilidad dimensional	$\Delta\epsilon_{\text{long}} \leq 0,4\%$ $\Delta\epsilon_{\text{anch}} \leq 2,5\%$	
Pasta sin cinta	Designación	Pasta sin cinta tipo 4B	UNE EN 13963
	Reacción al fuego	A1	RD 312/2005
	Fisuras	Ausencia	
	Partículas gruesas	< 1% (200 µm) 0% (315 µm)	UNE EN 13963
	Adherencia	> 0,25 MPa	

**Tabla 2.10:** Características de los componentes del tratamiento de juntas de interior.

## 2.6.

### Placas de aislamiento térmico

Las placas de aislamiento térmico que deben ser utilizadas en el sistema Aquapanel® Outdoor W384 serán placas semirrígidas<sup>4</sup> de lana mineral que tengan las características indicadas en la tabla 2.11.

En aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE, los productos aislantes térmicos de lana mineral deben disponer del marcado CE conforme a la norma armonizada UNE EN 13162.

Característica	Valor declarado	Norma de referencia
Espesor (mm)	40    60    80	UNE EN 823
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	40	UNE EN 1602
Conductividad térmica de diseño, $\lambda$ (W/m·K)	0,036	UNE EN ISO 10456
Coefficiente de difusión al vapor de agua, $\mu$	1	UNE EN 12524
Calor específico (J/kg·K)	1.030	
Resistividad al flujo de aire (kPa·s/m <sup>2</sup> )	≥ 5	UNE EN 29053

**Tabla 2.11:** Características de las placas de aislamiento térmico.

<sup>4</sup> Las placas de aislamiento térmico deben tener la rigidez suficiente para que no caigan por su propio peso cuando sean apoyadas en el interior de la subestructura.

## 3. Fabricación

Las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor son fabricadas por Knauf USG Systems GmbH & Co. KG en sus instalaciones de Iserlohn (Alemania).

Las placas de yeso laminado son fabricadas por Knauf GmbH España en sus instalaciones de Guixers (Lleida) y en sus instalaciones de Escúzar (Granada).

El resto de componentes que intervienen en el sistema Aquapanel® son fabricados por proveedores evaluados, bajo las especificaciones de Knauf GmbH España.

### 3.1. Materias primas

Las materias primas que se utilizan para la fabricación de las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor son:

- Cemento pórtland.
- Áridos ligeros.
- Malla de fibra de vidrio.
- Aditivos.

Las materias primas que se utilizan para la fabricación de las placas de yeso laminado son:

- Yeso.
- Bobinas de cartón.
- Aditivos.
- Lámina de aluminio (PYL STD+AL).

### 3.2. Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor consta de las siguientes etapas:

- Dosificación.
- Amasado.
- Realización de la placa núcleo.
- Colocación de la malla de fibra.
- Fraguado inicial.
- Corte.
- Secado.
- Paletización y embalaje.

El proceso de fabricación de las placas de yeso laminado consta de las siguientes etapas:

- Trituración de la piedra de yeso.
- Molienda.
- Calcinación.
- Mezcla.
- Formación de la placa de yeso laminado.
- Proceso de fraguado.
- Corte inicial.
- Secado.
- Corte final.
- Paletización y embalaje.

### 3.3.

#### Presentación del producto

Los componentes del sistema Aquapanel® Outdoor W384, se presentan tal y como se indica en la tabla 3.1.

Componente	Tipo de paquete	Cantidad por paquete	Información del etiquetado
Placas Aquapanel® Cement Board Outdoor	Palet	25 placas	Nombre de la empresa / Código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales / Cantidad por palet / Peso / Marcado CE
Placas PYL STD	Palet	de 24 a 50 placas	Nombre de la empresa / Fecha de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales / Cantidad por palet / Tipo de borde / Marcado CE
Placas PYL STD + AL	Palet	de 28 a 36 placas	
Lámina Tyvek® StuccoWrap™	Rollo	75 m	Nombre de la empresa / Código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales / Peso / Marcado CE
Tornillo Aquapanel®Maxi TB 39 mm	Caja	250 unidades	Nombre de la empresa / Código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales / Cantidad
Tornillo Aquapanel®Maxi TN 39 mm	Caja	500 unidades	
Cinta de juntas Aquapanel® de 10 cm	Rollo	50 m	Nombre de la empresa / Código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales
Cinta de juntas Aquapanel® de 33 cm	Rollo	50 m	
Mortero de juntas Aquapanel®	Saco	10 kg	Nombre de la empresa / Fecha y código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Peso
Pasta de juntas de interior	Saco	de 20 a 25 kg	Nombre de la empresa / Fecha y código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Peso
Cinta juntas de interior	Rollo	de 23 a 150 m	Nombre de la empresa / Código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales
Placas de aislamiento	Palet	Según proveedor	Nombre de la empresa / Código de fabricación / Tipo de producto / Marca comercial / Medidas nominales / Cantidad por palet / Marcado CE
Perfiles para Montantes	Embalado en cartón	Variable según obra	Nombre de la empresa / Fecha de fabricación / Tipo de producto / Medidas nominales / Marcado CE
Perfiles para Canales	Embalado en cartón	Variable según obra	

**Tabla 3.1:** Presentación de los componentes del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

## 4.

### Control de la producción

Knauf GmbH España dispone de un Sistema de Gestión de Calidad que es conforme con las exigencias de la norma UNE EN ISO 9001 para la fabricación y de placas de yeso laminado y para la comercialización de perfiles metálicos y otros componentes de sistemas constructivos. Certificado número ER-0907/1998 emitido en fecha 21 de octubre de 1998 por AENOR, certificado vigente.

#### 4.1.

##### Control de las placas de yeso laminado

En la fabricación de las placas de yeso laminado, Knauf GmbH España realiza controles de la materia prima y controles del proceso de fabricación en las características y frecuencias indicadas en la documentación de su Sistema de Gestión de la Calidad. En el Dossier Técnico del presente DAU queda recogida esta información.

En la tabla 4.1 se indican los principales ensayos de autocontrol realizados por Knauf GmbH España para el producto final.

Característica controlada	Método de referencia	Frecuencia de control
Masa superficial y densidad	Procedimiento interno	Diaria
Espesor	UNE EN 520	
Adherencia del cartón	Procedimiento interno	
Calidad de secado	Procedimiento interno	
Longitud	UNE EN 520	Quincenal
Anchura		
Desviación de escuadras		
Resistencia a flexión y deformación	UNE EN 520	
Dureza superficial	Procedimiento interno	
Humedad	Procedimiento interno	
Absorción total de agua	UNE EN 520	
Absorción de agua superficial		
Aspecto	Procedimiento interno	

**Tabla 4.1:** Control de producto final de las placas PYL STD y STD+AL.

#### 4.2.

##### Control de los otros componentes del sistema

Los otros componentes del sistema Aquapanel® Outdoor W384, incluida la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor, son comercializados por Knauf GmbH España o sus distribuidores autorizados.

Knauf USG Systems GmbH & Co. KG dispone de un Sistema de Gestión de Calidad que es conforme con las exigencias de la norma DIN EN ISO 9001:2000 para la fabricación de las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor. Número de informe 130001620 y número de registro MPA NRW Q221 emitido en fecha 19 de diciembre de 2006 por MPA NRW, certificado vigente.

Asimismo, Knauf GmbH España selecciona como proveedores a empresas fabricantes que disponen de un control de producción en fábrica que se ajusta a las especificaciones de Knauf GmbH España, para la fabricación de los distintos componentes, solicitando para su control certificados periódicos de conformidad con las especificaciones del producto.

La lista de fabricantes autorizados queda recogida en el Dossier Técnico del presente DAU.

#### 4.3.

##### Control de ejecución en obra

En el transcurso de la ejecución del sistema Aquapanel® Outdoor en la obra, el técnico responsable debe llevar a cabo un control que garantice que la puesta en obra se realiza conforme a la solución adoptada en el proyecto y considerando los criterios indicados en el capítulo 6 de este documento DAU.

## 5. Almacenamiento, transporte y recepción en obra

### 5.1. Almacenamiento

Los componentes del sistema Aquapanel® Outdoor son almacenados en las instalaciones de Knauf GmbH España o en los almacenes de sus proveedores o distribuidores hasta que son transportados a obra.

Tanto en el almacén como en la obra debe controlarse las condiciones de este almacenamiento de modo que no sufran desperfectos o malos usos antes de su puesta en obra. Debe considerarse que los distintos componentes, y en especial las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor y las placas de yeso laminado, tienen que estar protegidos de la intemperie.

En la obra, las condiciones de almacenamiento deben garantizar que los componentes también permanecen protegidos de la intemperie y siempre se deben almacenar bajo cubierta.

Para el correcto almacenamiento, manipulación y traslado de los distintos componentes del sistema Aquapanel® Outdoor se deberá seguir la normativa vigente en cuanto a prevención de riesgos laborales.

### 5.2. Transporte

El transporte de los componentes del sistema Aquapanel® Outdoor puede ser realizado por cualquier medio convencional siempre que se tenga en cuenta que estos componentes no deben sufrir deterioro o desperfectos en ninguna de las fases de este proceso: carga, transporte y descarga.

Los componentes deben protegerse de la lluvia o humedad excesiva durante su transporte.

### 5.3. Control de recepción de los elementos en obra

En la recepción en obra, se deberá controlar, al menos mediante una inspección visual, el estado del material suministrado.

En particular, se debe considerar:

- Las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor y las placas de yeso laminado no deben presentar fisuras, roturas, deformaciones ni humedades.
- No se deberían admitir placas que se encuentren fuera de las especificaciones indicadas en la norma de producto aplicable. Véase el capítulo 2.
- No se admitirá corrosión en los componentes metálicos del sistema.
- Se deberán presentar certificados del fabricante o suministrador conforme a que el producto suministrado es el especificado en el proyecto.

## 6. Criterios de proyecto y ejecución del sistema

### 6.1. Criterios de proyecto

#### 6.1.1

##### Criterios de diseño. Variantes del sistema

El proyectista que incluya como solución constructiva en su proyecto el sistema Aquapanel® Outdoor W384, deberá tener en cuenta las variantes que son consideradas en el presente DAU 09/051. Véase la tabla 6.2.

Asimismo, el proyecto de una fachada completa usando el sistema Aquapanel® Outdoor W384 como hoja interior deberá diseñarse teniendo en cuenta las características prestacionales indicadas a lo largo del presente apartado 6.1.

La estanqueidad al agua de lluvia debe quedar garantizada por la hoja exterior de fachada ventilada a la que se adosa el sistema Aquapanel Outdoor W384. En su defecto debe incorporarse la lámina impermeable al sistema.

En las variantes del sistema Aquapanel® W384, no será necesario colocar la lámina impermeable siempre que el revestimiento de la hoja exterior de la fachada ventilada sea de juntas cerradas o tengan un diseño de las juntas que no permita la entrada de agua al interior.

A efectos de indicar las características prestacionales del sistema, se han considerado dos variantes básicas. Véase la tabla 6.1.

Las características prestacionales del resto de variantes del sistema se deberán determinar en cada caso teniendo en cuenta los criterios indicados en los sucesivos apartados de este capítulo 6.

A modo de simplificación, según las numeraciones indicadas en la tabla 6.2, para las variantes V2 a V4 del sistema se podrán usar los datos prestacionales de la solución V1. Asimismo, para la variante V6 se podrán usar los datos prestacionales de la variante V5.

Los criterios de diseño en relación al tamaño y disposición de las partes opacas y aberturas de la fachada deben cumplir con las exigencias del CTE.

Sistema	Núm. variante	Designación
Aquapanel® Outdoor W384	V1	12,5PAqu (sin rev.) + LImp + SExt75x1(60-40 kg/m³) + 12,5PYL + 15PYL(AL)
	V5	12,5PAqu (sin rev.) + LImp + SExt100x1(90-40 kg/m³) + 15PYL + 15PYL(AL)

Donde:

PAqu = Placa Aquapanel® Outdoor

LImp = Lámina impermeable.

SExt = Subestructura del sistema.

**Tabla 6.1:** Variantes básicas del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

En la fase de proyecto de la fachada, se debe modular ésta de modo que se racionalice el uso de material evitando desperdicios y cortes innecesarios. Para ello se deberá tener en cuenta la distancia entre montantes así como el tamaño de las placas de la cara exterior y de la cara interior (véanse los apartados de los capítulos 2 y 6).

Número de variante	Placa cara exterior PAqu	Subestructura del sistema (SExt)			Placa intermedia PYL STD	Placa cara interior PYL STD+AL (***)	Ancho total (mm)
		Ancho	Espesor del perfil (*)	Mínimo espesor aislante (**)			
V1	12,5	75	1 2	60	12,5	15,0	115,0
V2	12,5	75	1 2	60	15,0	15,0	117,5
V3	12,5	75	1 2	60	18,0	15,0	120,5
V4	12,5	100	1 2	90	12,5	15,0	140,0
V5	12,5	100	1 2	90	15,0	15,0	142,5
V6	12,5	100	1 2	90	18,0	15,0	145,5

(\*) La selección del espesor del montante depende de las acciones mecánicas a las cuales esté sometida la subestructura metálica.

(\*\*) El espesor mínimo de aislante puede ser obtenido a partir de una sola placa de aislamiento o por la suma de dos placas de menor espesor.

(\*\*\*) Esta tipología de placas también puede ser de espesor 12,5 mm siempre que se mantenga el espesor total de la suma de la placa intermedia y la placa de la cara interior.

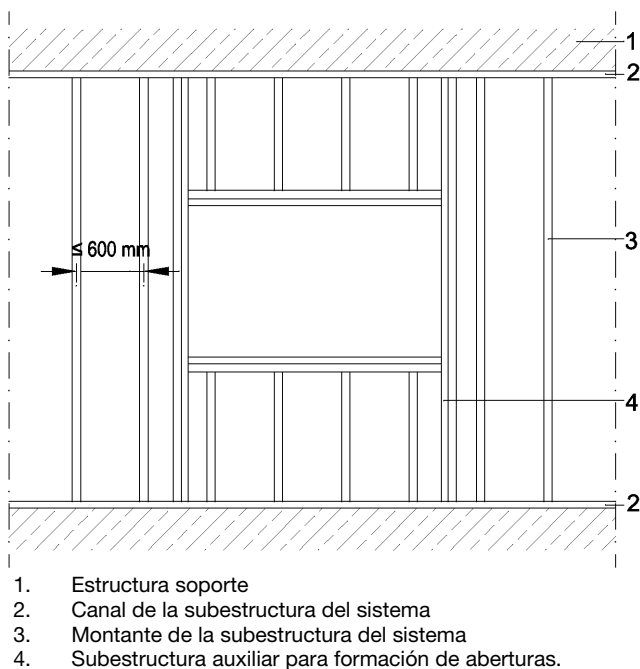
Las dimensiones de los componentes se dan en mm.

**Tabla 6.2:** Variantes del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



En el momento de la definición de la subestructura se debe considerar que la distancia máxima admisible entre los montantes verticales es 600 mm.

Asimismo, se debe considerar que las aberturas deben disponer de una subestructura auxiliar propia y adicional a la subestructura del sistema. Esta subestructura auxiliar de hueco deberá ser elegida en función de la dimensión del hueco y del tipo de carpintería considerada en el proyecto.



**Figura 6.1:** Subestructura del sistema.

En relación a la modulación, las placas de la cara interior y placas intermedias deben instalarse en posición vertical mientras que las placas de la cara exterior deben instalarse en posición horizontal. En todos los casos, sus juntas verticales deben coincidir siempre con un montante. Véanse las figuras 6.11 y 6.13.

Para las placas de la cara interior y placas intermedias, en caso de que se necesite más de una placa para cubrir la altura, las juntas horizontales entre dos placas contiguas nunca serán coincidentes sino que deberán estar desfasadas (como mínimo 400 mm).

Para las placas de la cara exterior, se recomienda que las juntas horizontales entre placas no coincidan con el canto del forjado ni las juntas verticales coincidan con los pilares. Asimismo se recomienda que la junta entre placas no coincida con las esquinas del cerco de las aberturas.

Se deben prever juntas de dilatación, horizontales y verticales, cada 15 m de fachada.

En el apartado 6.2 se aportan los principales detalles constructivos del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

En los detalles constructivos del sistema indicados en el apartado 6.2, no se aportan datos de los encuentros con los huecos de fachada debido a que la solución constructiva final depende de la hoja exterior de fachada ventilada que vaya a ser adosada. Sin embargo, en el diseño final de la fachada se debe prestar especial atención al diseño de estos encuentros, preferiblemente en las zonas del alféizar, dinteles y jambas.

### 6.1.2 Seguridad estructural

Debe justificarse mediante cálculo que la solución adoptada del sistema Aquapanel® Outdoor resiste las acciones que en cada proyecto le son de aplicación. En el caso de que el proyectista lo requiera, el departamento técnico de Knauf GmbH España puede facilitar asesoramiento específico para el proyecto.

Asimismo, debe justificarse que la estructura soporte del sistema Aquapanel® Outdoor tiene la resistencia y estabilidad adecuada para soportar las cargas transmitidas por éste sistema.

El sistema Aquapanel® Outdoor deberá diseñarse para ser compatible con las deformaciones propias de la estructura soporte a la que está sujeto. Se deberá tener en cuenta para su diseño todas las limitaciones, debidas a las exigencias del CTE, impuestas a la estructura soporte.

Los requisitos de seguridad estructural según el DB-SE del CTE, que deben cumplir tanto el sistema Aquapanel® Outdoor como la estructura soporte, deben determinarse en función de la geometría general del edificio y su situación topográfica, definiendo de este modo las acciones a las cuales va a estar sometida la fachada y la estructura.

Tal como se indica en el apartado 1.2, se ha considerado que la subestructura de la hoja exterior de la fachada ventilada de un cerramiento que contenga como hoja interior el sistema Aquapanel® Outdoor W384, se fija a los frentes de forjados.

En esta situación, las acciones debidas al viento deberán ser soportadas por esta hoja exterior y no deben ser transmitidas al sistema Aquapanel® Outdoor W384.



Sin embargo, aunque no se ha considerado en la evaluación realizada para el presente documento, podría ser posible el apoyo intermedio de la subestructura de la hoja exterior en la subestructura metálica del sistema Aquapanel® Outdoor W384 siempre que se justificara que la solución adoptada es compatible con el sistema Aquapanel® Outdoor W384, teniendo en cuenta, entre otros aspectos, el análisis estructural de las cargas (peso y viento) que se transmitan a la subestructura y el análisis estructural y de estanqueidad de los puntos de unión entre las subestructuras.

El tipo de anclaje de la subestructura del sistema a la estructura soporte debe elegirse individualmente para cada proyecto en función del tipo de soporte y del valor de las acciones que intervienen, garantizando la resistencia, estabilidad y la durabilidad del sistema Aquapanel® Outdoor.

Los anclajes de la subestructura del sistema a la estructura soporte deben cumplir con las normas que le sean de aplicación<sup>5</sup>.

### 6.1.3

#### Seguridad en caso de incendio

##### 6.1.3.1

#### Reacción al fuego

Tal como se establece en el apartado 9.2.1, los materiales de la cara interior del sistema Aquapanel® Outdoor W384 tienen una clasificación de reacción al fuego A2-s1, d0, por tanto cumple con las exigencias indicadas en el DB SI1 del CTE para propagación interior.

Asimismo, los materiales de la cara exterior del sistema tienen una clasificación de reacción al fuego A1, por tanto cumple con las exigencias indicadas en el DB SI2 del CTE para propagación exterior en fachadas.

Estos valores son aplicables a todas las variantes del sistema consideradas en el apartado 6.1.1 y siempre que se utilicen los componentes indicados en el capítulo 2.

### 6.1.3.2

#### Resistencia al fuego

Tal como se establece en el apartado 9.2.2, el sistema Aquapanel® Outdoor W384 tiene una clasificación de resistencia al fuego mínima EI 60, por tanto cumple con las exigencias indicadas en el DB SI2 del CTE para propagación exterior en fachadas.

Estos valores son aplicables a todas las variantes del sistema consideradas en el apartado 6.1.1 y siempre que se utilicen los componentes indicados en el capítulo 2.

### 6.1.4

#### Salubridad

##### 6.1.4.1

#### Grado de impermeabilidad al agua de lluvia

En relación a la exigencia del DB HS1 del CTE respecto al grado de impermeabilidad de las fachadas (considerando fachadas con revestimiento), el sistema Aquapanel® Outdoor W384 tiene el siguiente nivel de prestación, véase el apartado 9.3.3:

C1, para todas las variantes del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Los niveles de prestación R y B en los cerramientos de fachada ventilada que incorporen el sistema Aquapanel® Outdoor W384, vendrán determinadas por la tipología de hoja exterior de fachada ventilada que se elija en cada caso.

La estanqueidad al agua de lluvia debe quedar garantizada por la hoja exterior de fachada ventilada a la que se adosa el sistema Aquapanel® Outdoor W384. En su defecto debe incorporarse la lámina impermeable al sistema.

##### 6.1.4.2

#### Limitación de condensación

En relación a la exigencia del DB HS1 del CTE respecto a la limitación de condensaciones, en cada proyecto se deberán realizar las comprobaciones necesarias según la variante constructiva que se utilice, teniendo en cuenta las características higrotérmicas exteriores (dependen del lugar de ubicación del edificio), las características higrotérmicas interiores (dependen del uso del edificio), y las características higrotérmicas de los materiales indicadas en este documento.

<sup>5</sup> Por ejemplo, se recomienda que los anclajes a una estructura de hormigón dispongan del correspondiente marcado CE.

Para realizar estas comprobaciones se deberá seguir lo indicado en el DB HE1 del CTE.

En el apartado 9.3.5 se han realizado las comprobaciones de las variantes básicas del sistema Aquapanel® Outdoor W384 en los lugares más desfavorables de cada zona climática, con las condiciones higrotérmicas del mes más frío<sup>6</sup>.

Tomando como referencia los resultados obtenidos en estas comprobaciones, se deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las condensaciones superficiales dependen principalmente del aislamiento térmico y por tanto, para evitar condensaciones superficiales, se deberá reforzar esta característica, por ejemplo, colocando mayor espesor de aislamiento.
- Las condensaciones intersticiales dependen de la combinación de aislamiento y permeabilidad al vapor de cada una de las capas y también de la posición de estas capas dentro del cerramiento. Para evitar condensaciones intersticiales, lo más conveniente es colocar barreras de vapor en la cara caliente (capas interiores) del cerramiento.

En el sistema Aquapanel® Outdoor W384, parte de esta barrera de vapor es atribuible a la lámina de aluminio de la placa de yeso laminado interior, sin embargo, en algunas zonas climáticas y/o en alguno puntos singulares de puentes térmicos, es posible que sea necesario reforzar esta barrera de vapor.

#### 6.1.4.3

##### Contenido y/o desprendimiento de sustancias peligrosas

Knauf GmbH España declara que ninguno de los componentes del sistema Aquapanel® Outdoor W384 contienen o desprenden sustancias peligrosas.

#### 6.1.5

##### Seguridad de utilización

En relación a impacto por el exterior, el sistema Aquapanel® Outdoor W384, la categoría de uso exterior no aplica a este sistema sino a la hoja exterior de fachada ventilada que completa el cerramiento de fachada.

<sup>6</sup> No se ha considerado el balance anual de humedad y cantidad máxima de humedad debida a la condensación intersticial. Véase la norma UNE EN ISO 13788.

En relación a impacto por el interior, el sistema Aquapanel® Outdoor W384 tiene, como mínimo, la siguiente categoría de uso:

- Categoría I de impacto interior: Zonas accesibles en las que existe un elevado control de los riesgos de impacto sobre la pared o mal uso de ella.

Esta categoría puede verse incrementada hasta Categoría IV<sup>7</sup> de impacto en caso de utilizar placas de yeso laminado intermedia e interior con un espesor mínimo de 15 mm cada una, véanse los apartados 2.5.1 y 9.4.1.

Asimismo, en cada proyecto se deberá analizar si las subestructuras del sistema Aquapanel® Outdoor W384 debe estar conectada a tierra para mantener su equipotencialidad.

#### 6.1.6

##### Protección frente al ruido

Debe justificarse mediante cálculo que la solución adoptada del proyecto que incluye el sistema Aquapanel® Outdoor W384 cumple con las exigencias de aislamiento a ruido aéreo indicadas en el DB HR del CTE.

El método de cálculo que se recomienda aplicar es el indicado como "Opción General" dentro de este DB HR. Sin embargo, también es posible aplicar el método indicado como "Opción Simplificada" cuando los elementos de separación vertical que acometan a la fachada realizada con el sistema Aquapanel® Outdoor W384 sean de tipo 1 ó 3 según se definen en el apartado 3.1.2.3.1 de dicho documento<sup>8</sup>.

En el caso de que el proyectista lo requiera, el departamento técnico de Knauf GmbH España puede facilitar asesoramiento específico para el proyecto.

<sup>7</sup> Una Categoría IV de impacto interior corresponde a zonas accesibles en las que existe un bajo control de los riesgos de impacto sobre la pared o mal uso de ella.

<sup>8</sup> Los elementos de separación verticales de tipo 1 corresponden a elementos compuestos por un elemento base de una o dos hojas de fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados, sin trasdosado o con un trasdosado por ambas caras. Los de tipo 3 corresponden a elementos de separación de dos hojas de entramado autoportante. El punto 7 b) del apartado 3.1.2.3.4 del DB HR no contempla el caso de elementos de dos hojas de fábrica o paneles prefabricados pesados con bandas elásticas en su perímetro (elementos de tipo 2), que acometan a una fachada con hoja interior de entramado autoportante.

Las características prestacionales del sistema Aquapanel® Outdoor W384, que pueden ser utilizadas para los cálculos, se indican en la tabla 9.10.

Asimismo, se deben considerar los criterios de ejecución de los distintos componentes tal como se especifican en el apartado 6.3.

## 6.1.7

### Ahorro de energía

#### 6.1.7.1

##### Aislamiento térmico

En relación a la exigencia del DB HE1 del CTE respecto al aislamiento térmico de los cerramientos de una edificación, se puede considerar que el sistema Aquapanel® Outdoor W384 tiene los valores de resistencia térmica indicados en la tabla 6.3, estos datos han sido obtenidos a partir de los ensayos y cálculos indicados en el apartado 9.6.

Sistema	Núm. variante	Resistencia térmica (1), $R_m$ , (m <sup>2</sup> ·K/W)	Trasmittancia térmica (2), $U_w$ , (W/m <sup>2</sup> ·K)
Aquapanel® Outdoor W384	V1	1,67	0,52
	V5	2,39	0,38

(1) Resistencia térmica de las zonas opacas. No se considera los posibles huecos del cerramiento. No se consideran las resistencias térmicas superficiales.

(2) Incluye las resistencias térmicas superficiales.

**Tabla 6.3:** Resistencia y transmitancia térmica del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Estos valores cumplen con los valores máximos de transmitancia térmica de cerramientos, indicados en la tabla 2.1 del DB HE1 del CTE, para todas las zonas climáticas.

#### 6.1.7.2

##### Permeabilidad al aire

La estanqueidad al aire del sistema Aquapanel® Outdoor W384 se asegura con una correcta ejecución de las juntas entre placas y de los encuentros de estas placas con otros elementos de la edificación (huecos de ventanas y puertas, encuentros con la estructura, etc.). Véase el apartado 9.6.5.

#### 6.1.7.3

##### Inercia térmica

Los datos relevantes para el cálculo de la inercia térmica del sistema Aquapanel® Outdoor W384 son:

- Calor específico, J/(kg·K).
- Masa superficial, kg/m<sup>2</sup>.
- Densidad, kg/m<sup>3</sup>.
- Resistencia o transmitancia térmica.

Estos datos se encuentran definidos en los capítulos 2 y 6 de este documento.

Según los resultados de los ensayos indicados en el apartado 9.6.4, se debe considerar que el sistema Aquapanel® Outdoor W384, dispone de una estabilidad térmica adecuada debida principalmente a su capacidad de aislamiento térmico.

## 6.1.8

### Durabilidad

La durabilidad del sistema Aquapanel® Outdoor W384 se asegura con buenas medidas de diseño de proyecto, véase el apartado 6.1.1 y 6.1.2, prestando atención a la solución de los puntos singulares, véase el apartado 6.2, una correcta ejecución, véase el apartado 6.3 y unas adecuadas prescripciones de mantenimiento.

Según los resultados de los ensayos para ciclos de envejecimiento acelerado sobre las capas exteriores del sistema, se deberá prestar especial atención a que todas las juntas de encuentros queden correctamente selladas y, por tanto, los cantos de las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor no queden en contacto con el ambiente exterior. Asimismo, es de especial importancia proteger estos elementos durante el almacenamiento en obra.

Los principales componentes metálicos del sistema Aquapanel® Outdoor W384 son de acero galvanizado (véase el apartado 2.4) lo cual les aporta un grado de protección a la corrosión adecuado, considerando que no se encuentran en contacto directo con el ambiente exterior.

Si fuese necesario, se podría aplicar una protección adicional mediante pintura, según se especifica en la norma UNE EN ISO 12944, especialmente en las secciones de los perfiles que puedan haber perdido el galvanizado por el corte de los perfiles a la longitud adecuada de obra.

Asimismo, los anclajes que se elijan para fijar la subestructura del sistema a la estructura del edificio deben ser de materiales protegidos contra la corrosión.

### 6.1.9

#### Cuadro resumen de prestaciones

Sistema	Núm. Variante (*)	SI		Resistencia al fuego	HE $U_m$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	HS  GI	HR			m (kg/m <sup>2</sup> )
		Reacción al fuego					$R_w$ (dB)	$R_A$ (dBA)	$R_{Ar}$ (dBA)	
		Interior	Exterior							
Aquapanel® Outdoor W384	V1	A2-s1, d0	A1	EI 60	0,52	(**)	50 (-2,-6)	48,4	44,1	41,0
	V5	A2-s1, d0	A1	EI 60	0,38	(**)	51 (-1,-6)	49,9	45,3	44,5

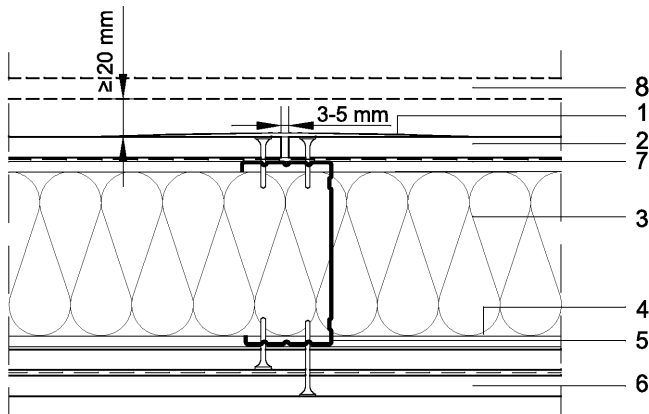
(\*) Las composiciones de las variantes se encuentran definidas en la tabla 6.1.

(\*\*) Dependerá del nivel de prestación de la hoja exterior de la fachada ventilada.

Prestaciones de las zonas opacas. No se considera los posibles huecos del cerramiento.

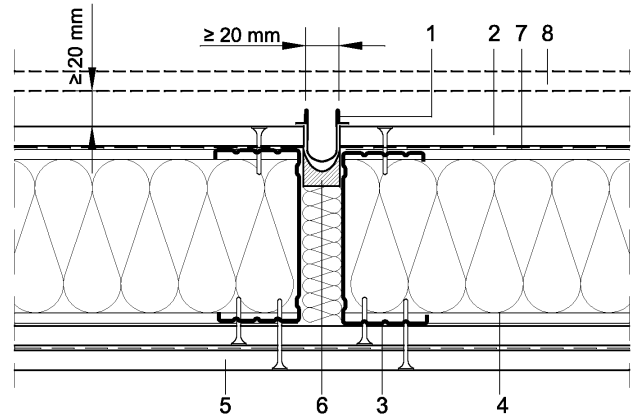
**Tabla 6.4:** Cuadro resumen de prestaciones del sistema Aquapanel® Outdoor W384. Variantes básicas.

## 6.2. Detalles constructivos



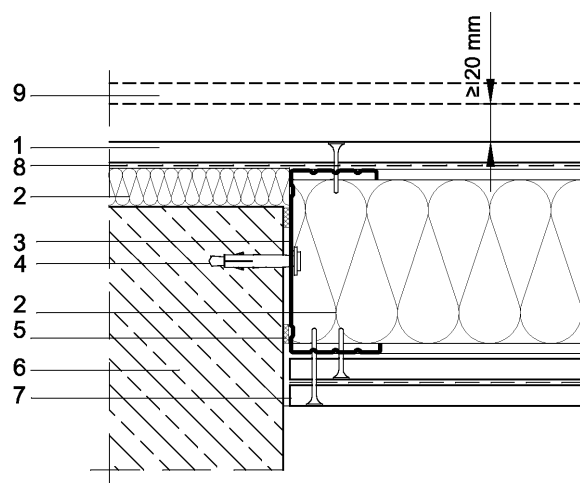
1. Tratamiento para juntas
2. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
3. Aislante
4. Canal exterior
5. Montante exterior
6. Placas PYL STD y PYL STD+AL
7. Lámina impermeable (opcional)
8. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.2:** Sección horizontal del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



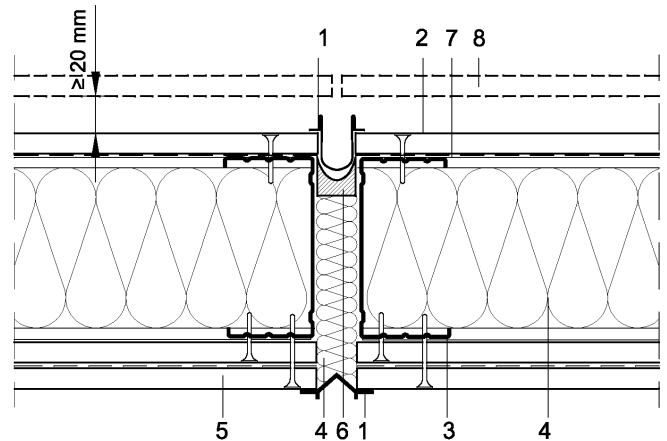
1. Perfil junta de dilatación
2. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
3. Montante exterior
4. Aislante
5. Placas PYL STD y PYL STD+AL
6. Junta de estanqueidad
7. Lámina impermeable (opcional)
8. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.4:** Junta de control superficial del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



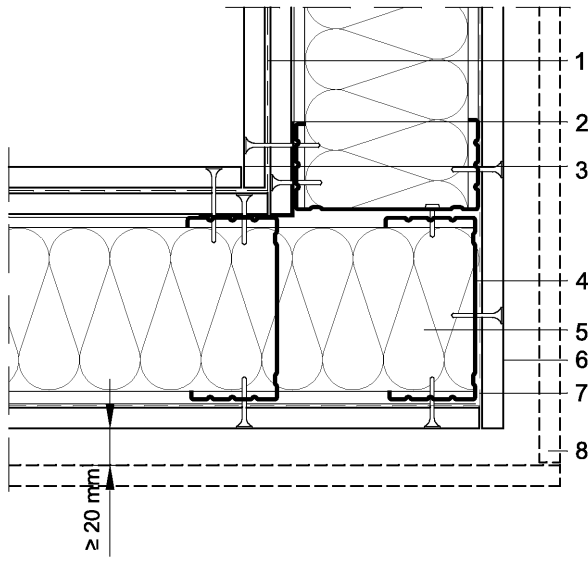
1. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
2. Aislante
3. Montante exterior
4. Anclaje
5. Junta de estanqueidad
6. Pilar de hormigón
7. Placas PYL STD y PYL STD+AL
8. Lámina impermeable (opcional)
9. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.3:** Encuentro con pilar del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



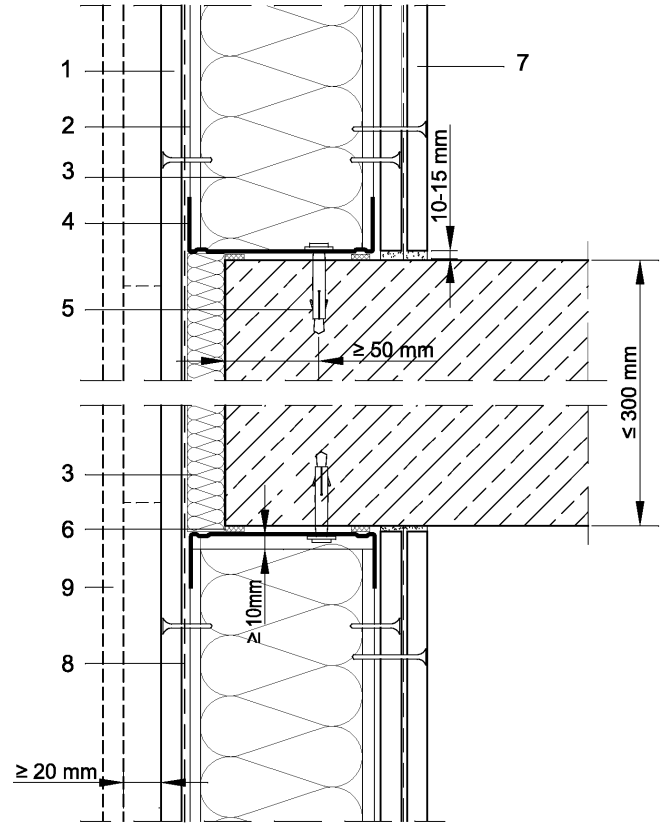
1. Perfil junta de dilatación
2. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
3. Montante exterior
4. Aislante
5. Placas PYL STD y PYL STD+AL
6. Junta de estanqueidad
7. Lámina impermeable (opcional)
8. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.5:** Junta de dilatación del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



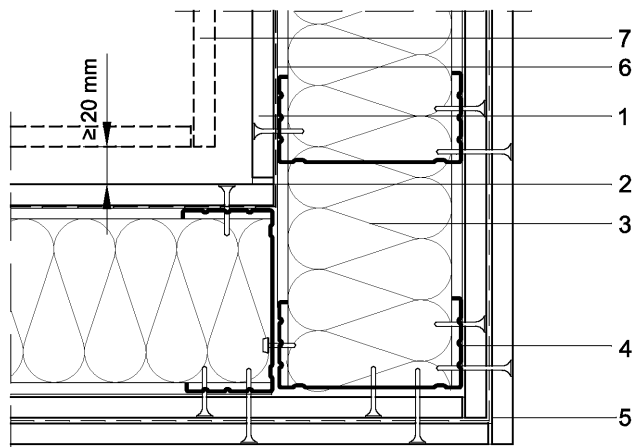
1. Placas PYL STD y PYL STD+AL
2. Ángulo metálico
3. Tratamiento de juntas
4. Montante exterior
5. Aislante
6. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
7. Lámina impermeable (opcional)
8. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.6:** Esquina saliente del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



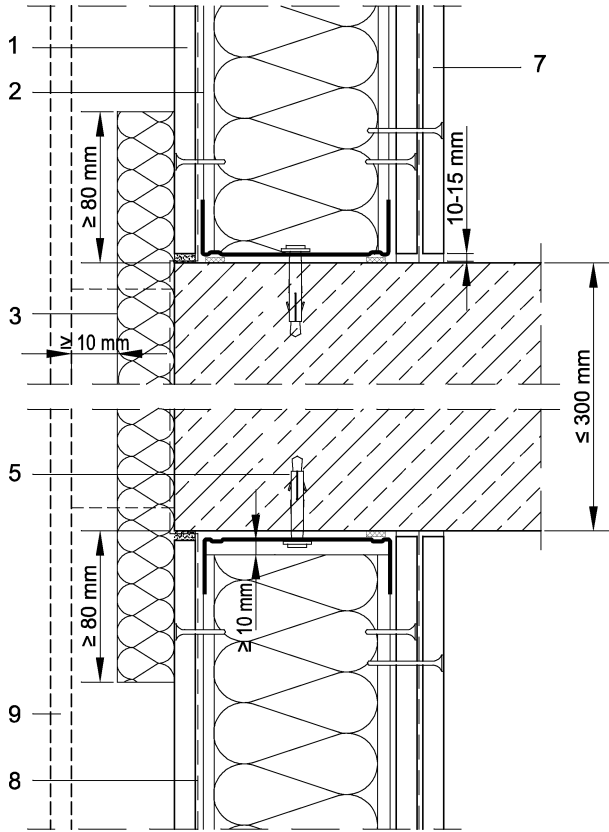
1. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
2. Montante exterior
3. Aislante
4. Canal exterior
5. Anclaje
6. Junta de estanqueidad
7. Placas PYL STD y PYL STD+AL
8. Lámina impermeable (opcional)
9. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.8a:** Encuentro con forjado del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



1. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
2. Tratamiento de juntas
3. Aislante
4. Montante exterior
5. Placas PYL STD y PYL STD+AL
6. Lámina impermeable (opcional)
7. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.7:** Esquina entrante del sistema Aquapanel® Outdoor W384.



1. Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
2. Montante exterior
3. Aislante no hidrófilo (e ≥ 15 mm)
4. Canal exterior
5. Anclaje
6. Junta de estanqueidad
7. Placas PYL STD y PYL STD+AL
8. Lámina impermeable (opcional)
9. Hoja exterior de fachada ventilada

**Figura 6.8b:** Encuentro con forjado con interrupción de la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor.

## 6.3.

### Criterios de puesta en obra

#### 6.3.1

##### Criterios generales de puesta en obra

##### 6.3.1.1

##### Montadores y equipos para el montaje

El sistema Aquapanel® Outdoor W384 debe ser instalado por personal y/o empresas especializadas en este sistema. Knauf GmbH España dispone de una lista de empresas autorizadas para este fin.

Los equipos de montadores deben constar de al menos dos personas. Los montadores deben acreditar su cualificación y experiencia.

Los medios auxiliares y la maquinaria de obra deben cumplir las condiciones funcionales y de calidad establecidas en las normas y disposiciones vigentes relativas a la fabricación y control industrial de estos equipos.

##### 6.3.1.2

##### Manipulación en obra. Condiciones de seguridad

Los componentes del sistema Aquapanel® Outdoor W384 deben permanecer almacenados en obra tal como se indica en el capítulo 5.

El transporte de los componentes del sistema hasta su lugar de instalación puede ser realizado desde el acopio en obra, a mano o con cualquier medio auxiliar de ayuda al transporte de material.

En general, en cualquier acción de manipulación de los materiales en la obra se debe evitar que se produzcan desperfectos en los mismos.

En el proceso de montaje y mantenimiento se deberá tener en cuenta la normativa vigente sobre prevención de riesgos laborales así como prever que se incluya en el plan de seguridad y salud de la obra desarrollado al efecto.



### 6.3.1.3

#### Verificaciones previas a la puesta en obra

Una vez se tenga ejecutada la estructura del edificio (soporte del sistema) se deberá verificar, a partir de los planos aportados por la dirección facultativa, que la modulación y cálculo inicial de las subestructuras, placas y anclajes considerada en la fase de proyecto es la adecuada para iniciar la puesta en obra del sistema.

Se recomienda que la toma de medidas in situ por parte del técnico responsable de la puesta en obra del sistema se efectúe antes del corte en fábrica de los perfiles de la subestructura metálica, con el fin de que la estructura metálica se adapte fielmente a las dimensiones reales de la obra, evitando disposiciones incorrectas en el montaje.

### 6.3.1.4

#### Orden cronológico de ejecución

El orden cronológico de ejecución del sistema Aquapanel® Outdoor W384 es el siguiente:

1. Replanteo de la subestructura metálica en suelo y techo.
2. Montaje de la subestructura metálica y aislante.
3. Instalación de la lámina impermeable sobre la cara exterior de la subestructura metálica.
4. Instalación de las placas de exterior (placas Aquapanel® Cement Board Outdoor) y su tratamiento de juntas.
5. Instalación de las placas de la cara interior PYL y PYL+AL y su tratamiento de juntas.
6. Aplicación del revestimiento interior de acabado (por ejemplo, pintura).

### 6.3.1.5

#### Corte y manipulación de las placas

Para cortar las placas se debe marcar sobre ellas la línea de corte. El corte se debe realizar con una cuchilla con cabeza de vidia o con una sierra de calar con cuchilla de diamante o metal de alta dureza.

Para mover las placas manualmente estas se deben colocar de canto teniendo cuidado para que bordes y esquinas no se rompan.

### 6.3.2

#### Replanteo

Tras la verificación inicial de la modulación y cálculo del sistema Aquapanel® Outdoor a ejecutar, véase el apartado 6.3.1.3, el técnico responsable de la puesta en obra del sistema, debe marcar en suelo y techo el posicionamiento de las subestructuras según la modulación final establecida.

Esta operación de marcado deberá realizarse justo antes del inicio de las operaciones de montaje dejando claramente identificada la posición de los cercos, huecos, etc.

### 6.3.3

#### Montaje de la subestructura metálica y el aislante

##### 6.3.3.1

#### Colocación de los canales

Los canales inferiores se deben colocar sobre solado terminado o base de asiento y deben llevar, en la superficie de apoyo o de contacto con el soporte, una cinta de banda estanca o elemento estanco como protección acústica.

Los canales superiores se deben colocar bajo el forjado y deberán llevar también adherida en la superficie de contacto, una cinta de banda estanca o elemento estanco como protección acústica.

Esta cinta de banda estanca puede ser, por ejemplo, una cinta de espuma de polietileno autoadhesiva en una cara, de espesor 3 mm y del ancho del canal a utilizar.

La tipología y disposición de los anclajes de los canales deben seguir las especificaciones indicadas en el proyecto. Los anclajes de los canales inferior y superior deberán ser los adecuados al tipo de estructura y a los esfuerzos que deben soportar.

La separación entre los anclajes debe ser igual o menor a 600 mm, además deben disponerse en un mínimo de 3 puntos de anclajes cuando los canales tienen una longitud superior a 500 mm. Asimismo se debe tener en cuenta que las fijaciones de inicio y final del canal deben estar a una distancia menor o igual a 50 mm del extremo del perfil.

La continuidad de los canales debe realizarse a tope, no por solape, excepto en los cruces y esquinas en donde quedarán separados el espesor de la placa o placas que forman la composición del cruce.



Las soldaduras de los perfiles no están permitidas en este sistema.

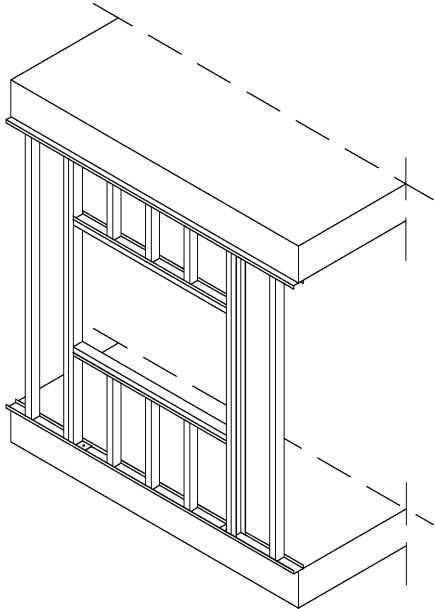


Figura 6.9: Vista del montaje de la subestructura metálica.

### 6.3.3.2

#### Colocación de los montantes

Los montantes de arranque y final de la subestructura deben fijarse a la estructura del edificio con los anclajes especificados en el proyecto. La separación entre estos anclajes debe ser igual o menor a 600 mm, además deben disponerse en un mínimo de 3 puntos de anclajes cuando los montantes tienen una longitud superior a 500 mm.

Estos montantes de arranque se anclarán a los canales inferior y superior mediante tornillos especiales metal-metal LB (punta broca). Véase el apartado 2.4.

Los montantes intermedios se colocarán mediante un simple giro, siguiendo la modulación definida en el proyecto. La sujeción de estos montantes a los canales normalmente será por presión, no obstante, si el proyecto lo requiere, se podrían fijar a los canales superiores e inferiores.

Todos los montantes se colocan en el mismo sentido excepto los de final y los de huecos de paso o soporte de anclaje.

### 6.3.3.3

#### Colocación del aislante

Una vez montada la subestructura se coloca el aislante, del espesor que corresponda, quedando apoyado en las alas de los canales y montantes.

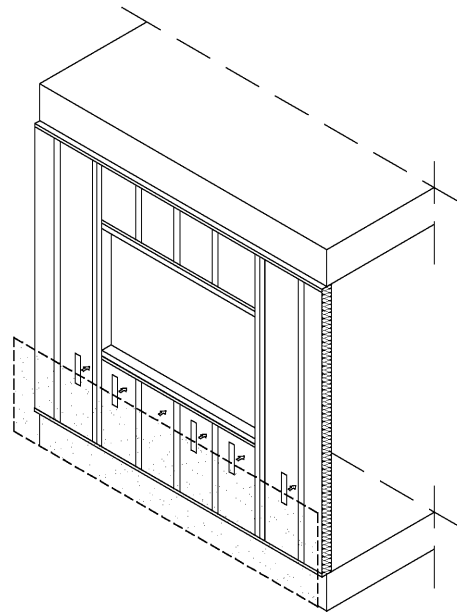


Figura 6.10: Vista del montaje del aislante.

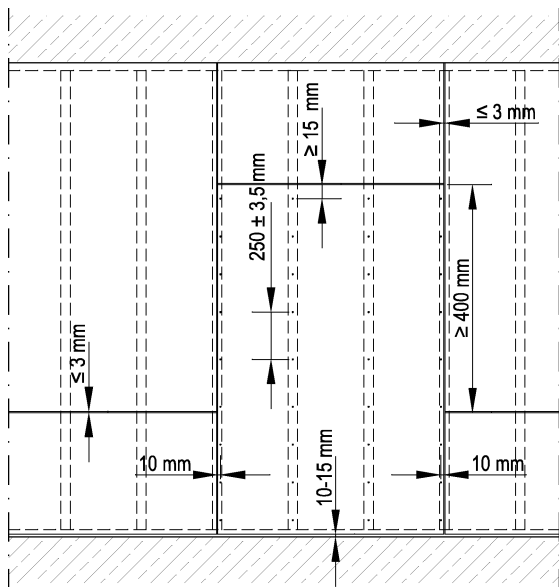
### 6.3.4

#### Colocación de las placas de la cara interior y ejecución del tratamiento de juntas interiores

Las placas deben estar a la misma temperatura que el recinto en el lugar en el que van a ser instaladas y nunca inferior a 5 °C.

Las placas de la cara interior y placas intermedias se instalan apoyadas sobre la estructura metálica en posición vertical de manera que sus juntas verticales coincidan siempre con un montante. Las placas quedarán separadas del suelo entre 10 y 15 mm y a tope con el techo.

Entre los bordes de las placas debe quedar una distancia máxima de 3 mm para realizar el tratamiento de juntas interior.



**Figura 6.11:** Montaje de las placas de la cara interior e intermedias.

El atornillado se comenzará desde el centro de la placa hacia los extremos con una separación entre tornillos de  $250 \pm 3,5$  mm, colocados a no menos de 15 mm de los bordes transversales de la placa y a 10 mm de los bordes longitudinales de la placa.

Las placas no deben atornillarse a los perfiles en una zona donde exista el cruce de un montante y un canal.

En caso de que se necesite más de una placa vertical para cubrir la altura, las juntas horizontales entre dos placas contiguas nunca serán coincidentes sino que estarán desfasadas 400 mm como mínimo.

En el sistema Aquapanel® Outdoor W384 que tiene varias capas de placas, la primera capa se podrá fijar con una separación entre tornillos de 700 mm como máximo, siempre que la segunda placa se atornille en las 48 horas siguientes a la primera. En este caso las juntas se deberán contrapear para que no coincidan sobre el mismo montante.

### 6.3.5

#### Colocación de la lámina impermeable

La lámina impermeable se coloca sobre la cara exterior de la subestructura metálica antes de la colocación de la placa Aquapanel® Cement Board Outdoor.

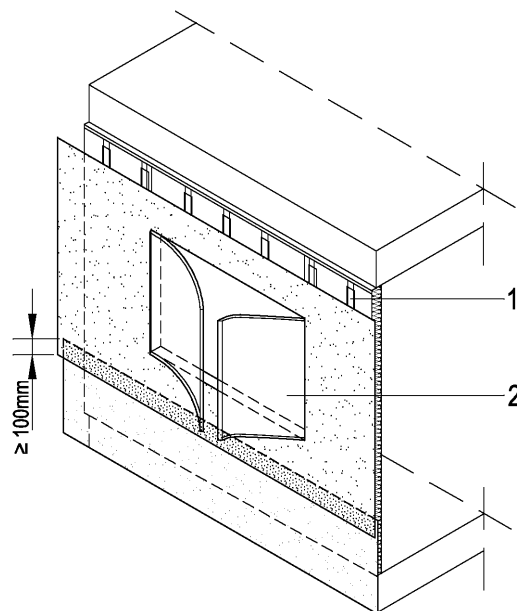
La lámina dispone de una estructura acanalada que debe colocarse en posición vertical. La lámina se fija a la subestructura metálica mediante una cinta adhesiva de doble cara.

La instalación de la lámina impermeable debe realizarse comenzando por la parte inferior y continuando en sentido ascendente. Entre la lámina superior e inferior debe haber un solape de al menos 100 mm.

Para resolver los encuentros de la lámina impermeable con los huecos de puertas y ventanas, se realizan tres cortes, dos horizontales en la parte superior e inferior de la abertura y uno vertical en el centro. Posteriormente se deben abrir hacia el exterior los trozos de lámina recortados. Véanse las figuras 6.12.

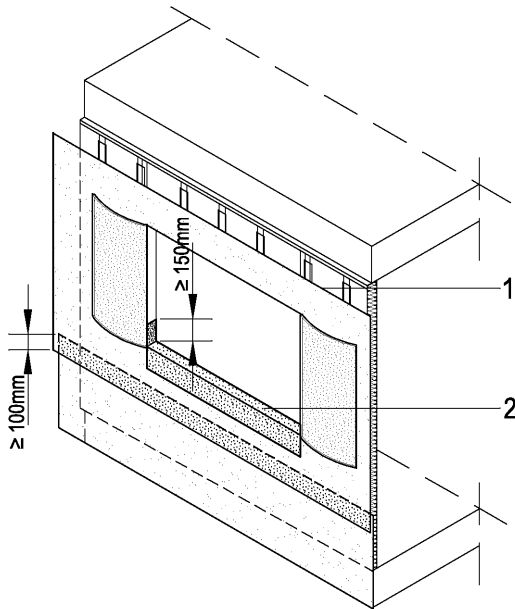
En el alféizar de la ventana se deberá colocar un trozo de lámina impermeable solapando la lámina inferior. Asimismo, este trozo debe solapar con los telares de las jambas al menos 150 mm. Los trozos de lámina recortados se vuelven a cerrar hacia el interior para cubrir las jambas.

Las esquinas inferiores se refuerzan mediante un trozo de lámina colocado a  $45^\circ$ .



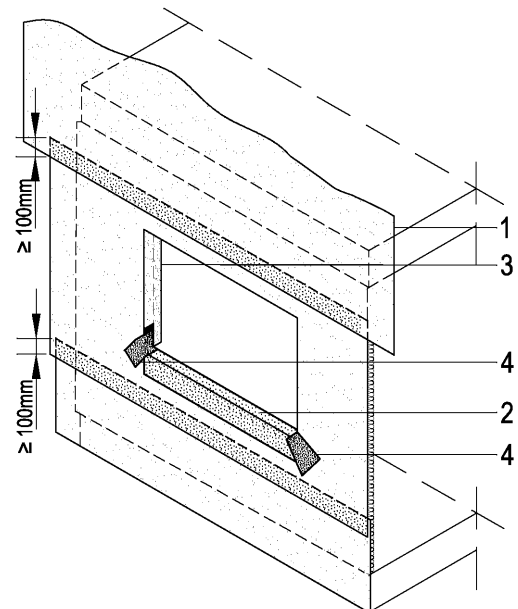
1. Cinta adhesiva de 2 caras para fijación de lámina.
2. Lámina impermeable. Cortes en encuentro con aberturas.

**Figura 6.12.a:** Vista 1 del montaje de la lámina.



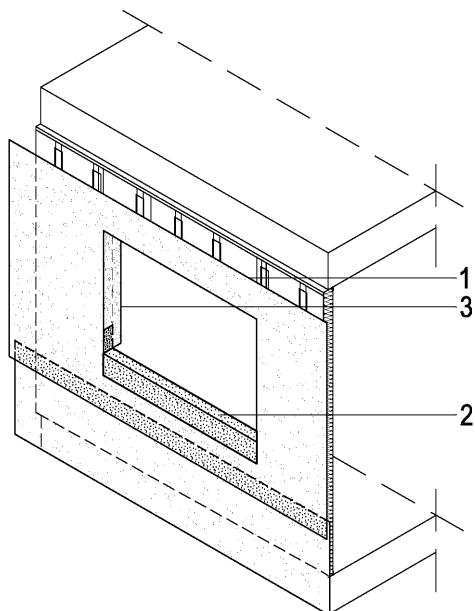
1. Lámina impermeable
2. Lámina adicional para protección de alféizar

Figura 6.12.b: Vista 2 del montaje de la lámina.



1. Lámina impermeable
2. Lámina adicional para protección de alféizar
3. Plegado de los cortes sobre las jambas
4. Refuerzo de esquinas a 45°

Figura 6.12.d: Vista 4 del montaje de la lámina.



1. Lámina impermeable
2. Lámina adicional para protección de alféizar
3. Plegado de los cortes sobre las jambas

Figura 6.12.c: Vista 3 del montaje de la lámina.

### 6.3.6

#### Colocación de la placa Aquapanel® de la cara exterior y ejecución del tratamiento de juntas de la cara exterior

Las placas deben ser instaladas cuando la temperatura sea superior a 5 °C.

Las placas de la cara exterior se instalan apoyadas sobre la estructura metálica de manera que sus juntas verticales coincidan siempre con un montante.

Entre los bordes de las placas (verticales y horizontales) debe quedar una distancia de 3 a 5 mm necesaria para realizar el tratamiento de juntas de exterior.

El atornillado se comenzará desde el centro de la placa hacia los extremos con una separación entre tornillos de  $250 \pm 3,5$  mm y a no menos de 15 mm de los bordes de la placa. La cabeza de los tornillos debe quedar enrasada en la superficie.

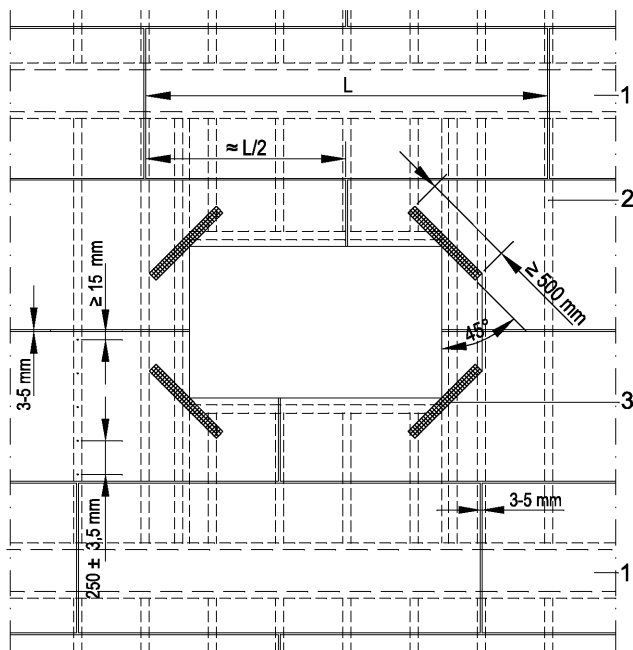
Las placas no deben atornillarse a los perfiles en una zona donde exista el cruce de un montante y un canal.

Las juntas verticales entre dos placas contiguas no serán coincidentes sino que estarán desfasadas aproximadamente la mitad de la longitud de la placa.

El tratamiento de juntas se realiza con el mortero y la cinta de malla de juntas de exterior.

En una primera mano, el mortero de juntas se debe aplicar a lo largo de las juntas teniendo especial cuidado en que el mortero penetre bien en la junta. Posteriormente se coloca la cinta de malla a lo largo de la junta y se repasa la junta con la espátula. Si fuera necesario se puede realizar otra mano de mortero sobre la junta.

En los encuentros con la estructura del edificio y en las aberturas se debe realizar un refuerzo del mortero y la cinta de malla. En el caso de las esquinas de las aberturas, este refuerzo debe realizarse con al menos 500 mm de cinta de malla colocada a 45°.



1. Estructura soporte
2. Montante de la subestructura de la hoja interior
3. Refuerzo de esquina con cinta de malla

Figura 6.13: Montaje de las placas de la cara exterior.

## 7.

### Referencias de utilización

El sistema Aquapanel® Outdoor W384 se lleva ejecutando desde el año 2000.

Como referencias de utilización se ha aportado la siguiente relación de obras:

- Hotel Llum Blava. Avenida Ribera Baixa 2. Favara. Valencia.
- Viviendas Ática. C/Isabel de Villena 21. Valencia.
- Edificio viviendas de 3 plantas. Travessera del Camí de Mas Martí. Tordera. Barcelona.
- Complejo Parroquial Nuestra Señora de la Almudena. C/Escoriaza y Fabro. Zaragoza.
- Hotel AC Forum 2004. Paseo Taulat 278. Barcelona.
- Guardería Municipal. Barrio de la Bordeta. Lleida.
- Hotel AC Sants. Passeig de Sant Antoni 36-40. Barcelona.
- Comisaría de Mossos d'Esquadra. Valls.
- Hotel Hilton. Avenida de las Cortes Valencianas 52. Valencia.
- Colegio Agora Portals. C/Salud 4. Calvià. Mallorca.
- Centro Cultural Carmen Laffon. C/Real 4. Burguillos. Sevilla.
- 11 viviendas, oficinas y locales comerciales. C/Jesús Nazareno 3. Huelva.
- Clínica Parque. Avenida Méndez Núñez. Santa Cruz de Tenerife.
- 14 viviendas. Avenida Doctor Diego Madrazo. Santander. Cantabria.
- Sede de John Deere. Polígono Industrial P5. Parla. Madrid.
- Pabellón de Aragón Expo Zaragoza 2008. Zaragoza.
- Fachadas Naves. Polígono Industrial El Vadillo. Ctra. de Almería 24. Motril. Granada.

## 8. Visitas de obra

Se ha realizado un muestreo de obras realizadas con el sistema Aquapanel® Outdoor W384, ejecutadas y en proceso de ejecución.

Las obras seleccionadas fueron inspeccionadas por personal del Instituto de Tecnología de la Construcción (ITeC) durante el año 2007. Estas inspecciones han dado lugar al Informe de visitas de obras recogido en el Dossier Técnico del DAU 09/051.

El objetivo de las visitas de obras ha sido, por un lado contrastar la aplicabilidad de las instrucciones de puesta en obra con los medios humanos y materiales definidos por Knauf GmbH España y, por otro, identificar los aspectos que permitan evitar posibles patologías que puedan afectar al sistema ejecutado.

Los aspectos relevantes destacados en el transcurso de la realización de las visitas de obra se han incorporado a los criterios de proyecto y ejecución indicados en el capítulo 6 de este documento.

## 9. Ensayos y cálculos para la adecuación al uso

Se ha evaluado la adecuación al uso del sistema de hoja interior de cerramiento de fachada ventilada Sistema Aquapanel® Outdoor, en relación con el cumplimiento del *Procedimiento Particular de Evaluación* del DAU 09/051.

Este procedimiento ha sido elaborado por el ITeC considerando: los seis requisitos esenciales de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988, las exigencias básicas que establece el CTE para cada uno de estos requisitos esenciales y otros requisitos adicionales relacionados con la durabilidad y servicio del sistema.

Los ensayos que forman parte de esta evaluación han sido realizados en los laboratorios de CIDEMCO y LGAI-Technological Center sobre muestras tomadas por personal del Organismo de Control del Instituto de Tecnología de la Construcción (ITeC), en las plantas de producción que Knauf GmbH España tiene ubicadas en Guixers (Lleida) y en Escúzar (Granada) y en el almacén del proveedor de las placas de aislamiento.

Todos los informes de ensayo y de cálculos, así como el informe de toma de muestras, quedan recogidos en el Dossier Técnico del DAU 09/051.

### 9.1.

#### **Resistencia mecánica y estabilidad (RE núm.1)**

Este requisito no es de aplicación debido a que el sistema Aquapanel® Outdoor W384 no contribuye a la resistencia y estabilidad de la estructura de la edificación.

La resistencia y estabilidad del sistema Aquapanel® Outdoor W384 en sí mismo, se contempla en el apartado 9.4, Seguridad de utilización, así como en los criterios de proyecto definidos en el apartado 6.1.

### 9.2.

#### **Seguridad en caso de incendio (RE núm.2)**

##### 9.2.1

#### **Reacción al fuego**

Según se establece en el Real Decreto 312/2005 y sus modificaciones, los materiales de las caras expuestas del sistema se han clasificado:

- Conforme a la norma UNE EN 13501-1 sobre la base de los resultados de los ensayos realizados según las normas UNE EN ISO 1182, UNE EN ISO 1716, UNE EN ISO 11925-2 y UNE EN 13823 (informes 16687-1 y 16687-2 de CIDEMCO).
- Los datos de clases de reacción al fuego sin necesidad de ensayo, indicados en el cuadro 1.3-2 del RD 312/2005, la Decisión 96/603/CE y sus modificaciones, para las placas de yeso laminado de la cara interior del sistema.

La clasificación de reacción al fuego de los materiales de la cara exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384 es la indicada en la tabla 9.1.

Sistema	Cara exterior	
	Material	Clasificación
Aquapanel® Outdoor W384	Placa Aquapanel® Cement Board	A1
	Placa Aquapanel® Cement Board y mortero de juntas	A1

**Tabla 9.1:** Clasificación de la reacción al fuego por el exterior.

La clasificación de reacción al fuego de los materiales de la cara interior del sistema Aquapanel® Outdoor W384 es la indicada en la tabla 9.2.

Sistema	Cara interior	
	Material	Clasificación (2)
Aquapanel® Outdoor W384	Placa de yeso laminado (1)	A2-s1, d0

(1) Placas según la norma UNE EN 520, con espesor  $\geq 9,5$  mm, densidad del núcleo  $\geq 600$  kg/m<sup>3</sup>, gramaje del cartón  $\leq 220$  g/m<sup>2</sup> (según UNE EN ISO 536 y con  $< 5\%$  de materia orgánica), soporte de perfiles metálicos de clase A1 (según cuadro 1.2-1 del RD 312/2005) y aislante térmico de clase superior a A2-s1 d0.

(2) Esta clasificación puede verse modificada según el material de acabado interior que se aplique, por ejemplo pinturas, alicatados, etc.

**Tabla 9.2:** Clasificación de la reacción al fuego por el interior.

A partir de los datos de clasificación de reacción al fuego, indicados en las tablas 9.1 y 9.2, se puede considerar que los materiales de las caras expuestas del sistema Aquapanel® Outdoor W384:

- Cumplen con la exigencia indicada en el apartado 1, párrafo 4 del DB SI2 del CTE para propagación exterior en fachadas, B-s3 d2.

- Cumplen con las exigencias indicadas en el apartado 4, tabla 4.1 del DB SI1 del CTE para propagación interior: C-s2, d0, cuando el interior del cerramiento se sitúe en zonas ocupables y, B-s1, d0, cuando el interior del cerramiento se sitúe en zonas de pasillos y escaleras o en recintos de riesgo especial.

## 9.2.2

### Resistencia al fuego

Según se establece en el Real Decreto 312/2005 y sus modificaciones, el sistema se ha clasificado conforme a la norma UNE EN 13501-2 sobre la base de los resultados de los ensayos realizados según la norma UNE EN 1364-1 (informes 07/32302385, 07/32302440 y 08/32311091 Partes 1 y 2 de LGAI-Technological Center).

Los resultados de los ensayos son los indicados en la tabla 9.3.

Sistema	Variante ensayada (1)	Clasificación resistencia al fuego
Aquapanel® Outdoor W384	12,5PAqu + SExt50(40-40 kg/m <sup>3</sup> ) + 12,5PYL + 12,5PYL	EI 60
	12,5PAqu + SExt50(40-40 kg/m <sup>3</sup> ) + 15PYL-DF + 15PYL-DF (2)	EI 90
	12,5PAqu + SExt75(60-40 kg/m <sup>3</sup> ) + 15PYL-DF + 15PYL-DF (2) + 15PYL	EI 120

(1) Se han considerado las variantes del sistema W384 por ser el más desfavorable.

(2) PYL-DF es una placa de yeso laminado de densidad controlada y mejorada a altas temperaturas.

**Tabla 9.3:** Resultados de los ensayos de resistencia al fuego.

A partir de los resultados de estos ensayos, se puede considerar que el sistema Aquapanel® Outdoor W384 cumple con la exigencia indicada en el apartado 1, párrafo 3 del DB SI2 del CTE para propagación exterior en fachadas, EI 60.



### 9.3.

#### Higiene, salud y medio ambiente (RE núm.3)

##### 9.3.1

##### Ensayo de estanqueidad al agua de lluvia

Se ha evaluado la estanqueidad al agua de lluvia del sistema Aquapanel® Outdoor W384 mediante la realización del ensayo de resistencia al agua de lluvia de muros exteriores bajo impulsos de presión de aire variable según la norma UNE EN 12865, procedimiento A (informe 16691-1 de CIDEMCO).

Las probetas del ensayo de dimensiones 2,00 x 2,50 m se han construido con las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor colocadas sobre una subestructura metálica con los montantes separados cada 450 mm.

Los resultados de los ensayos son los indicados en la tabla 9.4.

Tipo de probeta	Resultado del ensayo
Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor sin revestimiento y sin lámina impermeable	Ocurre penetración de agua a los 3 minutos de comenzar el ensayo
Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor sin revestimiento y con lámina impermeable	El límite de estanqueidad al agua es como mínimo <b>1.200<sub>A</sub> Pa (1)</b>

(1) Se ha detenido a 1.200 Pa de presión sin que se haya producido penetración de agua. Tal como se define en la norma UNE EN 12865, el límite de estanqueidad al agua es el máximo impulso de diferencia de presión atmosférica, en Pa, para el cual no ocurre penetración de agua durante el ensayo.

**Tabla 9.4:** Resultados de los ensayos de estanqueidad al agua.

A partir de los resultados de estos ensayos, se debe considerar que la lámina impermeable (véase el apartado 2.3) es la que presenta la capacidad de estanqueidad al agua de lluvia y, por tanto, actúa como barrera contra la penetración de agua.

Asimismo, en el sistema Aquapanel® Outdoor W384, la barrera contra la penetración de agua también puede ser una prestación de la hoja exterior de la fachada ventilada que completa el cerramiento con este sistema.

En consecuencia, la colocación o no de la lámina impermeable en el sistema Aquapanel® Outdoor W384, dependerá del nivel de prestación de la hoja exterior de la fachada ventilada. Véase el apartado 6.1.1.

##### 9.3.2

##### Ensayos de absorción de agua de los componentes de las capas exteriores

Se ha ensayado la absorción de agua de los componentes de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384 según la norma UNE EN ISO 15148 (informe 16694 de CIDEMCO).

Las probetas del ensayo se han construido a partir de dos placas Aquapanel® Cement Board Outdoor de 300 x 300 mm unidas y con el tratamiento de juntas de exterior.

Los resultados de los ensayos son los indicados en la tabla 9.5.

Capa	Tiempo		Absorción	
	min	kg/m <sup>2</sup>	g/(m <sup>2</sup> ·s)	g/(m <sup>2</sup> ·s <sup>0,5</sup> )
Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor	5	0,444	1,50	25,6
Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor	20	0,544	0,45	15,8

**Tabla 9.5:** Resultados de los ensayos de absorción de agua de las capas exteriores.

Los resultados de estos ensayos han sido utilizados para analizar la equivalencia del sistema Aquapanel® Outdoor W384 en relación a los niveles de prestación definidos en el apartado 2.3.2 del DB HS1 del CTE. Véase el apartado 9.3.3.

##### 9.3.3

##### Grado de impermeabilidad

Según se establece en el apartado 2.3.1 del DB HS1 del CTE, el grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas frente a la penetración de precipitaciones se obtiene en la tabla 2.7 en función de la zona pluviométrica de promedios y el grado de exposición al viento correspondiente al lugar de ubicación del edificio.

Para definir el grado de impermeabilidad del sistema Aquapanel® Outdoor W384 a partir de la equivalencia de las condiciones con revestimiento exterior de las soluciones de fachada, indicadas en el DB HS1 del CTE, se debe establecer el nivel de prestación (R, B y C) de los elementos del sistema considerado.

A continuación se indican los niveles de prestación asignados al sistema:

C. Composición de la hoja principal:

Según el ancho mínimo de las variantes del sistema consideradas en el apartado 6.1.1, y los datos de absorción de agua por capilaridad indicados en el apartado 9.3.2, se puede considerar, para el sistema Aquapanel® Outdoor W384, un nivel de prestación C1.

R. Resistencia del revestimiento:

Esta prestación no es aplicable al sistema Aquapanel® Outdoor W384 sino a la hoja exterior de la fachada ventilada que completa el cerramiento de fachada junto con el sistema Aquapanel® Outdoor W384.

B. Resistencia de la barrera contra la penetración de agua:

Esta prestación no es aplicable al sistema Aquapanel® Outdoor W384 sino a la hoja exterior de la fachada ventilada que completa el cerramiento de fachada junto con el sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Asimismo, se ha comprobado que las condiciones de ejecución de los puntos singulares del sistema indicados en el apartado 6.2, son equivalentes a las indicadas en el DB HS1 del CTE.

### 9.3.4

#### Ensayos de permeabilidad al vapor de agua de los componentes de las capas exteriores

Se han realizado ensayos para determinar del coeficiente de difusividad al vapor de agua,  $\mu$ , de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384 según la norma UNE EN ISO 12572 (informe 16694 de CIDEMCO).

Los resultados obtenidos en los ensayos son los indicados en la tabla 9.6.

Estos resultados pueden ser considerados como los valores de diseño de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Capa	Resistencia al vapor de agua	Resistividad al vapor de agua	Coeficiente difusividad del vapor de agua, $\mu$
	MN-s/g	MN-s/g-m	
Placa Aquapanel® Cement Board	2,76	218,8	42,95
Placa Aquapanel® Cement Board con lámina impermeable	3,00	236,4	46,69

**Tabla 9.6:** Características de permeabilidad al vapor de agua de las capas exteriores del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

### 9.3.5

#### Cálculos de comprobación de condensaciones

Se han realizado cálculos de comprobación de la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en las partes opacas del cerramiento y en los puentes térmicos, para el sistema Aquapanel® Outdoor W384. El método de cálculo utilizado es el indicado en el apartado 3.2.3 del DB HE1 del CTE.

En todos los casos se ha calculado la combinación más representativa o desfavorable de todas las variantes posibles del sistema. Véase el apartado 6.1.1.

Para la realización de los cálculos se han considerado los siguientes datos:

- Temperatura interior: 20 °C, según se establece en el apartado G.1.2.1 del apéndice G del DB HE 1 del CTE.
- Humedad relativa del ambiente interior: 55% para clase de higrometría CH3, 62% para clase de higrometría CH4 y 70% para clase de higrometría CH5, según se establece en el apartado G.1.2.2 del apéndice G del DB HE 1 del CTE.
- Temperatura exterior y humedad relativa exterior: los valores medios de la población con menor temperatura para cada uno de las zonas climáticas, según la tabla D.1 del apéndice D y la tabla G.2 del apéndice G del DB HE1 del CTE:
  - Zona A (Málaga): 12,2 °C y 71% HR.
  - Zona B (Córdoba): 9,5 °C y 80% HR.
  - Zona C (Toledo): 6,1 °C y 78% HR.
  - Zona D (Salamanca): 3,7 °C y 85% HR.
  - Zona E (Burgos): 2,6 °C y 86% HR.



- Las características higrotérmicas de las distintas capas de materiales indicadas en este documento.

Los resultados obtenidos para las variantes analizadas son los indicados en la tabla 9.7.

Los resultados de estos cálculos han sido utilizados para establecer los criterios de proyecto y ejecución en cuanto a la limitación de condensaciones del sistema Aquapanel® Outdoor W384. Véase el capítulo 6.

## 9.4.

### Seguridad de utilización (RE núm. 4)

#### 9.4.1

##### Ensayos de resistencia al impacto por el interior

Se ha ensayado el sistema Aquapanel® Outdoor W384 a impactos de cuerpo duro y cuerpo blando según el anexo B de la Guía de DITE 003 (ETAG 003) “Internal partitions Kits”.

Se han realizado dos ensayos del sistema utilizando en cada caso un espesor y número de placas de yeso laminado específicos. Las probetas de dichos ensayos, de dimensiones 4,50 x 3,00 m, se han construido con placas de yeso laminado a ambos lados de una subestructura metálica con los montantes separados cada 600 mm. Entre las placas se coloca el aislante térmico.

Los resultados obtenidos se indican en las tablas 9.8a y 9.8b.

#### Ensayo 1

En el ensayo 1 (informe 08/32303776 de LGAI-Technological Center), se ha utilizado por cada cara una capa única de placas de yeso laminado de espesor 12,5 mm.

A partir de los resultados del ensayo 1, el sistema Aquapanel® Outdoor W384 tiene, como mínimo, una clasificación de Categoría I de impacto interior<sup>9</sup> para el espesor de placa descrito.

<sup>9</sup> Las categorías de impacto por el interior se clasifican en cuatro grupos (categoría I a IV), donde la categoría IV es el valor más alto mientras que la categoría I es el valor más bajo de clasificación.

Tal como se describe en la Guía de DITE 003 (ETAG 003) “Internal partition Kits”, una Categoría I de impacto interior corresponde a zonas accesibles en las que existe un elevado control de los riesgos de impacto sobre la pared o mal uso de ella.

La equivalencia respecto a las categorías de uso indicadas en la norma UNE EN 1991-1-1 es Categoría A y B<sup>10</sup>.

#### Ensayo 2

En el ensayo 2 (informe 10/1108-197 de LGAI-Technological Center), se ha utilizado por cada cara una capa doble de placas de yeso laminado de espesor 15 mm (15+15 mm).

A partir de los resultados del ensayo 2, el sistema Aquapanel® Outdoor W384 tiene una clasificación de Categoría IV de impacto interior<sup>9</sup> para el espesor de placa descrito.

Tal como se describe en la Guía de DITE 003 (ETAG 003) “Internal partition Kits”, una Categoría IV de impacto interior corresponde a zonas accesibles en las que existe un bajo control de los riesgos de impacto sobre la pared o mal uso de ella. La equivalencia respecto a las categorías de uso indicadas en la norma UNE EN 1991-1-1 es Categoría A, B, C, D y E<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Categoría A: Zonas de actividades domésticas y residenciales. Categoría B: Zonas de oficinas.

<sup>11</sup> Categoría C: Zonas donde pueda congregarse la gente. Categoría D: Zonas comerciales. Categoría E: Zonas de actividades de almacenamiento e industriales.

Sistema Aquapanel® Outdoor W384							
Variante analizada (1)	U <sub>sección</sub> (W/m <sup>2</sup> ·K)	R <sub>T</sub> (m <sup>2</sup> ·K/W)	f <sub>Rel</sub>	Riesgo de condensación (2)			
				CH3	CH4	CH5	
V1	Sección normal sin subestructura	0,52	1,94	0,87	No	No	Superficial en D y E
	Sección por las alas de la subestructura	0,52	1,94	0,87	Intersticial en D y E	Intersticial en C, D y E	Superficial en las zonas D y E Intersticial en B, C, D y E
	Encuentro con frente de forjado (3)	1,06	0,95	0,74	No	Superficial en D y E Intersticial en D y E	Superficial en todas las zonas Intersticial en D y E
	Encuentro con huecos de ventana	0,67	1,48	0,83	No	No	Superficial en D y E
V5	Sección normal sin subestructura	0,38	2,65	0,91	No	No	No
	Sección por las alas de la subestructura	0,40	2,52	0,90	Intersticial en C, D y E	Intersticial en C, D y E	Intersticial en B, C, D y E
	Encuentro con frente de forjado (3)	1,01	0,99	0,75	No	Superficial en E Intersticial en D y E	Superficial en todas las zonas Intersticial en D y E
	Encuentro con huecos de ventana	0,67	1,48	0,83	No	No	Superficial en D y E

(1) La composición de las variantes se define en la tabla 6.1.

(2) La existencia de riesgo de condensaciones no significa que necesariamente se produzcan patologías por efecto de la humedad acumulada. Dichas patologías dependen del volumen de agua o humedad y el tiempo en que permanece esta condensación sin evaporarse, estas condiciones están directamente relacionadas con las condiciones ambientales en periodos determinados, por ejemplo anuales y de las condiciones de uso del edificio.

(3) El encuentro con el forjado es un puente térmico no integrado por tanto, este resultado se deberá verificar respecto a los cálculos según la norma UNE EN 10211-1 y 10211-2.

**Tabla 9.7:** Resultados de los cálculos de condensaciones superficiales e intersticiales de las variantes consideradas del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Fallo funcional						
Tipo de ensayo	Masa (kg)	Energía de impacto (J)	Número de impactos	Altura de impactos (m)	Resultados de Ensayo 1 Placa PYL en capa única 12,5 mm por cara	Resultados de Ensayo 2 Placas PYL en capa doble 15+15 mm por cara
Cuerpo duro	0,5	6	10	> 1,5	No fallo funcional Diámetro máximo de huella 25,26 mm	No fallo funcional Diámetro máximo de huella 22,2 mm
	0,5	6	10	< 1,5	No fallo funcional Diámetro máximo de huella 26,35 mm	No fallo funcional Diámetro máximo de huella 22,0 mm
Cuerpo blando	50	60	3x3	> 1,5	No fallo funcional. Deformación estable. Deformación transversal máxima 11,41 mm Deformación residual máxima 0,04 mm. La apertura de la puerta es posible.	---
	50	120	3x3	> 1,5	No fallo funcional. Deformación estable. Deformación transversal máxima 31,62 mm Deformación residual máxima 0,85 mm. La apertura de la puerta en la última serie no es posible.	No fallo funcional. Deformación estable. Deformación transversal máxima 24,74 mm. Deformación residual máxima 0,39 mm. La apertura de la puerta es posible.

**Tabla 9.8.a:** Resultados a fallo funcional del ensayo de resistencia a impacto por el interior.

Fallo estructural						
Tipo de ensayo	Masa (kg)	Energía de impacto (J)	Número de impactos	Altura de impactos (m)	Resultados de Ensayo 1 Placa PYL en capa única 12,5 mm por cara	Resultados de Ensayo 2 Placas PYL en capa doble 15+15 mm por cara
Cuerpo duro	1,0	10	1	> 1,5	No fallo estructural.	No fallo estructural.
	1,0	10	1	≤ 1,5	No fallo estructural.	No fallo estructural.
Cuerpo blando	50	100	1	≤ 1,5	No fallo estructural.	---
	50	200	1	≤ 1,5	Fallo estructural, penetración del impacto.	---
	50	300	1	≤ 1,5	---	No fallo estructural.
	50	500	1	≤ 1,5	---	No fallo estructural.
	50	900	1	≤ 1,5	---	No fallo estructural.

**Tabla 9.8.b:** Resultados a fallo estructural del ensayo de resistencia a impacto por el interior.

#### 9.4.2

##### Ensayo de resistencia al impacto por el exterior

Respecto al sistema Aquapanel® Outdoor W384, esta característica no es de aplicación directa. La resistencia al impacto por el exterior es una característica propia de la hoja exterior de la fachada ventilada.

#### 9.4.3

##### Ensayo de resistencia al arrancamiento del tornillo a través del perfil

Se ha ensayado la resistencia al arrancamiento del tornillo a través del perfil según el apartado 5.4.4.1 de la Guía DITE 004 (ETAG 004) “External Thermal Insulation Composite Systems with rendering” (informe 16690-1 de CIDEMCO).

Se ha ensayado el perfil de menor espesor, espesor de 0,7 mm.

Los resultados obtenidos son los indicados en la tabla 9.9.

Fuerza de rotura (N)		
Media, $F_{med}$	Característica, $F_{u,5}$ (1)	Modo de fallo
1.080,0	881,3	Salida del tornillo

(1) Valor característico (p=95%) con un nivel de confianza del 75%. Cálculo en base al anexo D del borrador de la Guía DITE 034 (ETAG 034) parte 1 para “Kits for external wall claddings”.

**Tabla 9.9:** Resultados del ensayo de resistencia al arrancamiento a través del perfil.

#### 9.5.

##### Protección frente al ruido (RE núm.5)

Se ha evaluado el aislamiento a ruido aéreo del sistema Aquapanel® Outdoor W384 mediante los ensayos aportados por Knauf GmbH España según la norma UNE EN ISO 140-3 (informes AC3-D2-05-XIX y AC3-D2-05-XXI del Instituto Torres Quevedo).

Los resultados obtenidos en los ensayos son los indicados en la tabla 9.10.

Sistema	Masa por unidad de superficie (kg/m²)	$R_w$	C	$C_{tr}$	$R_A$	$R_{A,tr}$
Aquapanel® Outdoor W384	≥ 39,2	50	-2	-6	48,4	44,1
	≥ 43,0	51	-1	-6	49,9	45,3

**Tabla 9.10:** Resultados de los ensayos de aislamiento a ruido aéreo.

Estos resultados pueden ser considerados como los valores de diseño para cada una de las variantes del sistema que tengan una masa por unidad de superficie no inferior a la indicada, y por tanto, pueden ser utilizados en el cálculo por la opción general indicada en el DB HR del CTE.

## 9.6. Ahorro de energía y aislamiento térmico (RE núm.6)

### 9.6.1 Ensayos de conductividad y resistencia térmica de los componentes de la capa exterior

Se han realizado ensayos según la norma UNE EN 12664 para determinar la resistencia térmica y el coeficiente de conductividad térmica,  $\lambda$ , de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384 (informe 16684 de CIDEMCO). Los valores térmicos de diseño se han obtenido a partir de lo indicado en la norma UNE EN ISO 10456.

Los resultados obtenidos en los ensayos son los indicados en la tabla 9.11.

Estos resultados pueden ser considerados como los valores de diseño de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Dato	Placa Aquapanel® sin revestimiento
Espesor total (mm)	12,53
$\lambda_{10,seco(50/90)}$ (W/m·K)	0,262
$f_{u(23,80)}$	3,54
$\lambda_{50/90(23/80)}$ (W/m·K)	0,282
$R_{50/90(23/80)}$ (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,044

Donde:

$\lambda_{10,seco(50/90)}$  = conductividad térmica en condiciones secas.

$f_{u(23,80)}$  = factor de humedad a 23 °C y 80% de humedad relativa.

$\lambda_{50/90(23/80)}$  = conductividad térmica de diseño.

$R_{50/90(23/80)}$  = resistencia térmica de diseño.

**Tabla 9.11:** Características térmicas de la capa exterior del sistemas Aquapanel® Outdoor W384.

### 9.6.2 Ensayo de resistencia térmica del sistema

Se ha realizado un ensayo para determinar la resistencia térmica en régimen estacionario del sistema Aquapanel® Outdoor W384 según el método del medidor del flujo de calor (informe 16680 de CIDEMCO).

Los resultados obtenidos en el ensayo son los indicados en la tabla 9.12.

Dato	Sistema Aquapanel® Outdoor W384 (1)
Espesor total (mm)	115
Resistencia térmica (2)	1,35
(1) 12,5PAqu + LImp + SExt75(60-40kg/m <sup>3</sup> ) + 12,5PYL + 12,5PYL(AL)	
(2) No están consideradas las resistencias superficiales Rse y Rsi.	

**Tabla 9.12:** Características térmicas de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

### 9.6.3 Cálculos de comprobación de los valores térmicos del sistema

Se han realizado cálculos para el contraste de los resultados de los ensayos del sistema respecto a los valores que se obtendrían de calcular la resistencia térmica utilizando los valores de diseño de cada una de las capas del sistema. El método de cálculo utilizado es el indicado en la norma UNE EN ISO 6946.

Los valores térmicos de las capas de componentes utilizados para los cálculos son los indicados en las tablas de componentes del capítulo 2. Se han analizado las mismas variantes del sistema consideradas en los ensayos indicados en el apartado 9.6.2.

Los resultados obtenidos en los cálculos son más favorables que los obtenidos en el ensayo por lo que se confirma la influencia de la subestructura metálica en los cerramientos disminuyendo el valor de la resistencia térmica.

En consecuencia, se deberá considerar que la resistencia del sistema Aquapanel® Outdoor W384 es inferior a la obtenida por suma de resistencias térmicas de las capas paralelas del sistema sin la subestructura. Como dato de referencia se puede considerar aplicar una reducción del 15%.

En los datos indicados en la tabla 6.3 ya se ha aplicado esta reducción sobre la resistencia térmica.

#### 9.6.4

##### Ensayo de resistencia térmica en régimen dinámico. Inercia térmica

Se han realizado ensayos para determinar la resistencia térmica en régimen dinámico del sistema Aquapanel® Outdoor W384 según el método del medidor del flujo de calor (informe 16680 de CIDEMCO).

Los resultados obtenidos en el ensayo son los indicados en la tabla 9.13.

Característica	Sistema Aquapanel® Outdoor W384 (1)
Espesor total (mm)	115
Impedancia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)	1,92
Coefficiente de transmisión de calor dinámico (W/m <sup>2</sup> ·K)	0,52
Desfase (h)	1,12
Factor de amortiguamiento	0,89
Coefficiente de estabilidad térmica	0,11
(1) 12,5PAqu + LImp + SExt75(60-40kg/m <sup>3</sup> ) + 12,5PYL + 12,5PYL(AL)	

**Tabla 9.13:** Características térmicas dinámicas del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

A partir de los resultados de este ensayo se puede comprobar que estos cerramientos tienen una estabilidad térmica adecuada debida principalmente a su capacidad de aislamiento térmico (diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior), si bien, según los datos del desfase, una variación de la temperatura exterior se puede apreciar rápidamente como una variación de temperatura interior.

#### 9.6.5

##### Permeabilidad al aire del sistema

Se ha evaluado la capacidad de estanqueidad al aire del sistema Aquapanel® Outdoor W384 mediante el análisis de los detalles constructivos de los encuentros del cerramiento con huecos y con la estructura soporte, véase el apartado 6.2.

Los resultados de estos análisis son los siguientes:

- La placa Aquapanel® Cement Board Outdoor y las placas de yeso laminado que forman parte del sistema, pueden considerarse en sí mismas como estancas al aire, no dejan pasar el aire a través de ellas.

- Las juntas entre las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor son de pequeñas dimensiones y quedan completamente selladas con los componentes del tratamiento de juntas de exterior, véase el apartado 2.2.
- Los encuentros de las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor con los forjados, pilares, y huecos definidos en el apartado 6.2 se han diseñado de modo que no permiten el paso del aire a través de las juntas entre ellos. Cada una de las juntas de exterior en los encuentros debe llevar su correspondiente tratamiento.
- Las juntas entre las placas de yeso laminado son de pequeñas dimensiones y quedan completamente selladas con los componentes del tratamiento de juntas de interior, véase el apartado 2.5.
- Los encuentros de las placas de yeso laminado con los forjados, pilares, y huecos definidos en el apartado 6.2 se han diseñado de modo que no permiten el paso del aire a través de las juntas entre ellos. Cada una de las juntas de interior en los encuentros debe llevar su correspondiente tratamiento.
- En el caso de colocar cajas de instalaciones en el sistema Aquapanel® Outdoor W384, el riesgo de paso de aire puede ser alto y por tanto, se debería evitar la colocación de cajas de instalaciones en este sistema, o extremar las precauciones en la colocación y sellado de este tipo de elementos.

#### 9.7.

##### Aspectos de durabilidad, servicio e identificación

Se han realizado ensayos para analizar la compatibilidad y durabilidad de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

A continuación se describen las pruebas realizadas y resultados obtenidos.

##### 9.7.1

##### Comportamiento a ciclos de envejecimiento acelerado

Se han realizado ensayos para determinar el comportamiento a ciclos de envejecimiento acelerado de la capa exterior del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Las pruebas realizadas son:

- Ciclos calor-lluvia. El método de ensayo utilizado corresponde a los ciclos y observaciones indicados en el apartado 5.7.1.1 de la Guía de DITE 017 (ETAG 017) (informe 16681 de CIDEMCO).
- Ciclos calor-frío. El método de ensayo utilizado corresponde a los ciclos y observaciones indicados en el apartado 5.7.1.1 de la Guía de DITE 017 (ETAG 017) (informe 16682 de CIDEMCO).
- Ciclos hielo-deshielo. El método de ensayo utilizado corresponde a los ciclos y observaciones indicados en el apartado 5.7.2 de la Guía de DITE 017 (ETAG 017) (informe 16683 de CIDEMCO).

Las probetas del ensayo se han construido a partir de dos placas Aquapanel® Cement Board Outdoor de 300 x 300 mm unidas y con el tratamiento de juntas de exterior.

Los resultados obtenidos en los ensayos son los indicados en la tabla 9.14.

Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor sin revestimiento	
Comportamiento a ciclos calor-lluvia (1)	No deterioro en las zonas centrales de las probetas. Pérdida de material en las zonas de los bordes de las probetas.
Comportamiento a ciclos calor-frío (2)	No roturas en ambas superficies. No grietas en ambas superficies. Sí fisuras visibles en ambas superficies.
Comportamiento a ciclos hielo-deshielo (3)	Hasta el ciclo 18: No deterioro de las probetas. A partir del ciclo 18: Pérdida de material en las superficies de las probetas. Desmenuzado de las esquinas de las probetas.
(1) 80 ciclos con: 70 °C entre 10 y 30% de humedad relativa y agua a 15 °C rociada a 1 l/m <sup>2</sup> min	
(2) 5 ciclos con: 50 °C con 30% de humedad relativa máxima y -20 °C	
(3) 30 ciclos con: -20°C e inmersión parcial en agua a 20 °C	

**Tabla 9.14:** Placa Aquapanel® sin revestimiento. Comportamiento a ciclos de envejecimiento acelerado.

Los resultados de estos ensayos han sido utilizados para establecer los criterios de proyecto y ejecución en cuanto a la durabilidad y servicio del sistema Aquapanel® Outdoor W384. Véase el capítulo 6.

## 9.7.2

### Corrosión de los componentes metálicos

Los componentes metálicos del sistema Aquapanel® Outdoor W384 (perfiles de la subestructura y elementos de fijación) son de acero galvanizado con las características que se indican en el apartado 2.4.

Según las soluciones constructivas consideradas para estos sistemas, véase el apartado 6.2, los componentes metálicos del sistema no se encuentran en contacto directo con el ambiente exterior por lo que se puede considerar que el grado de recubrimiento del galvanizado de estos componentes aporta una protección suficiente contra la corrosión.

En el caso de colocar estos sistemas constructivos en lugares con ambiente muy agresivo se deberá analizar si la protección galvánica es adecuada al ambiente o, en su caso si se deben tomar medidas específicas al respecto.

## 9.7.3

### Identificación de los componentes principales

Se han realizado ensayos de identificación a los componentes principales del sistema Aquapanel® Outdoor W384.

Los ensayos realizados son los indicados en la tabla 9.15. Todos estos ensayos quedan recogidos en el informe 08/32303776 de LGAI.

Los resultados de estos ensayos confirman las características de los componentes, indicadas en el capítulo 2 de este documento.

Componente	Característica ensayada	Método de ensayo
Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor	Densidad	Apdo. 5.4.2 de UNE EN 12467
PYL STD	Densidad	Apdo. 5.11 de UNE EN 520
	Gramaje de papel	UNE EN ISO 536
	Aspecto	Visual
Perfiles metálicos	Dimensiones y tolerancias	Apdo. 5.2 de UNE EN 14195
	Características resistentes del material	UNE EN 10002-1

**Tabla 9.15:** Ensayos de identificación de los componentes.

## 10. Seguimiento del DAU

El presente DAU queda sujeto a las acciones de seguimiento que periódicamente lleva a cabo el ITeC, de acuerdo con lo establecido en el *Reglamento del DAU*. El objeto de este seguimiento es comprobar que las características del producto y del sistema constructivo, así como las condiciones de puesta en obra y de fabricación, siguen siendo válidas para los usos a los que el sistema está destinado.

En caso de que existan cambios relevantes que afecten la validez del DAU, éstos darán lugar a una nueva edición del DAU que anulará la anterior (esta nueva edición tomará el mismo código del DAU que anula y una nueva letra de edición). La nueva edición del DAU se incorporará en formato pdf a la página web del ITeC [www.itec.es](http://www.itec.es).

Cuando las modificaciones sean menores y no afecten a la validez del DAU, éstas se recogerán en una lista de modificaciones que complementa y modifica puntualmente la edición vigente del DAU. Dicha lista se incorpora como capítulo 15 de este DAU.

## 11. Comisión de expertos

Este DAU ha sido sometido a la consideración de una Comisión de Expertos, tal y como se indica en el Reglamento y en la Instrucción de trabajo para la elaboración del DAU.

La Comisión de Expertos ha estado constituida por representantes de distintos organismos e instituciones, que han sido seleccionados en función de sus conocimientos, independencia e imparcialidad para emitir una opinión técnica respecto al ámbito cubierto por este DAU.

Los comentarios y observaciones realizados por los miembros de esta Comisión han sido incorporados al texto del presente DAU.



# 12.

## Documentos de referencia

- Código Técnico de la Edificación de 17 de marzo de 2006.
- Directiva de Productos de la Construcción, 89/106/CEE.
- Decisión 96/603/CE y sus modificaciones, decisión del 4 de octubre de 1996 por la que se establece la lista de productos clasificados en la clase A “sin contribución al fuego”.
- UNE EN 318: 2002. Tableros derivados de la madera. Determinación de las variaciones dimensionales originados por los cambios de humedad relativa.
- UNE EN 319: 1994. Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la resistencia a tracción perpendicular a las caras del tablero.
- UNE EN 520: 2005 ERRATUM: 2006. Placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE EN 823: 1995. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del espesor.
- UNE EN 1015-6: 1999/A1: 2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 6: Determinación de la densidad aparente del mortero fresco.
- UNE EN 1015-10: 2000/A1: 2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido.
- UNE EN 1015-11: 2000/A1: 2007. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.
- UNE EN 1015-12: 2000. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 12: Determinación de la resistencia a la adhesión de los morteros de revoco y enlucido endurecidos aplicados sobre soportes.
- UNE EN 1015-18: 2003. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 18: Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido.
- UNE EN 1364-1: 2000. Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 1: Paredes.
- UNE EN 1602: 1997. Productos aislantes térmicos para la edificación. Determinación de la densidad aparente.
- UNE EN 1848-2: 2001. Láminas flexibles para impermeabilización. Determinación de la longitud, de la anchura, de la rectitud y de la planeidad. Parte 2: Láminas plásticas y de caucho para la impermeabilización de cubiertas.
- UNE EN 1928: 2000. Láminas flexibles para impermeabilización. Láminas bituminosas, plásticas y de caucho para la impermeabilización de cubiertas. Determinación de la estanqueidad al agua.
- UNE EN 1991-1-1: 2003. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-1: Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios.
- UNE EN 10002-1: 2002. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.
- UNE EN 10327: 2007. Chapas y bandas de acero bajo en carbono recubiertas en continuo por inmersión en caliente para conformado en frío. Condiciones técnicas de suministro.
- UNE EN 12087:1997. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la absorción de agua a largo plazo por inmersión.
- UNE EN 12467: 2006/A2: 2007. Placas planas de fibrocemento. Especificaciones del producto y métodos de ensayo.
- UNE EN 12524: 2000. Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores de diseño y tabulados.
- UNE EN 12664: 2002. Materiales de construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente guardada y el método del medidor del flujo de calor. Productos secos y húmedos de baja y media resistencia térmica.
- UNE EN 12865: 2002. Comportamiento higrotérmico de componentes y elementos de edificación. Resistencia agua de lluvia de muros exteriores bajo impulsos de presión de aire.
- UNE EN 13162: 2002/AC: 2006. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral.



- UNE EN 13496: 2003. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de las propiedades mecánicas de las mallas de fibra de vidrio.
- UNE EN 13501-1: 2007. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
- UNE EN 13501-2: 2004. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.
- UNE EN 13823: 2002. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Productos de construcción excluyendo revestimientos de suelos expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo.
- UNE EN 13859-2: 2006. Láminas flexibles para impermeabilización. Definiciones y características de las láminas auxiliares. Parte 2: Láminas auxiliares para muros.
- UNE EN 13963: 2006. Material para juntas para placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE EN 14190: 2006. Transformados de placa de yeso laminado procedentes de procesos secundarios. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE EN 14195: 2005/AC:2006. Perfilera metálica para su uso en sistemas de placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE EN 14617-11: 2006. Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 11: Determinación del coeficiente lineal de dilatación térmica.
- UNE EN 20811: 1993. Textiles. Determinación de la resistencia a la penetración de agua. Ensayo bajo presión hidrostática.
- UNE EN 29053: 1994. Acústica. Materiales para aplicaciones acústicas. Determinación de la resistencia al flujo de aire.
- UNE EN ISO 10211-1: 1995. Puentes térmicos en la edificación. Cálculo de flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 1: Métodos generales.
- UNE EN ISO 140-3:1995/A1: 2005. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción. Modificación 1: Condiciones especiales de montaje para particiones ligeras de doble capa.
- UNE EN ISO 536: 1997. Papel y cartón. Determinación del gramaje.
- UNE EN ISO 1182: 2002. Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Ensayo de no combustibilidad.
- UNE EN ISO 1716: 2002. Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Determinación del calor de combustión.
- UNE EN ISO 6946: 1997/A1: 2005. Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo.
- UNE EN ISO 9001: 2000. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2000).
- UNE EN ISO 10211-2: 2002. Puentes térmicos en la edificación. Cálculo de flujos de calor y temperaturas superficiales. Parte 2: Puentes térmicos lineales.
- UNE EN ISO 10456: 2001. Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño.
- UNE EN ISO 11925-2: 2002. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única.
- UNE EN ISO 12572: 2002. Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua.
- UNE EN ISO 12944: 1999. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores.
- UNE EN ISO 13788: 2002. Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo.
- UNE EN ISO 15148: 2003. Comportamiento higrotérmico de los materiales y productos de edificación. Determinación del coeficiente de absorción de agua por inmersión parcial.

## 13. Evaluación de la adecuación al uso

Vistas las siguientes evidencias técnicas experimentales obtenidas durante la elaboración del DAU 09/051 siguiendo los criterios definidos en el Procedimiento Particular de Evaluación del DAU 09/051, elaborada por el ITeC:

- resultados de los ensayos de caracterización del producto y de los elementos del sistema,
- resultados de los ensayos y de los cálculos de adecuación al uso del sistema,
- información obtenida en las visitas de obra realizadas,
- información obtenida del análisis de la documentación del control de producción de Knauf GmbH España,
- criterios de proyecto y ejecución del sistema,

se considera que el ITeC tiene evidencias para declarar que el sistema Aquapanel® Outdoor W384 compuesto por:

- las placas Aquapanel® Cement Board Outdoor fabricadas por Knauf USG Systems GmbH & Co. KG en la planta de producción de Iserlohn (Alemania),

- las placas de yeso laminado STD y STD+AL fabricadas por Knauf GmbH España en las plantas de producción de Guixers (Lleida) y Escúzar (Granada),
- los perfiles de las subestructuras, elementos de fijación, lámina impermeable y placas aislantes comercializados por Knauf GmbH España,

y ejecutado de acuerdo a las instrucciones y criterios que constan en este DAU, es adecuado para la construcción de:

- hojas interiores de fachadas ventiladas,

puesto que cumple con todos los requisitos reglamentarios en materia de resistencia mecánica y estabilidad, protección contra incendios, aislamiento acústico y térmico, seguridad de uso, salud e higiene, así como los requisitos de durabilidad y servicio.

En consecuencia, y una vez sometido este documento a la consideración de la Comisión de Expertos y recogidos los comentarios realizados por la Comisión, el ITeC otorga el DAU al sistema Aquapanel® Outdoor W384 para la construcción de hojas interiores de fachada ventilada, ejecutado a partir de los componentes y los criterios que constan en este documento.

**DAU** 09/051  
Documento  
de adecuación al uso



El Director General del ITeC

28 de enero de 2009

# 14.

## Condiciones de uso del DAU

La concesión del DAU no supone que el ITeC sea responsable de:

- La posible presencia o ausencia de patentes, propiedad intelectual o derechos similares existentes en el producto objeto del DAU o en otros productos, ni de derechos que afecten a terceras partes o al cumplimiento de obligaciones hacia estas terceras partes.
- El derecho del titular del DAU para fabricar, distribuir, instalar o mantener el producto objeto de DAU.
- Las obras reales o partidas individuales en que se instale, se use y se mantenga el producto; tampoco es responsable de su naturaleza, diseño o ejecución.

Asimismo, el DAU nunca podrá interpretarse como una garantía, compromiso o responsabilidad del ITeC respecto a la viabilidad comercial, patentabilidad, registrabilidad o novedad de los resultados derivados de la elaboración del DAU. Es, pues, responsabilidad del titular del DAU la comprobación de la viabilidad, patentabilidad y registrabilidad del producto.

La evaluación del DAU no supone la conformidad del producto con los requisitos previstos por la normativa de seguridad y salud o de prevención de riesgos laborales, en relación con la fabricación, distribución, instalación, uso y mantenimiento del producto. Por lo tanto, el ITeC no se responsabiliza de las pérdidas o daños personales que puedan producirse debido a un incumplimiento de requisitos propios del citado marco normativo.

# 15.

## Lista de modificaciones de la presente edición

La versión informática del DAU recoge, si las hubiera, las actualizaciones, modificaciones y correcciones de la edición B del DAU 09/051, indicando para cada una de ellas su fecha de incorporación a la misma, de acuerdo con el formato de la tabla siguiente

Número	Página y capítulo	Donde dice...	Debe decir...	Fecha
--	--	--	--	--

El usuario del DAU debe consultar siempre la versión informática de la edición B del DAU 09/051, que se encuentra disponible en la página web del Instituto, [www.itec.es](http://www.itec.es), para así cerciorarse de las modificaciones del mismo que hayan podido surgir durante su vigencia.



**Institut de  
Tecnologia de la Construcció  
de Catalunya**

Wellington 19  
E-08018 Barcelona  
tel. 933 09 34 04  
fax 933 00 48 52  
qualprod@itec.cat  
[www.itec.es](http://www.itec.es)

