

---

# Acreditación de un Sistema de Fachada Ligero según la normativa Española y Europea.

10 sep. 14

---

**AUTOR:**

RAFAEL JIMÉNEZ CARRILLO

**TUTOR ACADÉMICO:**

ENRIQUE DAVID LLÁCER

Departamento de Construcciones Arquitectónicas



## Resumen

El diseño de un edificio está condicionado por el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación [1], que regula las exigencias básicas de calidad para cada uno de los requisitos de seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, seguridad de utilización, protección contra el ruido y ahorro de energía y aislamiento térmico que deben cumplir los edificios.

El presente proyecto, de planteamiento teórico-práctico, tiene el objetivo final de justificar el cumplimiento de dichas exigencias en el diseño de la fachada ligera de un edificio-palacio multiusos de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, así como la adecuación de la misma con la Normativa Europea en Vigor [2].

Para realizar el presente proyecto primeramente se ha realizado una búsqueda y clasificación de información dispersada tanto en libros, revistas técnicas como en Internet referente a las fachadas ligeras y la normativa que regula su diseño y ejecución.

Posteriormente se concretan los requerimientos mínimos establecidos para el diseño de la misma según el Código Técnico [1], justificando el cumplimiento de los mismos. Una vez puestos en situación respecto a la definición y adecuación de la fachada a la normativa española, se analiza la adecuación de la misma a la normativa europea que la regula.

**Palabras clave:** Cerramientos Exteriores, Fachadas Ligeras, Muros Cortina.

## Summary

The design of a building is determined by the compliance of the Technical Building Code [1], which regulates the basic quality requirements for each of the requirements of structural safety, security, fire protection, safety in use, protection against noise and energy saving and thermal insulation to be met by buildings.

This project, theoretical and practical approach, has the ultimate goal to justify compliance with the requirements for light facade of a multi-city palace building of Las Palmas de Gran Canaria, as well as the adequacy of the same with European standard [2].

To make this project, firstly has been carried out a search and classification of information scattered in books, journals and on the Internet concerning the light façade and the rules governing their design and implementation.

Subsequently the minimum requirements established for the same according to the Code [1] and compliance is justified taking into account the design criteria are specified. Once placed in position on the definition and adaptation of the facade to the Spanish legislation, matching it to the European legislation that regulates analyzes.

**Keywords:** Siding Exterior, Light Facades, Curtain Walls.

## Acrónimos utilizados

**AENOR:** Asociación Española de Normalización y Certificación.

**BOE:** Boletín Oficial del Estado.

**CEN:** Comité Europeo de Normalización.

**CENELEC:** Comité Europeo de Normalización Electrónica.

**CTC:** Comité Técnico de Certificación.

**CTE:** Código Técnico de la Edificación.

**CTN:** Comité Técnico de Normalización.

**DPC:** Directiva de Productos de Construcción.

**ETSI:** Instituto Europeo Normalización de Telecomunicaciones.

**IEC:** Comisión Electrónica Internacional.

**ISO:** Organismo Internacional de Normalización.

**RPC:** Reglamento de Productos de Construcción.

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**UNE:** Norma elaborada por AENOR.

# Índice

## INDICE

Resumen .....	1
Summary.....	2
Acrónimos utilizados .....	3
Índice .....	4
Capítulo 1. Acreditación Sistema de Fachada Ligera.....	7
1    Introducción. ....	7
1.1    Objetivos y Alcance del Proyecto. ....	7
1.2    Normalización. Tipos de Normas y Organismos. ....	8
1.3    Comités de Normalización y Certificación. Mercado CE.....	12
2    Definición del Edificio. ....	18
2.1    Localización.....	18
2.2    Características generales del Edificio y Fachadas.....	21
2.3    Definición de Cerramientos. Muros cortina. ....	24
3    Exigencias básicas según CTE. ....	27
3.1    Seguridad Estructural DB/SE-AE. ....	29
3.2    Ahorro de Energía DB/HE. ....	42
3.3    Protección frente al Ruido DB/HR. ....	54
3.4    Salubridad DB/HS.....	57
3.5    Seguridad en caso de Incendio DB/SI. ....	59

3.6	Seguridad de Utilización DB-SU .....	63
3.7	Resumen de requerimientos mínimos. ....	66
4	Requisitos según Normativa Europea. ....	71
4.1	Introducción.....	71
4.2	Peso Muerto (Peso Propio).....	72
4.3	Resistencia a la carga del viento.....	77
4.4	Resistencia al Impacto. ....	83
4.5	Permeabilidad al aire. ....	84
4.6	Estanqueidad al agua.....	86
4.7	Atenuación al ruido aéreo. ....	87
4.8	Transmitancia térmica. ....	88
4.9	Resistencia al fuego. ....	89
4.10	Reacción al fuego.....	90
4.11	Propagación del fuego.....	90
4.12	Durabilidad. ....	91
4.13	Permeabilidad al vapor de agua. ....	91
4.14	Equipotencialidad. ....	92
4.15	Resistencia al choque sísmico.....	92
4.16	Resistencia al choque térmico.....	93
4.17	Movimiento del edificio y térmico. ....	93
4.18	Resistencia a cargas vivas horizontales. ....	94
5	Organigrama Prescripciones Normativa Española y Europea. ...	94

Capítulo 2. Conclusiones. ....	95
Capítulo 3. Referencias Bibliográficas. ....	96
Capítulo 4. Índice de Figuras ....	100
Anexos .....	101
Anexo A. Definición Geométrica del Edificio.....	101
Anexo B. Detalles Muro Cortina. ....	102
Anexo C. Organigrama Normativa.....	103

# Capítulo 1.

## Acreditación Sistema de Fachada Liger

### 1 Introducción.

#### 1.1 Objetivos y Alcance del Proyecto.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el presente proyecto consta de una parte teórica, donde se realiza un breve recorrido por la normativa y el proceso de normalización que afecta al diseño y ejecución de una fachada ligera y de una parte práctica-documental, recogida en el desarrollo de la memoria y anexos establecidos, con el objetivo principal de definir las soluciones constructivas para la fachada ligera de un Edificio-Palacio multiusos en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, justificar el cumplimiento de los requisitos mínimos de acuerdo a los documentos básicos del Código Técnico [1] y acreditar su adecuación a los requisitos técnicos exigidos por la Normativa Europea [2].

Para cumplir con los objetivos definidos en el párrafo anterior se definirán para el edificio de referencia los siguientes conceptos:

- Las consideraciones generales sobre la arquitectura.
- Las soluciones constructivas consideradas en el diseño de los muros cortina que aparecen en sus fachadas.

- La cuantificación de los parámetros estipulados en el CTE para el diseño de dichos muros cortina y el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por la Normativa Europea [2].

Para poder cuantificar los diferentes parámetros y requerimientos concretados en los diferentes Documentos Básicos (DB) del Código Técnico de la Edificación, se define un edificio con las siguientes variables asociadas:

- La localización.
- Las características generales del edificio

Este proyecto pretende ser una herramienta útil donde encontrar soluciones arquitectónicas junto a sus condicionantes.

## 1.2 Normalización. Tipos de Normas y Organismos.

La normalización es una actividad colectiva encaminada a establecer soluciones a situaciones repetitivas. En particular, esta actividad consiste en la elaboración, difusión y aplicación de normas.

La normalización ofrece a la sociedad importantes beneficios, al facilitar la adaptación de los productos, procesos y servicios a los fines a los que se destinan, protegiendo la salud y el medioambiente, previniendo los obstáculos al comercio y facilitando la cooperación tecnológica.

La universalización de los mercados y la preocupación por el aumento de la competitividad de los productos y servicios han impulsado el desarrollo de la actividad de normalización, considerándose cada vez más como uno de los pilares básicos para mejorar la calidad y la seguridad en las empresas, sus productos y servicios, así como proteger el medioambiente.

La actividad de normalización tiene como objetivo elaborar especificaciones técnicas que se utilicen como referencia para mejorar la calidad y la seguridad de cualquier actividad tecnológica, científica, industrial o de servicios.

Su desarrollo se lleva a cabo en el seno de organismos de normalización, que mediante procedimientos preestablecidos, y agrupando a todos los interesados, publican unos documentos, elaborados y aprobados por consenso, que se denominan normas.

Los documentos normativos pueden ser de diferentes tipos dependiendo del organismo que los haya elaborado. En la clasificación tradicional de normas se distingue entre:

#### Normas nacionales.

Son elaboradas, sometidas a un período de información pública y sancionadas por un organismo reconocido legalmente para desarrollar actividades de normalización en un ámbito nacional. En España estas normas son las normas UNE, aprobadas por AENOR, que es el organismo reconocido por la Administración Pública Española para desarrollar las actividades de normalización en nuestro país (Real Decreto 2200/1995).

Una Norma UNE es una especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas. La elaboración de una norma UNE, se lleva a cabo en el seno de los Comités Técnicos de Normalización (CTN) a través de las siguientes fases:

- Trabajos preliminares (recopilación de documentación, discusión sobre el contenido...) previos a la toma en consideración de una nueva iniciativa.

- Elaboración del proyecto de norma; incluye todas aquellas actividades que se desarrollan por el Comité hasta la aprobación de un documento como proyecto de norma, buscando siempre el consenso de todas las partes.
- Información pública en el BOE; anuncio mediante la referencia de su título en el Boletín Oficial del Estado, de la existencia del proyecto de norma para que cualquier persona, física o jurídica, pueda remitir las observaciones al mismo que estime oportunas.
- Elaboración de la propuesta de norma, una vez superada la fase anterior, y recibidas en AENOR las posibles observaciones al proyecto, el CTN procede al estudio de las mismas y aprobación de la propuesta de norma final, para su consideración y adopción por AENOR.
- Registro, edición y difusión de la norma UNE; publicación de la norma UNE por AENOR, notificación al BOE, promoción y comercialización, a través de los servicios comerciales de AENOR.

### Normas regionales.

Son elaboradas en el marco de un organismo de normalización regional, normalmente de ámbito continental, que agrupa a un determinado número de Organismos Nacionales de Normalización. Las más conocidas, aunque no las únicas, son las normas europeas elaboradas por los Organismos Europeos de Normalización (CEN, CENELEC, ETSI), y preparadas con la participación de representantes acreditados de todos los países miembros.

AENOR, como Organismo Nacional de Normalización, es a quien corresponde la adopción de las normas europeas, de acuerdo a las fases establecidas para la elaboración de una norma UNE en el apartado anterior y en los siguientes términos:

- En relación con CEN y CENELEC, AENOR es el miembro español responsable de adoptar como normas UNE todas las normas europeas que se elaboren en el seno de los mencionados organismos europeos, y de su posterior difusión, distribución, promoción y comercialización.
- En relación con ETSI, AENOR es el organismo nacional de normalización español de ETSI y, por tanto, únicamente es responsable en nuestro país de difundir el proceso de encuesta pública, establecer la posición nacional en la fase de voto de los proyectos y adoptar las Normas Europeas de Telecomunicación.

### Normas internacionales.

Tienen características similares a las normas regionales en cuanto a su elaboración, pero se distinguen de ellas en que su ámbito es mundial. Las más representativas por su campo de actividad son las normas IEC elaboradas por la Comisión Electrotécnica Internacional para el área eléctrica, las UIT desarrolladas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para el sector de las telecomunicaciones y las normas ISO elaboradas por la Organización Internacional de Normalización para el resto de sectores.

AENOR es el organismo nacional de normalización español miembro de ISO y CEI y, por lo tanto, la organización a través de la cual se canalizan los intereses y la participación de los agentes socioeconómicos de nuestro país en la normalización internacional.

### 1.3 Comités de Normalización y Certificación. Mercado CE.

#### Comités de Normalización.

A nivel regional, dentro del Organismo Europeo de Normalización (CEN) coexisten muchos Comités Técnicos que realizan su labor en relación a productos concretos y entre ellos y en referencia a la carpintería de exteriores existe el Comité Técnico CEN TC 33: “Ventanas, puertas, persianas, herrajes y cerraduras, puertas industriales, comerciales y de garaje y fachadas ligeras”.

El campo de actividad de este Comité es: “la definición de las prestaciones de puertas, ventanas, persianas, etc, y el establecimiento de niveles de prestaciones y clasificación de tales funciones como aptitud al empleo de esos productos que faciliten el cumplimiento de las exigencias esenciales”.

Este Comité Técnico fue creado en 1970 con una actividad de normalización muy concreta: “ensayos tecnológicos de puertas y ventanas”, elaborando textos normativos que han servido de base para trabajos realizados en el Comité Técnico 162 del ISO.

Para llevar a efecto este importante proyecto y habida cuenta de la urgencia de establecer y poder contar con Normas Armonizadas Europeas, el Comité Técnico-33 constituyó en su seno seis Subcomités de Trabajo:

- Ventanas, con cinco Grupos de Trabajo (uno de ellos sobre perfiles de PVC para ventanas y puertas)
- Puertas, con cinco Grupos de Trabajo
- Persianas, con cinco Grupos de Trabajo
- Herrajes y cerraduras, con dieciséis Grupos de Trabajo
- Puertas industriales, comerciales y de garaje, con cinco Grupos de Trabajo

- Fachadas ligeras

A nivel nacional, dentro del organismo nacional de normalización (AENOR), nos encontramos con el comité técnico de normalización AEN CTN 085. El título de este Comité es “Cerramientos de huecos en edificación y sus accesorios”.

El campo de actividad del Comité es la normalización de terminología, simbología, clasificación, características, métodos de ensayo y marcado de:

- Puertas, ventanas, persianas y cierres.
- Herrajes y cerraduras.
- Muros cortina.
- Vidrio utilizado en construcción.

El seguimiento de la normalización armonizada europea ha sido punto central de la actividad de este Comité. El Comité de Normalización AEN CTN – 85 se estructura en la actualidad en ocho Subcomités.

- Subcomité 1: Puertas
- Subcomité 2: Ventanas
- Subcomité 3: Persianas
- Subcomité 4: Herrajes y cerraduras
- Subcomité 5: Puertas industriales, comerciales y de garaje
- Subcomité 6: Fachadas ligeras
- Subcomité 7: Vidrio para la edificación
- Subcomité 8: Acristalamiento estructural

Los textos normativos, actualizados a fecha de 18 de Julio de 2014, pertenecientes al comité AEN CTN-085, en relación a las Fachadas ligeras se relacionan a continuación:

- UNE-EN 949:1999: Ventanas y muros cortina, puertas, cierres y persianas - Determinación de la resistencia al impacto de cuerpo blando y duro para puertas
- UNE-EN 949 ERR 2000: Ventanas y muros cortina, puertas, cierres y persianas - Determinación de la resistencia al impacto de cuerpo blando y pesado para puertas
- UNE-EN 12152:2002: Fachadas ligeras - Permeabilidad al aire - Requisitos de funcionamiento y clasificación
- UNE-EN 12153:2000: Fachadas ligeras - Permeabilidad al aire - Método de ensayo
- UNE-EN 12154:2000: Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Requisitos y clasificación
- UNE-EN 12155:2000: Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Ensayo de laboratorio bajo presión estática
- UNE-EN 12179:2000: Fachadas ligeras - Resistencia a la carga de viento - Método de ensayo
- UNE-EN 13050:2011: Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Ensayo en laboratorio bajo presión dinámica de aire y proyección de agua
- UNE-EN 13051:2001: Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Ensayo in situ
- UNE-EN 13116:2001: Fachadas ligeras - Resistencia a la carga de viento - Requisitos de prestaciones
- UNE-EN 13119:2007: Fachadas ligeras – Terminología
- UNE-EN 13830:2004: Fachadas ligeras - Norma de producto
- UNE-EN 13947:2011: Prestaciones térmicas de las fachadas ligeras. Cálculo de la transmitancia térmica.

- UNE-EN 14019:2004: Fachadas ligeras - Resistencia al impacto - Requisitos de prestaciones
- UNE-EN 14024:2006: Ventanas, puertas y Fachadas ligeras - Resistencia mecánica de perfiles con rotura de puente térmico - Requisitos, pruebas y método de ensayo

### Comités de Certificación.

La certificación es la acción llevada a cabo por una entidad reconocida como independiente de las partes interesadas, mediante la que se manifiesta que se dispone de la confianza adecuada en que un producto, proceso o servicio debidamente identificado es conforme con una norma u otro documento normativo especificado.

Certificar un producto es verificar que sus propiedades y características están de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas que le son de aplicación. En el caso de las fachadas ligeras la Marca AENOR verifica la adecuación de la misma a la Normativa Europea en vigor [2].

El Comité Técnico de Certificación 047 “Ventanas, Fachadas Ligeras, Puertas, Persianas y sus componentes” (AEN CTC-047) gestiona las concesiones y retiradas de la Marca AENOR , de acuerdo con el Reglamento Particular del Comité y de los Reglamentos Particulares de las Marcas AENOR. El Comité AEN/CTC-047:

- Tiene una representación equilibrada de las Administraciones, de los fabricantes y de los usuarios.
- Evalúa los informes de inspección de la fabricación y ensayo de las ventanas, así como de las auditorías de los sistemas de aseguramiento de la calidad.
- Propone a AENOR la concesión, mantenimiento o retirada de las Marcas AENOR.

- Informa sobre las Marcas y mantiene una relación actualizada de las concesiones vigentes.
- Promociona los productos con Marca AENOR en el mercado.

El reglamento que regula la concesión de la marca AENOR a las fachadas ligeras es el RP 47.08, que documenta el sistema particular de certificación.

### Marcado CE.

La introducción en el mercado o comercialización de los productos de construcción viene regulada por el Reglamento [3], que entró plenamente en vigor con fecha de 1 de Julio de 2013 y que deroga a la anterior Directiva [4].

El Reglamento [3] establece reglas armonizadas sobre cómo expresar las prestaciones de los productos de construcción en relación con sus características esenciales y sobre el uso del marcado CE en dichos productos.

Uno de los requisitos importantes del Reglamento [3] para el fabricante, es la elaboración de un documento llamado Declaración de Prestaciones, que debe prepararse en la mayoría de los casos debido a la existencia de disposiciones europeas o nacionales que requieren la declaración de las características esenciales allí donde quiere comercializarse el producto. Al redactar dicho documento, el fabricante asume la responsabilidad de las prestaciones declaradas. Según el Reglamento, el fabricante está obligado a declarar como mínimo la prestación de una de las características esenciales.

Mediante la colocación en el producto del marcado CE, el fabricante declara que asume la responsabilidad de la conformidad del producto de construcción con las prestaciones declaradas así como con todos los requisitos aplicables definidos en el Reglamento [3] y el resto de normativas adicionales de aplicación.

En el caso de las fachadas ligeras, el marcado CE es un pasaporte técnico que se aplica a estos productos indicando la conformidad con la parte armonizada de la Norma Europea [2], lo que significa que el producto puede ser comercializado en toda la UE, pero debe comprobarse que el producto cumple los requisitos del lugar de utilización, por ejemplo los requisitos del Código Técnico [1], en el caso de España.

En el apartado 4 del presente proyecto analizaremos la conformidad de la fachada objeto de estudio con la normativa de referencia [2], así como las prestaciones determinadas por el fabricante para la misma.

## 2 Definición del Edificio.

### 2.1 Localización.

#### Localización.

El edificio objeto de estudio está localizado en la localidad de Las Palmas de Gran Canaria, en parcela dentro del ámbito de aplicación del Plan General Municipal de Ordenación de Las Palmas de Gran Canaria, con las siguientes características.

El solar objeto de la intervención se ubica en la parcela del ámbito de ordenación del Plan Especial “Ciudad Deportiva en Siete Palmas” perteneciente al sector urbanístico 14 – Las Torres, distrito 7- Escaleritas, barrio de San Lázaro.

Ámbito Territorial.	Altitud (Máx)	Altitud (Min)	Latitud	Longitud	Distancia al mar.
Localidad.	300 m.	8 m.	28º 09 ´ N	15º25´ O	0 m
Parcela	201 m.	187 m.	28,10º	-15,45º	2,67 km



**Figura 2.1:** Localización Las Palmas de Gran Canaria en Europa. 2014.  
(Fuente: <http://www.maps.google.es>)



**Figura 2.2:** Vista Panorámica de las Palmas de Gran Canaria. 2014.  
(Fuente: <http://www.grancanaria.com>)

## Climatología.

Las Palmas de Gran Canaria es una ciudad próxima al continente africano a la altura del Sáhara, con un clima predominante subtropical seco y húmedo.



**Figura 2.3:** Distribución de los diferentes climas en España. 2014.

(Fuente: <http://www.ign.es>)

En la tabla 2.1 se muestran los datos climatológicos obtenidos por la estación meteorológica 600300 (GCLP) en la localidad de Gando, para el año 2013, como datos más actualizados.

Temperatura media anual.	21,6
Temperatura máxima media anual.	24,8
Temperatura mínima media anual.	18,8
Precipitación total anual de lluvia y/o nieve derretida (mm).	72,12
Velocidad media anual del viento (km/h).	25,9
Total días con lluvia durante el año.	83
Total días que nevó durante el año.	0
Total días con tormenta durante el año.	1
Total días con niebla durante el año.	1
Total días con tornado o nubes de embudo durante el año.	0
Total días con granizo durante el año.	0

**Tabla 2.1:** Resumen Climatológico año 2013.

(Fuente: <http://www.tutiempo.net>)

## 2.2 Características generales del Edificio y Fachadas.

La parcela donde se ubica el edificio objeto de estudio, presenta una geometría irregular determinada por los diferentes viarios y edificaciones que la rodean, quedando su morfología a modo de polígono irregular de lindes, con trazos rectos y curvos, adaptándose a los viales y edificaciones existentes.

La geometría del edificio, es la que se recoge en el Anexo A, donde se analizan los alzados y secciones necesarias para determinar la organización general del mismo y la localización de las zonas de fachadas resueltas con sistemas ligeros o muros cortina.

El volumen del edificio es el resultante de la aplicación de las ordenanzas urbanísticas y los parámetros relativos a habitabilidad y funcionalidad. El Edificio-Palacio aparece como un único volumen de dimensiones 123,50 x 93,00 x 36,00 metros de dimensiones que alberga todo el programa previsto, presentando una geometría hermética con tres huecos arquitectónicos de referencia contextual que relacionan interior con exterior, liberando el resto de la parcela para generar un espacio urbano en el que se desarrollen todo tipo de eventos al aire libre.

El hueco que se ubica en el alzado Sur, de dimensiones 77,60 metros de longitud por 12,26 metros de altura, actúa como una gran boca de acceso principal al área de pública concurrencia y al resto de áreas que se desarrollan en su interior.

El hueco del alzado oeste, de dimensiones 16,75 metros de longitud de longitud por 11,00 de altura, se ubica en la esquina superior izquierda de su longitud, estableciendo una relación visual entre el interior de la gran sala central y el exterior.

Por último, el hueco ubicado en el alzado norte del edificio, de dimensiones 29,22 metros de longitud por 14,90 metros de altura, establece una nueva relación con el contexto, desde el interior del deambulatorio hacia el horizonte del océano.

Desde el punto de vista de la formalización exterior, estos tres grandes huecos son apoyados por otros de escala menor situados estratégicamente, funcionando como píxeles que resuelven las necesidades lumínicas y de ventilación de todos los usos interiores.

La edificación se ubica entre dos plazas, una al norte y otra al sur de la parcela, que será por donde se produzcan los accesos principales al edificio. Las plazas, que se encuentran a diferentes cotas, la norte a -12.36 m y la sur a 0.00 m, están comunicadas mediante rampas que recorren exteriormente el edificio en toda su longitud en las vertientes occidental y oriental.

En relación a los cerramientos verticales del edificio, se distinguen dos tipologías en función de la orientación de la fachada que se analice (Ver Anexo A). Las fachadas Oeste y Sur, se definen como muro de hormigón armado de 20 cm de espesor con acabado final en hormigón visto, que va desde la cota 0.00m a la cota +24.00m en el caso de la Fachada Sur y desde la cota -0.10m hasta la cota +24.00m en el caso de la fachada Oeste.

La fachada Este se define mediante un Muro de hormigón armado de 20 cm con acabado en hormigón visto de espesor, que abarca desde la cota -5.40m a +24.00m y un Muro cortina del Tipo 1A, que va desde la cota -12.36m a la cota -5.40m.

La fachada Norte está compuesta por Muro de hormigón armado de 20 cm con acabado en hormigón visto de espesor que abarca desde la cota -5.40m a +24.00m y un Muro cortina del Tipo 1B, que va desde la cota -12.36m a la cota -5.40m.



**Figura 2.4:** Vista General edificio. Fachadas Norte y Este.

### 2.3 Definición de Cerramientos. Muros cortina.

Pasamos en este apartado a analizar y definir la tipología de sistema ligero de fachada o muro cortina que se define para los cerramientos verticales del edificio objeto de estudio.

Como desarrollamos en el apartado anterior, en función de la orientación de la fachada, se definen dos tipos de muro cortina, disponiéndose para la fachada Este la tipología 1A y para la fachada Norte la tipología 1B.

Siendo el objetivo principal de este documento, justificar el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos por los documentos básicos del Código Técnico [1] para las fachadas ligeras, analizaremos dicha justificación para una solo de las tipologías definidas, eligiendo en este caso la tipología A, cuyo diseño y detalles constructivos se desarrollan en el anexo B del presente documento.

### Muro Cortina tipo 1A.

Muro cortina situado en nivel -12,36 sobre rampa peatonal en fachada Este, con una forma triangular de 118,00 metros de longitud y 7,00 metros de altura, con una superficie total de 413,00 m<sup>2</sup> y modulación básica de acristalamiento de 3,00 x 2,28 metros.

El muro cortina está formado por retícula de travesaños horizontales y montantes verticales fabricados a partir de perfiles compuestos de aluminio anodizado natural en todos los casos, complementado en algunos casos con tubo de acero laminado en frío y acabado galvanizado.

Los montantes se apoyan en anclajes de acero galvanizado que van al forjado inferior y superior en todos los casos y en determinados casos también van apoyados en las columnas de hormigón que conforman la estructura vertical del edificio.

Los travesaños van fijados a los montantes, disponiéndose en el centro del vano entre montantes, una varilla tensor de acero galvanizado roscada en sus extremos y unida al travesaño mediante piezas de conexión. Estos tirantes sirven para soportar el peso de los vidrios del acristalamiento exterior, mediante su fijación superior al forjado.

Frontalmente, en los travesaños se fijan las tapas realizadas mediante perfiles de aluminio anodizado natural de 52 mm. con tornillos avellanados, para fijar los acristalamientos.

El acristalamiento consiste en vidrio tipo climalit compuesto por una luna exterior de 10 mm de espesor con capa de control solar (tipo Cool-lite ST-150), cámara de aire 13962/4 deshidratado de 16 mm. con intercalario color aluminio y vidrio interior laminado formado por dos lunas incoloras de 5 mm. unidas mediante lamina de butiral transparente.

Las puertas que se incluyen en el muro cortina son acristaladas y se fabricarán a base de chapa de aluminio anodizado. Se han previsto un total de 4 puertas de dos hojas.

En el Anexo B del presente documento se desarrollan los detalles constructivos necesarios para una correcta definición del muro cortina descrito.

### 3 Exigencias básicas según CTE.

Uno de los objetivos del presente proyecto es la aplicación práctica de las exigencias del Código Técnico [1], requeridas para la fachada del edificio objeto de estudio.

Las exigencias básicas que se atenderán, para adecuar la fachada a los requisitos establecidos serán las siguientes:

Exigencias básicas de seguridad estructural (SE): El Documento Básico de Acciones en la Edificación (DB SE-AE), define y determina las acciones permanentes y variables a las que están expuestas las fachadas de un edificio, especificando parámetros objetivos y procedimientos, cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.

En el presente proyecto analizaremos las acciones consideradas en el cálculo y diseño de la fachada como son: Peso Propio, Acción del viento, Acción de la temperatura y Cargas de uso admisible para los vidrios empleados.

Exigencias básicas de ahorro de energía (HE): En referencia a la demanda energética, el Código Técnico [1], a través del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB- HE 1), establece unos valores mínimos de los parámetros característicos de las fachadas, cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

En el presente proyecto analizamos los parámetros característicos para la fachada en estudio, condicionados por la localización del edificio y

sus condiciones climáticas, analizando la Transmitancia media de los muros de fachada, la Transmitancia media de huecos, el Factos solar modificado medio de huecos, Condensaciones y Permeabilidad al aire.

Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR): El Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB/HR), establece los niveles de aislamiento acústico de los cerramientos exteriores. En referencia a la protección frente al ruido aplicable a la fachada objeto de estudio, se analizarán los valores de aislamiento alcanzado para ruido aéreo.

Exigencias básicas de salubridad (HS) “Higiene, Salud y Protección del Medio Ambiente”: En relación a las exigencias básicas de salubridad, se analizará la protección frente a la humedad que presenta la fachada en estudio, de acuerdo al Documento Básico de Protección frente a la Humedad (DB HS-1), el cual limita el riesgo previsible de presencia de agua o humedad en los cerramientos del edificio.

Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI): El Documento Básico DB-SI, especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio. Las exigencias que analizaremos, referidas a la seguridad en caso de incendio en la fachada del edificio, se basan en la propagación exterior (DB SI-2) y en la intervención de los bomberos (DB SI-5).

Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU): El Documento Básico de Seguridad de Utilización (DB-SU) aborda las restricciones sobre las fachadas a través de sus exigencias básicas de seguridad frente al riesgo de caídas (DB SU-1) y de seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento (DB SU-2).

En relación a las exigencias básicas (SU-1), se atenderán únicamente las establecidas en relación a las características de las barreras de protección, donde se aborda la altura de seguridad en las fachada y sus requerimientos mecánicos.

Las exigencias básicas SU-2, de Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento trata sobre el impacto con elementos frágiles, que en este caso acoge a los vidrios de fachada, los cuales analizaremos en su apartado correspondiente.

### 3.1 Seguridad Estructural DB/SE-AE.

#### Peso Propio

El peso propio de los cerramientos verticales exteriores de un edificio, forma parte de las acciones permanentes del mismo y se asigna como carga a los elementos que vayan a soportarlos.

En el caso de un muro cortina, se considera del lado de la seguridad, que los elementos de la fachada deben soportar su peso propio y transferir el peso a la estructura del edificio por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.

El valor característico del peso propio es el valor medio del peso de la fachada, obtenido de sus dimensiones nominales y pesos específicos medios. En la Tabla 3.1. se incluyen los pesos de materiales, productos y elementos constructivos típicos.

En el caso de la fachada que nos ocupa los materiales de construcción empleados son:

- Peso específico del acero: 77 a 78,5 kN/m<sup>3</sup>.
- Peso específico del aluminio: 27 kN/m<sup>3</sup>.
- Peso específico del vidrio: 25 kN/m<sup>3</sup>.

Tabla C.1 Peso específico aparente de materiales de construcción

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m <sup>3</sup>	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m <sup>3</sup>
<b>Materiales de albañilería</b>		<b>Madera</b>	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
<b>Fábricas</b>		<b>Metales</b>	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
<b>Mampostería con mortero</b>		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	<b>Plásticos y orgánicos</b>	
<b>Sillería</b>		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástico en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	<b>Otros</b>	
<b>Hormigones y morteros</b>		Adobe	16,0
Hormigón ligero	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal <sup>(1)</sup>	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

<sup>(1)</sup> En hormigón armado con armados usuales o fresco aumenta 1 kN/m<sup>3</sup>

**Tabla 3.1:** Peso Específico aparente de materiales de construcción.

(Fuente: Anejo C Tabla C.1 CTE DB SE/AE)

En el caso que nos ocupa se ha considerado en fase de diseño, el peso del cerramiento exterior como acción permanente, dentro de las hipótesis de carga de la estructura.

Considerado en el cálculo de la fachada objeto de estudio, este requisito establecido por el Código Técnico [1], se deberá realizar según se establece por la Normativa Europea en vigor [2] y bajo la carga de peso propio, las comprobaciones de capacidad portante de la estructura así como las comprobaciones de servicio de la fachada y sus limitaciones. La adecuación de la fachada objeto de estudio a la norma [2] se analiza en el apartado 4.2.

### Acción del Viento.

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

La acción del viento, es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto de la fachada expuesto o presión estática ( $q_e$ ). Puede expresarse:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}.$$

siendo:

$q_b$  = presión dinámica del viento.

$C_e$  = coeficiente de exposición.

$C_p$  = coeficiente eólico o de presión exterior.

Cálculo de la componente de presión dinámica.  
(Anejo D CTE – DB SE-AE. Acción del viento).

El valor básico de la presión dinámica del viento ( $q_b$ ) se obtiene:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

siendo:

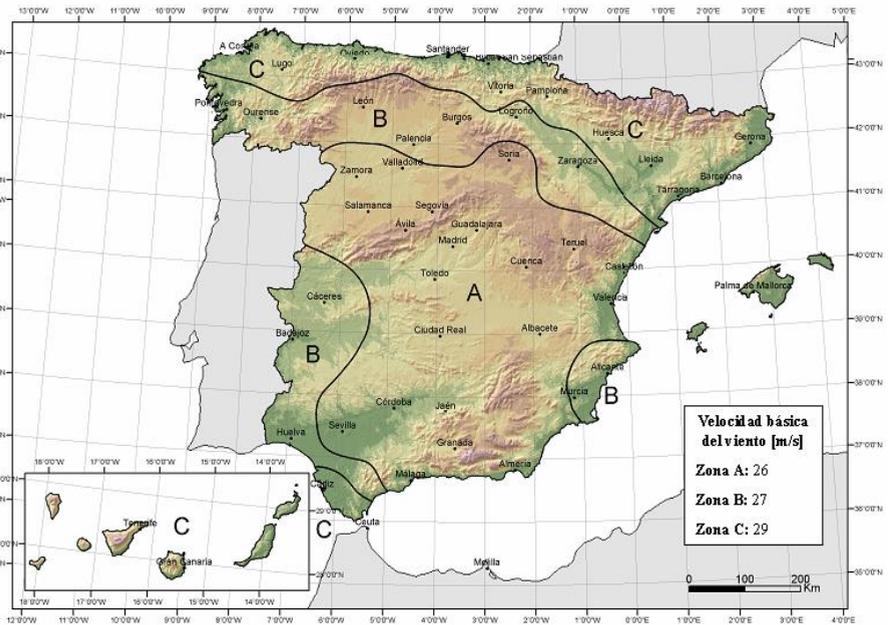
$\delta$  = densidad del aire. En general, se adopta el valor 1,25 Kg / m<sup>2</sup>.

$v_b$  = valor básico de la velocidad del viento (m/s).

El valor básico de la velocidad del viento corresponde al valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un periodo de 10 minutos, tomada en una zona plana y desprotegida frente al viento (grado de aspereza del entorno II según tabla D.2) a una altura de 10 m sobre el suelo. El valor característico de la velocidad del viento mencionada, queda definido como aquel valor cuya probabilidad anual de ser sobrepasado es de 0,02 (periodo de retorno de 50 años).

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura 3.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m<sup>2</sup>, 0,45 kN/m<sup>2</sup> y 0,52 kN/m<sup>2</sup> para las zonas A, B y C de dicho mapa.

Para nuestro caso en estudio, localizado en Las Palmas de Gran Canaria (Zona C), obtenemos una presión dinámica de 0,52 kN/m<sup>2</sup>.



**Figura 3.1:** Valor básico de la velocidad del viento.  
(Fuente: Anejo D DB SE/AE. Acción del viento. Apdo. D.1)

### Cálculo del coeficiente de exposición. (CTE – DB SE-AE. Acción del viento)

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.2, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

**Tabla 3.2:** Valores del Coeficiente de exposición  $c_e$

(Fuente: CTE DB SE/AE. Apdo. 3.3.3)

En nuestro proyecto consideramos un Grado de aspereza del entorno igual a I y una altura de 6,00 m como rasante de la fachada, por lo que disponemos de un coeficiente de exposición ( $c_e$ ) igual a 2,5.

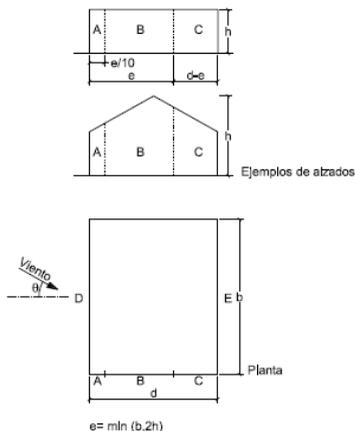
Cálculo del coeficiente eólico.

(CTE – DB SE-AE. Acción del viento).

El coeficiente eólico o de presión depende de la forma y la orientación de la superficie respecto al viento y de la situación del punto de estudio respecto a los bordes de tal superficie; puede darse presión positiva (presión) o negativa (succión). Éste coeficiente dependerá de la superficie cargada (A).

En el apartado D.3 del Anexo D del DB/SE-AE se define el área de influencia o de carga como el área del propio elemento para comprobaciones locales de elementos de fachada. La determinación de la acción local del viento depende de dicha área. El área de influencia se establecerá en el elemento de fachada más débil, considerándose así el elemento acristalado. La superficie del elemento acristalado en la

fachada objeto de estudio, supera los 10 m<sup>2</sup>, es por ello que el valor de la acción local del viento se determinará en el caso contemplado en la tabla D.3 del Anejo D del DB/SE-AE correspondiente a  $A \geq 10$  m<sup>2</sup>.



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
$\leq 1$	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

**Figura 3.2:** Valor del Coeficiente eólico o de presión  
(Fuente: Anejo D DB SE/AE. Acción del viento. Apdo. D.3)

La relación entre la altura y la longitud de la fachada es nuestro caso es inferior a 0,25.

La zona de fachada A será 1/10 de la dimensión (e), definida como la menor de las dimensiones de fachada que se indican a continuación:

B : Longitud de fachada = 123,50 m.

2H : Dos veces la altura de la fachada = 14, 00 m.

e = 14,00 m.

A = e / 10 = 14,00 / 10 = 1,4 m.

Se considerará como zona de fachada B, el resto de la fachada. Los coeficientes eólicos considerados para ambas zonas son los siguientes:

Zona A -  $C_p = -1,2$  (Zona de esquina e = 1,4 m).

Zona B -  $C_p = 0,8$  (Resto de fachada).

Calculamos la fuerza del viento, para las dos zonas de fachada diferenciadas y de acuerdo a los distintos coeficientes referenciados, disponiendo:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \text{ (KN/m}^2\text{)}.$$

$$q_e \text{ (A)} = 0,52 \times 2,5 \times 1,2 = 1,56 \text{ kN/m}^2.$$

$$q_e \text{ (B)} = 0,52 \times 2,5 \times 0,8 = 1,04 \text{ kN/m}^2.$$

En nuestro caso, considerando la mayor parte de la fachada, tendremos una carga del viento igual a 1,04 kN/m<sup>2</sup>.

Considerada en el cálculo de la fachada objeto de estudio, la carga del viento, tal y como se establece por parte del Código Técnico [1], se deberá realizar según se establece por la Normativa Europea en vigor [2] y bajo dicha carga, las comprobaciones de capacidad portante de la estructura así como las comprobaciones de servicio de la fachada y sus limitaciones. La adecuación de la fachada objeto de estudio a la norma [2] se analiza en el apartado 4.3.

#### Acción de la temperatura.

La fachada deberá ser diseñada teniendo en cuenta los valores de temperatura extremos, tanto máximo como mínimo y garantizar que en su vida útil los materiales utilizados no sufrirán daños significativos derivados de las contracciones y dilataciones producidas por la diferencia de temperatura día-noche o estacional al que se encuentran sometidos. Además se deberá asegurar que las juntas de dilatación estén diseñadas para poder absorber la dilatación lineal de los elementos de fachada producida por la variación de temperatura.

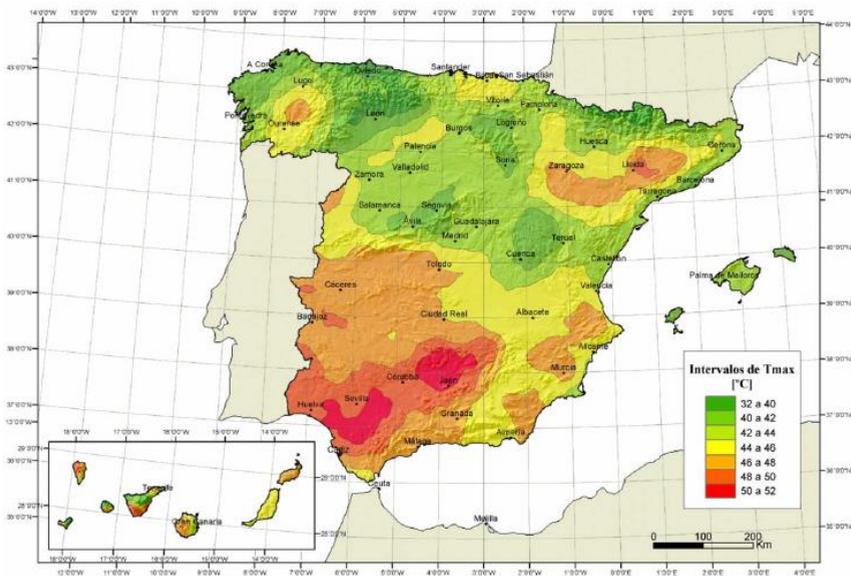
Las temperaturas extremas de verano y de invierno a las que estará sometida la fachada, se pueden obtener del Anejo E del DB SE-AE. En nuestro proyecto tendremos los siguiente datos de temperaturas:

El valor característico de la temperatura máxima del aire, depende del clima del lugar y de la altitud. Se podrá tomar como valor de la temperatura máxima el límite superior del intervalo reflejado en el mapa de la figura 3.3.

La temperatura máxima en la superficie de la fachada depende del color y la orientación de la fachada. Se debe tener en cuenta que una fachada con un color de superficie claro o muy claro se irá oscureciendo a lo largo de la vida del edificio (unos 50 años) por tanto cada vez

absorberá más radiación solar. Por ello en el diseño de la fachada se cree conveniente utilizar el valor de temperatura teniendo en cuenta la radiación solar sobre una superficie oscura.

En el caso que nos ocupa y según el apartado 3.2.4 del DB SE-AE, para una superficie de color oscuro, el valor de temperatura máxima (44°C) lo incrementaremos en 4°C.



**Figura 3.3:** Valor de la Temperatura Máxima del Aire  
(Fuente: Anejo E DB SE/AE. Datos climáticos)

Como valor característico de la temperatura mínima del aire exterior, puede tomarse la de la tabla 3.3, en función de la altitud del emplazamiento, y la zona climática invernal, según el mapa de la figura 3.4.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

**Tabla 3.3:** Valor de la Temperatura Mínima del Aire  
(Fuente: Anejo E DB SE/AE. Datos climáticos)



**Figura 3.4:** Zonas climáticas de invierno.  
(Fuente: Anejo E DB SE/AE. Datos climáticos)

En la siguiente tabla se muestra la temperatura máxima y mínima en la fachada del edificio objeto de estudio, además de la variación de temperatura máxima a la que estará sometida.

Orientación de la Fachada.	T <sub>máx.</sub>	T <sub>mín.</sub>	$\Delta T_{máx}$
Este	48 °C.	6 °C.	42 °C.

De acuerdo a los parámetros tenidos en cuenta en el proyecto de ejecución del edificio objeto de estudio, en relación a las fachadas del mismo, se ha tenido en cuenta las variaciones de la temperatura ambiente exterior, que puedan someter a la edificación y sus elementos a deformaciones y cambios geométricos.

#### Acciones Horizontales.

De acuerdo al DB SE-AE Apdo. 3.2, se contemplará además de las acciones indicadas hasta ahora (Peso Propio, Acción del viento y Acción de la Temperatura), una fuerza horizontal uniformemente repartida sobre la fachada, considerando la misma como elemento divisorio.

El edificio objeto de estudio, se clasifica con subcategoría de uso C5 (estadio), por lo que la fuerza horizontal que se deberá considerar actuando sobre la fachada es de 3 kN/m, ubicada dicha línea de carga a 1,2m del suelo.

Categoría de Uso.	Fuerza Horizontal (kN/m)
C5	3,0
C3,C4,E,F	1,6
Resto de los casos.	0,8

**Tabla 3.4:** Acciones horizontales sobre elementos divisorios

(Fuente: DB SE/AE. Apdo. 3.2)

En la fachada objeto de estudio, dicha fuerza horizontal se debería considerar en el cálculo del vidrio, no obstante al no ser este accesible por disponer de una barandilla que impide la aplicación de dicha carga, la misma no se contemplará.

#### Limitación de parámetros según DB/SE-AE.

A lo largo de los apartados anteriores se ha ido definiendo los parámetros límite y especificaciones de diseño para la fachada del Edificio-Palacio Multiusos en la ciudad de las Palmas de Gran Canaria. A continuación se muestra el resumen de los requerimientos para el diseño de la misma:

<b>DB SE/AE.</b>	Peso Propio	Los elementos de la fachada deben soportar su peso propio y transferir el peso a la estructura del edificio por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.		
	Acción del Viento.	Los elementos de Fachada no se deteriorarán ni desprenderán ante una:	Fuerza del viento (KN/m <sup>2</sup> )	1,04
	Acción de la temperatura	Los elementos de fachada no se deteriorarán ante temperaturas extremas y la dilatación ante la máxima diferencia de temperaturas será absorbible por las juntas de dilatación.	T <sub>máx</sub>	48 °C
			T <sub>min</sub>	6 °C
			Δt <sub>máx</sub>	42 °C
Acción Horizontal	Los vidrios de fachada, como elemento divisorio, deberán satisfacer la carga horizontal:	Fuerza Horizontal (3,00 KN/m)	No considerada.	

**Tabla 3.5:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Acciones en la edificación.

### 3.2 Ahorro de Energía DB/HE.

Para poder determinar los requerimientos establecidos por el Código Técnico [1], algunos de sus Documentos Básicos (DB) establecen dos opciones de aplicación: la simplificada y la general.

La opción general consiste en un método de cálculo global para todo el edificio, por lo tanto, se hace necesario definir previamente tanto la piel del edificio como sus espacios interiores.

La opción simplificada permite establecer parámetros límite para cada uno de los elementos constructivos.

Se pretende realizar el estudio de la fachada de nuestro edificio, independientemente de la distribución interior, es por ello que se utilizará la opción simplificada para la determinación de los requerimientos que ha de cumplir la misma.

En el apartado 2, se han definido particularidades del edificio ambientales y físicas, no obstante, no se han definido ciertas características que influyen en la aplicación de la opción simplificada del Código Técnico [1]. Para la aplicación de esta opción se deben cumplir simultáneamente ciertas condiciones que se exponen a continuación:

La opción simplificada se podrá aplicar siempre y cuando se cumplan los requisitos siguientes:

- El porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie.
- Se admiten porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.
- Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros Trombe o muros parietodinámicos.
- Se considerarán los puentes térmicos integrados a las fachadas con superficie superior a 0,5 m<sup>2</sup>, tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana.
- Se excluirán puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50%.

### Demanda Energética.

En referencia a la demanda energética, el Código Técnico [1], establece unos valores límite de los parámetros característicos de la fachada y estos están condicionados por la ubicación del edificio.

De acuerdo con el apéndice B del DB HE-1, Las Palmas de Gran Canaria pertenece a la zona climática A3. Los espacios interiores del edificio objeto de estudio se consideran espacios de alta carga interna.

En el apéndice D del DB HE-1, para la zona climática A3 y en espacios de alta carga interna, se establecen los parámetros característicos medios que se muestran en la tabla 3.6.

#### ZONA CLIMÁTICA A3

<b>Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno.</b>	$U_{lim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
<b>Transmitancia límite de suelos.</b>	$U_{slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
<b>Transmitancia límite de cubiertas.</b>	$U_{clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
<b>Factor solar modificado límite de lucernarios.</b>	$FL_{lim}: 0,29$

% Superficie de Huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
					Carga Interna Baja			Carga Interna Alta.		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
De 0/10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
De 11/20	4,7(5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
De 21/30	4,1(4,6)	5,5(5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
De 31/40	3,8(4,1)	5,2(5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
De 41/50	3,5(3,8)	5,0(5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
De 51/60	3,4(3,6)	4,8(4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,38	0,51	0,39

En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , sea inferior a 0,67 W/m<sup>2</sup>K se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis.

**Tabla 3.6:** Valores límites de los parámetros característicos medios.

(Fuente: CTE DB-HE1 Anejo D Apdo. D.2.3)

Una vez establecidos los valores límite de los parámetros característicos medios de la demanda de energía, analizaremos los valores obtenidos para dichos parámetros en nuestro edificio objeto de estudio, los cuales lo obtenemos a partir de la aplicación informática utilizada a nivel de proyecto (LIDER), con la que se justifica el cumplimiento con el Documento Básico HE-1.

### Transmitancia límite de Muro de Fachada ( $U_{Mlim}$ )

El Código Técnico [1] establece que los edificios que pertenecen a la zona climática A3 tendrán limitada superiormente la transmitancia de muros de fachada ( $U_M$ ) a un valor de 0,94 W/m<sup>2</sup>K. En el caso de la fachada objeto de estudio, el muro de hormigón visto proyectado presenta una transmitancia de 0,25 W/m<sup>2</sup>K, inferior a la máxima admisible.

### Transmitancia límite de Huevo ( $U_{Hlim}$ )

La transmitancia límite de huecos ( $U_{Hlim}$ ) para la orientación de la fachada del edificio dependerá del porcentaje de superficie de huecos y de la transmitancia media de los muros de fachada ( $U_{Mm}$ ). A continuación en la tabla 3.7 se muestran los valores  $U_{Hlim}$  para un porcentaje de huecos del 13 %.

% Superficie de Huecos	Transmitancia Media de Muros.	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K.
13	$U_{Mm} < 0,67$ W/m <sup>2</sup> K	5,7
	$U_{Mm} > 0,67$ W/m <sup>2</sup> K	5,7

**Tabla 3.6:** Valores límites de la transmitancia en huecos de fachada Este.

(Fuente: CTE DB-HE1 Apdo. 2 Tabla 2.2)

Los travesaños y montantes que constituyen el muro cortina, con rotura de puente térmico y en color gris oscuro, presentan una transmitancia térmica  $U = 4$  W/m<sup>2</sup>K, cumpliendo así el límite dado por la norma [1].

El acristalamiento incorporado es doble y está formado por:

- Un vidrio exterior de 10.0 mm de espesor con capa de control solar Cool-Lite ST 150.
- Cámara de aire de 16mm de espesor.
- Vidrio interior laminado formado por dos lunas incoloras de 5 mm. unidas mediante lamina de butiral transparente.

Los parámetros característicos de dicho acristalamiento introducidos en cálculo son:

- $U = 1.2$  W/m<sup>2</sup>K.

### Factor solar modificado límite de huecos ( $F_{Hlim}$ )

El  $F_{Hlim}$  depende del porcentaje de superficie de huecos en la fachada y de la orientación de la misma. A continuación en la tabla 3.7 se muestran los valores  $F_{Hlim}$  para un porcentaje de huecos del 13 %. Y la orientación Este de la fachada objeto de estudio.

% Superficie de Huecos	Orientación de la Fachada.	Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$
13	E/O	-

**Tabla 3.7:** Valores límites del Factor Solar Modificado en huecos de fachada Este.  
(Fuente: CTE DB-HE1 Apdo. 2 Tabla 2.2)

Como se puede observar, no se establece una limitación de este parámetro para la fachada con orientación Este, esto es debido a que la radiación solar que recibe esta fachada es nula.

No obstante, para el acristalamiento considerado en la fachada-muro cortina objeto de estudio, los parámetros característicos del mismo introducidos en cálculo son:

- Factor solar  $g = 0.28$

Hemos analizado la demanda energética de la fachada de referencia de acuerdo al método de cálculo y comparación con los parámetros característicos medios establecidos por el Código Técnico [1]. En el apartado 4.8 se atiende al mismo concepto de acuerdo a la Norma Europea en vigor [2], analizando la adecuación de la fachada objeto de estudio a la misma.

## Condensaciones.

### Condensaciones Superficiales.

El DB-HE1 establece que para limitar las condensaciones superficiales, evitando así la formación de mohos en las superficies interiores de los cerramientos susceptibles a absorber agua o degradarse, especialmente en puentes térmicos, la humedad relativa media mensual no debe ser superior a 80% (HR media mensual < 80 %).

Según la norma [5], además de la humedad y la temperatura del aire exterior hay tres parámetros que determinan el riesgo de condensación superficial y la formación de los mohos:

- La “calidad térmica” de cada cerramiento exterior del edificio, representada por la resistencia térmica, sus puentes térmicos, su geometría y su resistencia superficial interior. La calidad térmica puede caracterizarse por el factor de temperatura superficial interior  $FR_{si}$ .
- El incremento de humedad interior.
- La temperatura del ambiente interior y el sistema de calefacción.

El estudio de los requisitos y limitaciones se acota en la fachada en estudio, no entrando en los factores concretos internos del edificio. Es por ello que se cree conveniente delimitar las exigencias de los parámetros de la fachada para limitar las condensaciones superficiales aunque éstas también dependerán de los parámetros referentes a la climatización interior del edificio.

Para la comprobación de la limitación de condensaciones en la fachada objeto de estudio, los espacios habitables se caracterizan por el exceso

de humedad interior. Según lo establecido en el DB HE-1 Apdo. 3.1.2.3 y de acuerdo a la clasificación que se expresa en la norma [5], un edificio-estadio tiene exactamente una clase de higrometría 4.

De acuerdo al DB HE-1 Apdo. 3.2.3.1, en los espacios con clase de higrometría 4 en edificios situados en la zona climática A, para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales el factor de temperatura de la superficie interior,  $F_{Rsi}$ , deberá ser superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min} = 0,66$ , que se refleja en la tabla 3.8

Categoría del Espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de Higrometría 5	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de Higrometría 4	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de Higrometría 3 o Inferior	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

**Tabla 3.8:** Factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$

(Fuente: CTE DB-HE1 Apdo. 3.2.3.1)

De acuerdo al Anejo D del DB HE-1 Apdo. G.2.1.1, el factor de temperatura de la superficie interior  $F_{Rsi}$ , para cada cerramiento, se calculará a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$F_{Rsi} = 1 - 0,25 U > 0,66$$

$$U < 1,36 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

En el caso que nos ocupa, el acristalamiento proyectado presenta una transmitancia térmica de  $1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ , por lo que quedan limitadas las condensaciones superficiales.

### Condensaciones Intersticiales.

Las condensaciones intersticiales pueden llegar a producir una merma significativa en las prestaciones térmicas de la fachada o degradación. Para que lo anterior no llegue a producirse, la máxima condensación acumulada en cada período anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo (Máxima condensación acumulada  $\leq$  posible evaporación (en cada período anual)).

#### Permeabilidad al aire.

De acuerdo al DB HE-1 Apdo. 2.3. para la zona climática en la que se encuentra el edificio objeto de estudio (A3), la permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, será inferior a 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>. Paralelamente, en el Apdo. 3.2.4, se establecen como válidos los huecos, clasificados según la norma [6] y para la zona climática donde se encuentra el edificio objeto de estudio (A3), de clase 1, clase 2, clase 3 y clase 4.

Esta clasificación que realiza la norma [6] se refiere a las partes de apertura de la fachada ligera, como son las puertas que se disponen en la misma. La clasificación establecida por esta norma se puede observar en la tabla 3.9.

Clase	Permeabilidad al aire a 100 Pa (m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ).	Presión máxima de ensayo (Pa).
0	No ensayada	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

**Tabla 3.9:** Clasificación de las carpinterías según su permeabilidad al aire basada en el área total. (Fuente: Tabla 1 UNE-EN 12207:2000)

Atendiendo a los conceptos desarrollados anteriormente y para la fachada en estudio, los huecos proyectados deberán ser de clase  $\geq 1$ , con una permeabilidad al aire inferior a 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>.

Analizando los datos de proyecto y la justificación del cumplimiento de la demanda energética del edificio, según aplicación informática líder, los huecos verticales de fachada presentan una permeabilidad al aire de 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, que sería inferior al límite establecido para la zona A3.

Por otro lado, debemos analizar la permeabilidad al aire de la superficie fija de la fachada ligera. En este caso la clasificación de la fachada se lleva a cabo según la norma [7], de acuerdo a los resultados del ensayo llevado a cabo a la muestra de fachada según la norma [8]. El análisis de dicha normativa lo llevamos a cabo en el punto 4.5.

## Limitación de parámetros según DB/HE.

				CTE	Proyecto	
<b>DB-HE</b>	Demanda Energética.	Las fachadas, como parte de la envolvente del edificio, limitaran la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en el interior del edificio.	No superarán los valores de Transmitancias de Muros y Huecos.	Um [W/m <sup>2</sup> K]	0,94	0,25
				Uh [W/m <sup>2</sup> K]	5,7	1,20
		Los huecos no superarán el Factor Solar Modificado	Fh	-	0,28	

DB-HE	Condensaciones	Las superficiales están 80 % limitadas para evitar mohos y degradación de materiales	En superficies interiores de fachada la humedad relativa media mensual será inferior al valor	HRI <sub>lim</sub> ½ mensual	80 %	Cumple.
			Transmitancia térmica de fachada o puente térmico será inferior a:	U <sub>h</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	1,36	1,20
		Las intersticiales están limitadas para evitar merma de prestaciones térmicas y degradación de materiales.		En un período anual la máxima condensación acumulada no será superior a la posible evaporación en el mismo periodo.		
DB-HE	Permeabilidad al aire:	De las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa será inferior 50 m <sup>3</sup> /h	Las carpinterías con permeabilidad inferior a 50 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> serán superiores a:	Clase	1	Cumple.
<p><b>Tabla 3.10:</b> Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Limitación de la Demanda Energética.</p>						

### 3.3 Protección frente al Ruido DB/HR.

El Documento Básico DB/HR establece los niveles de aislamiento acústico de los cerramientos exteriores pero no fija los niveles de inmisión en el espacio interior del edificio. Estos quedaran determinados por los objetivos de calidad acústica interior que quedan definidos en la LEY [9].

En referencia a la protección frente al ruido aplicable a las fachadas, se deberá tener en consideración el ruido aéreo entre el interior del edificio y el ambiente exterior. No se tendrá en cuenta el ruido aéreo entre recintos ni el ruido de impactos ya que éstos solo tienen sentido de estudio entre recintos superpuestos, colindantes o con arista horizontal común, tal y como se especifica en la Guía Técnica [10].

#### Aislamiento acústico a ruido aéreo.

En el caso que nos ocupa, en el estudio de la fachada, se determinará el aislamiento acústico a ruido aéreo de un elemento constructivo homogéneo, ya que el acristalamiento de vidrio se dispone en el total de la superficie de la fachada.

En lo referente a la exposición al ruido de las fachadas, los datos seleccionados se han extraído del Documento resumen de mapas estratégicos de ruido de la aglomeración de las Palmas de Gran Canaria, que como objetivos de calidad acústica fija unos valores en función de los usos del edificio y que se reflejan en la tabla 3.11.

TIPO DE ÁREA ACÚSTICA		Índice de Ruido (dBA)		
		Ld	Le	Ln
E	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso <b>sanitario, docente y cultural</b> que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
A	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso <b>residencial</b>	65	65	55
D	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso <b>terciario</b> distinto al anterior	70	70	65
C	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso <b>recreativo y espectáculos</b> .	73	73	63
B	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso <b>industrial</b> .	75	75	65
F	Afectados a sistemas generales de <b>Infraestructuras</b> de transporte u otros equipamiento.	Sin determinar		

**Tabla 3.11:** Objetivos de calidad acústica aplicables a áreas urbanizadas existentes.

Fuente (Documento Resumen de mapas estratégicos de ruido de la aglomeración de las Palmas de Gran Canaria).

El edificio objeto de estudio dispone de sus fachadas orientadas a los cuatro puntos cardinales principales y están expuestas directamente al ruido de automóviles. El tipo de área acústica que rodea el edificio objeto de estudio es residencial (A), considerando el valor del Índice de Ruido al día, Ld, de 65 dBA.

El DB/HR define en función del uso del edificio, que en nuestro caso consideramos como edificio cultural, diferenciando entre estancias o aulas, un aislamiento acústico a ruido aéreo no menor al indicado en la tabla 3.12.

Ld (dBA)	Uso del Edificio.	
	Cultural, Docente, Administrativo y Religioso.	
	Estancias	Aulas
Ld≤60	30	30
60<Ld≤65	32	30
65<Ld≤70	37	32
70<Ld≤75	42	37
Ld>75	47	42

**Tabla 3.12:** Valores mínimos de aislamiento acústico a ruido aéreo (D2m,nT,Atr) entre un recinto protegido y el exterior para uso cultural.

(Fuente: Tabla 2.1 del DB-HR del CTE)

Escogiendo el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo más desfavorable correspondiente a estancias, para la fachada orientada al Este, será  $D_{2m,nT,Atr} \geq 32$  dBA.

Para la fachada en estudio y según análisis de la justificación a nivel de proyecto, de cumplimiento del Documento Básico DB-HR, para la composición de fachada formada por vidrio de control solar de 10mm + cámara de aire de 16mm + vidrio laminado 5+5mm, conseguimos que  $D_{2m,nT,Atr} = 41$  dBA, por lo que estamos en niveles de aislamiento superiores al mínimo exigido.

## Limitación de parámetros según DB/HR.

		CTE	Proyecto
DB-HR	Aislamiento acústico a ruido aéreo.	32 dBA	41 dBA
	El aislamiento acústico para ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$ no será inferior a:		

**Tabla 3.13:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio.  
Aislamiento acústico a ruido aéreo.

### 3.4 Salubridad DB/HS.

De acuerdo al Apdo. 2.3.1 del Documento Básico DB-HS, para concretar el grado de impermeabilidad exigido para la fachada en estudio, analizamos los siguientes conceptos:

- Altura de coronación del Edificio: 24,00 m.
- Zona Eólica: C (Apdo. 2.3.1 DB-HS, Fig. 2.5)
- Clase de Entorno: E0 (Apdo. 2.3.1 DB-HS)

A partir de los datos anteriores y de acuerdo con la Tabla 2.6 del DB-HS, para la fachada en estudio tenemos un grado de exposición al viento V1.

- Grado de Exposición al viento: V1.
- Zona Pluviométrica: III (Apdo. 2.3.1 DB-HS, Fig. 2.4)

En función del Grado de exposición al viento y la zona pluviométrica, obtenemos, de acuerdo a la tabla 2.5 del DB-HS, que el grado mínimo de impermeabilidad exigido es de 4.

### Análisis de las soluciones constructivas.

Como desarrollamos en el apartado correspondiente a las características generales del edificio, la fachada Este del mismo está compuesta por Muro de hormigón armado de 20 cm de espesor con acabado en hormigón, que abarca desde la cota -5.40m a +24.00m y el muro cortina que analizamos, que va desde la cota -12.36m a la cota -5.40m.

En el caso del muro cortina y de acuerdo al grado mínimo de impermeabilidad exigido por el CTE, la carpintería utilizada deberá ser como mínimo de grado 4. Dicho grado mínimo de impermeabilidad es certificado por el fabricante en obra, por lo que analizaremos en el apartado 4.6 las categorías alcanzadas por la carpintería objeto de estudio en los bancos de ensayo y su adecuación a las exigencias de la Normativa Europea en vigor [2].

### Limitación de parámetros según DB-HS.

		CTE	Proyecto
DB-HS	Protección frente a la Humedad.	Las fachadas deben ser resistentes a la penetración de precipitaciones. El grado de impermeabilidad exigido es:	4
			Cumple.

**Tabla 3.14:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Protección frente a la Humedad.

### 3.5 Seguridad en caso de Incendio DB/SI.

Las exigencias referidas a la seguridad en caso de incendio en la fachada del edificio objeto de estudio se basan en la propagación exterior y en la intervención de los bomberos.

#### Propagación exterior.

Propagación exterior horizontal.

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal de un incendio a través de la fachada, ésta deberá ser al menos EI 60 (resistente al fuego durante 60 minutos) entre dos sectores de incendio, si no fuera así, los puntos que no dispongan de EI 60 deben estar separados una distancia ( $d$ ) en función del ángulo  $\alpha$  formado por los planos exteriores de las fachadas.

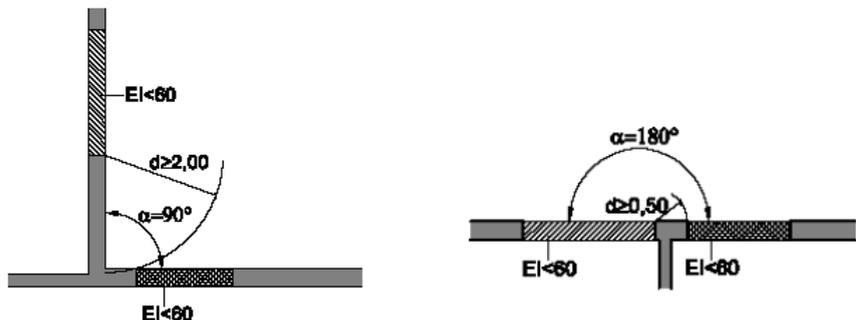


Figura 3.5: Fachadas a 90° y a 180° (Fuente: Figura 1.4 y 1.6 del DB-SI 2 del CTE)

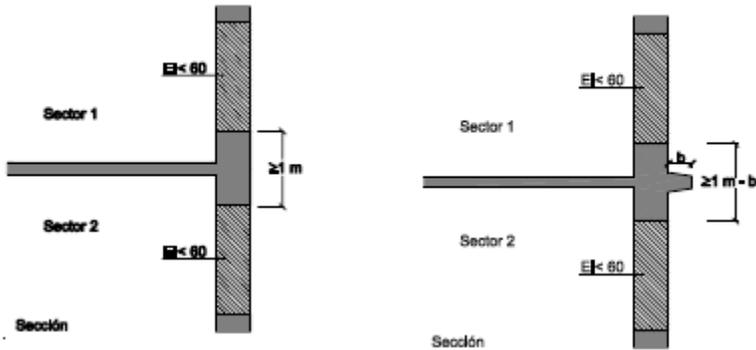
En el caso que estudiamos la fachada aparece como elemento compartimentador de un sector de incendios, en concreto de la cancha deportiva que aparece a nivel -12,36, limitando con los sectores de incendios determinados por las escaleras de evacuación.

En el Anexo B se puede analizar el encuentro entre los referidos sectores de incendios. Nos encontramos con una necesidad de compartimentación de la fachada en horizontal con una inclinación de 180º, debiendo presentar la misma una estabilidad al incendio EI-60 en una distancia mínima de 0,50 m.

Analizando los datos de proyecto y la justificación de cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (DB-SI) de la fachada objeto de estudio, la misma presenta una estabilidad al incendio EI-120, superior a la exigida y por tanto garantizando el cumplimiento de dichos requisitos básicos.

#### Propagación exterior vertical.

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior vertical entre dos sectores de incendio, la estabilidad al incendio de la fachada deberá ser al menos EI 60 en una franja de un metro de altura, como mínimo. En el caso que existieran elementos salientes que impidieran el paso de las llamas, la altura de la franja se podrá reducir en la dimensión del saliente.



**Figura 3.6:** Encuentros forjados-fachadas (Fuente: Figura 1.7 y 1.8 del DB-SI 2 del CTE)

Analizando los datos de proyecto se describe una sectorización de incendios por planta. Si analizamos los detalles del muro cortina que se desarrollan en el Anexo B, el nivel superior del mismo los disponemos a nivel -5,40, encontrándose el siguiente sector de incendios determinado a partir del nivel -3,50 m, por lo que disponemos entre ambos sectores de incendios de una franja de 1,90 m con una estabilidad al incendio EI-120.

Paralelamente el encuentro del muro cortina con el muro de hormigón que define la fachada en el resto de la altura, se define mediante al travesaño superior y las tapetas o paneles de remate superior en una distancia de 1,00 m, con una estabilidad al incendio EI-120.

### Intervención de los Bomberos.

Las exigencias básicas que se establecen en cuanto a la intervención de los bomberos en el edificio que estudiamos, están referidas a las fachadas accesibles que en nuestro caso son las fachadas Norte y Oeste. Además dichas exigencias son relativas a la accesibilidad para bomberos limitando la capacidad portante, disposición y dimensiones de viales de acceso y huecos en fachadas, cuestiones todas ellas que no repercuten en las soluciones constructivas que analizamos para el muro cortina en estudio.

### Limitación de parámetros según DB/SI.

			CTE	Proyecto	
DB-SI	Propagación exterior.	Para limitar el riesgo de propagación exterior horizontal de un incendio	Resistencia al fuego mínima de la fachada entre dos sectores de incendio.	EI-60	Cumple.
		Para limitar el riesgo de propagación exterior vertical de un incendio	Resistencia al fuego mínima de la fachada entre dos sectores de incendio en una franja de $\geq 1$ m de altura será como mínimo: En el caso que existieran elementos salientes la altura de la franja se podrá reducir en la dimensión del saliente.	EI-60	Cumple.

**Tabla 3.15** : Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio.  
Seguridad en caso de incendio.

### 3.6 Seguridad de Utilización DB-SU

El documento básico de seguridad de utilización (DB-SU) aborda las restricciones sobre las fachadas atendiendo a las siguientes exigencias básicas.

- SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas.

Apartado 3.2: Características de las barreras de protección.  
Apartado 5: Limpieza de los acristalamientos exteriores.

- SU 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento.

Apartado 1.3: Impacto con elementos frágiles.

#### Características barreras de protección.

En el caso del edificio que estudiamos, las limitaciones que se establecen respecto a las barreras de protección en desniveles, huecos y aberturas, tanto horizontales como verticales (Balcones, ventanas, etc...), se establecerán en aquellos que presenten una diferencia de cota mayor de 550 mm respecto del nivel del suelo, tal y como establecen las referidas exigencias básicas.

El muro cortina que analizamos se encuentra a nivel del suelo y los únicos huecos existentes en el mismo, son las puertas de acceso al edificio que se encuentran a cota de acceso (rampa de acceso peatonal), no existiendo diferencia de nivel superior a la indicada (550 mm) para considerar en dichos huecos ningún tipo de barrera de protección.

### **Limpieza de acristalamientos exteriores.**

En referencia a los requerimientos estipulados frente al riesgo de caídas cabe decir que en la última modificación del CTE (Abril 2009) el apartado referente a las condiciones de limpieza de los acristalamientos exteriores se refiere exclusivamente a edificios de uso residencial vivienda, eliminándose igualmente la parte referente a la necesidad de existencia de una plataforma de mantenimiento, por lo que dichas exigencias no se tendrán en cuenta para fachada que analizamos.

### **Impacto con elementos frágiles.**

En el edificio objeto de estudio y atendiendo a la justificación que se hace en proyecto redactado del cumplimiento del CTE, en concreto en las fichas justificativas de cumplimiento del DB SU-2 Apdo. 1.3 “Impacto con elementos frágiles”, se especifica que los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto y que no dispongan de una barrera de protección tendrán la clasificación de prestaciones determinada según la norma [11].

La adecuación de nuestra fachada a la referida normativa se analiza en el apartado 4.4, donde se concreta la resistencia al impacto de los vidrios de fachada.

## Limitación de parámetros según DB/SU.

			CTE	Proyecto	
<b>DB-SU</b>	SU-1: Seguridad frente al riesgo de caídas.	Características de las barreras de protección.	Barreras de protección en huecos con una diferencia de cota respecto al nivel del suelo superior a:	550 mm.	Cumple.
	SU 2: Impacto con elementos frágiles.	Los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto y que no dispongan de una barrera de protección tendrán la clasificación de prestaciones determinada según la norma UNE EN 12600:2003.			Cumple.

**Tabla 3.16:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Seguridad de Utilización.

### 3.7 Resumen de requerimientos mínimos.

A lo largo de los apartados anteriores se han ido definiendo los parámetros límite y especificaciones de diseño para el muro cortina que define la fachada Este de una Edificio multiusos en Las Palmas de Gran Canaria. A continuación se muestra el resumen de los requerimientos para el diseño de dicho muro cortina.

<b>DB SE/AE.</b>	Peso Propio	Los elementos de la fachada deben soportar su peso propio y transferir el peso a la estructura del edificio por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.		
	Acción del Viento.	Los elementos de Fachada no se deteriorarán ni desprenderán ante una:	Fuerza del viento (KN/m <sup>2</sup> )	1,04
	Acción de la temperatura	Los elementos de fachada no se deteriorarán ante temperaturas extremas y la dilatación ante la máxima diferencia de temperaturas será absorbible por las juntas de dilatación.	T <sub>máx</sub>	48 °C
			T <sub>min</sub>	6 °C
			Δt <sub>máx</sub>	42 °C
Acción Horizontal	Los vidrios de fachada, como elemento divisorio, deberán satisfacer la carga horizontal:	Fuerza Horizontal (3,00 KN/m)	No considerada.	

**Tabla 3.17:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Acciones en la edificación.

		CTE			Proyecto	
DB-HE	Demanda Energética.	Las fachadas, como parte de la envolvente del edificio, limitaran la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en	No superarán los valores de Transmitancias de Muros y Huecos.	Um [W/m <sup>2</sup> K]	0,94	0,25
				Uh [W/m <sup>2</sup> K]	5,7	1,20
		Los huecos no superarán el Factor Solar Modificado	Fh	-	0,28	
DB-HE	Condensaciones	Las superficiales están 80 % limitadas para evitar mohos y degradación de materiales	En superficies interiores de fachada la humedad relativa media mensual será inferior al valor	HRI <sub>lim</sub> ½ mensual	80 %	Cumple.
			Transmitancia térmica de fachada o puente térmico será inferior a:	Uh [W/m <sup>2</sup> K]	1,36	1,20

		Las intersticiales están limitadas para evitar merma de prestaciones térmicas y degradación de materiales.	En un período anual la máxima condensación acumulada no será superior a la posible evaporación en el mismo periodo.			
<b>DB-HE</b>	Permeabilidad al aire.	De las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa será inferior 50 m3/h	Las carpinterías con permeabilidad inferior a 50 m3/h m2 serán superiores a:	Clase	1	Cumple.
<b>Tabla 3.18:</b> Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Limitación de la Demanda Energética.						

			<b>CTE</b>	<b>Proyecto</b>
<b>DB-HR</b>	Aislamiento acústico a ruido aéreo.	El aislamiento acústico para ruido aéreo D2m,nT,Atr no será inferior a:	32 dBA	41 dBA

**Tabla 3.19:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Aislamiento acústico a ruido aéreo.

			<b>CTE</b>	<b>Proyecto</b>
<b>DB-HS</b>	Protección frente a la Humedad.	Las fachadas deben ser resistentes a la penetración de precipitaciones. El grado de impermeabilidad exigido es:	4	Cumple.

**Tabla 3.20:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Protección frente a la Humedad.

			CTE	Proyecto
<b>DB-SI</b>	Propagación exterior.	Para limitar el riesgo de propagación exterior horizontal de un incendio	Resistencia al fuego mínima de la fachada entre dos sectores de incendio. EI-60	Cumple.
			Si la resistencia al fuego entre dos sectores es inferior a la mínima, los puntos con resistencia insuficiente deberán estar separados una distancia mínima. 0,50	Cumple.
		Para limitar el riesgo de propagación exterior vertical de un incendio	Resistencia al fuego mínima de la fachada entre dos sectores de incendio en una franja de $\geq 1$ m de altura será como mínimo: En el caso que existieran elementos salientes la altura de la franja se podrá reducir en la dimensión del saliente. EI-60	Cumple.

**Tabla 3.21** : Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio.  
Seguridad en caso de incendio.

			CTE	Proyecto	
			DB-SU	SU-1: Seguridad frente al riesgo de caídas.	Características de las barreras de protección.
	SU-2: Impacto con elementos frágiles.	Los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto y que no dispongan de una barrera de protección tendrán la clasificación de prestaciones determinada según la norma UNE EN 12600:2003.			Cumple.

**Tabla 3.22:** Requerimientos mínimos de la fachada del edificio objeto de estudio. Seguridad de Utilización.

## 4 Requisitos según Normativa Europea.

### 4.1 Introducción.

En el apartado 1.3, analizábamos la situación actual de los textos normativos aplicables al diseño y ejecución de las fachadas ligeras. Entre estos textos, la norma de producto [2], especifica las características de las fachadas ligeras y aporta informaciones técnicas en relación a los diversos requisitos de prestaciones que se aplican en Europa, así como los criterios de ensayo y secuencia de ensayos a los que es sometido el producto para demostrar su conformidad.

Una fachada ligera no es un producto que pueda ser completado en todos sus aspectos dentro de una unidad de fabricación, sino que se trata de una serie de componentes y/o subconjuntos prefabricados que no forman un producto acabado hasta tanto no han sido ensamblados conjuntamente in situ. Esta norma se aplicará a la totalidad de la fachada ligera, incluyendo las hendiduras, cierres y albardillas.

En el caso que nos ocupa, el muro cortina que estudiamos ha sido distribuido y ejecutado por la empresa INASUS y fabricado por la empresa CORTIZO, de acuerdo a uno de sus sistemas de fachada propios, como es la fachada TP-52. El análisis que realizamos a continuación, para verificar la adecuación de dicha fachada a la Normativa Europea en vigor [2], toma como base los informes de ensayos llevados a cabo por parte de la empresa distribuidora en el montaje de la fachada y los ensayos realizados por parte del fabricante sobre una muestra del referido sistema de fachada.

## 4.2 Peso Muerto (Peso Propio).

Según la norma, la fachada ligera debe soportar su peso propio, incluyendo cualquier accesorio incorporado por el diseño original. Debe transferir el peso a la estructura del edificio, con seguridad, por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.

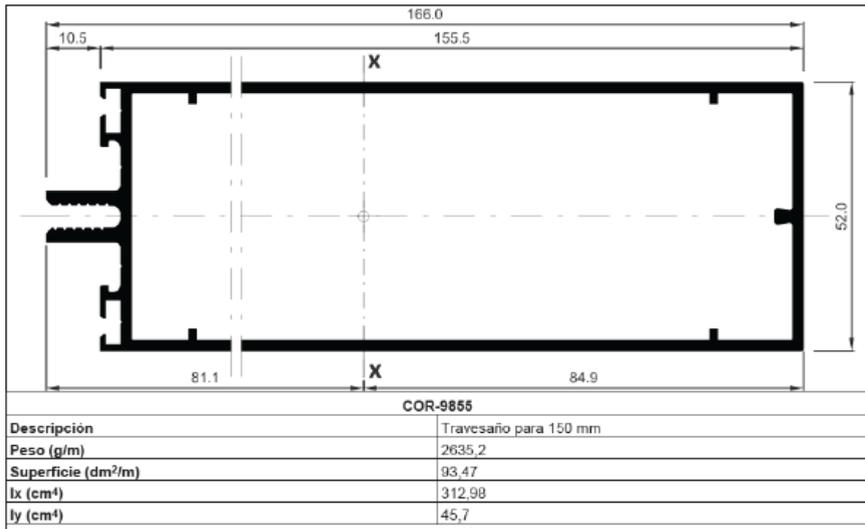
Los pesos propios serán determinados de acuerdo a la Norma [12], donde se establece una tabla de pesos específicos de materiales de construcción, al igual que veíamos en el Anexo C del Documento Básico DB SE-AE.

Como indicábamos en el análisis y aplicación de las exigencias básicas del Código Técnico [1], en el caso que nos ocupa se ha considerado en fase de diseño el peso del cerramiento exterior como acción permanente, dentro de las hipótesis de carga de la estructura.

Paralelamente y atendiendo a la norma [2], la flecha máxima de cualquier elemento del armazón horizontal principal a partir de cargas verticales no debe sobrepasar  $L/500$  o 3 mm, el que sea más bajo.

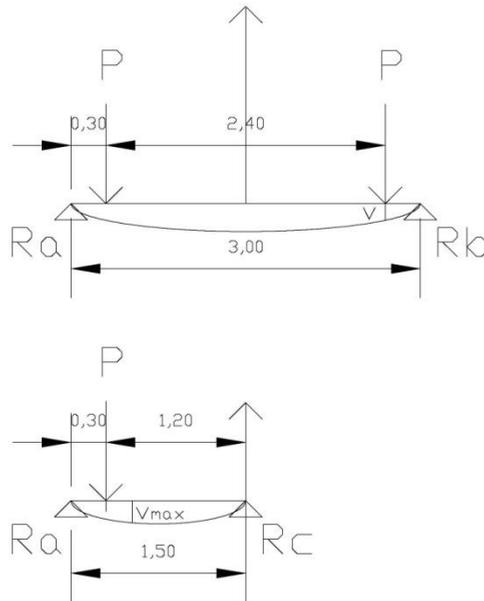
En el caso que nos ocupa se ha tenido acceso a los informes de cálculo y ensayos, llevados a cabo por parte del montador/distribuidor de la fachada (INASUS) para comprobar que las deformaciones que se producen, considerando la carga de peso propio son admisibles, de acuerdo a las limitaciones establecidas por la norma. De esta forma se realiza el cálculo del travesaño horizontal para el peso del vidrio.

El perfil dispuesto para el travesaño de aluminio es: COR-9855



**Figura 4.1:** Perfil dispuesto como travesaño horizontal en fachada.  
(Fuente: Informe de Cálculo Fabricante - INASUS)

El travesaño debe soportar el peso de vidrio, el cual presenta una modulación de 3,00 x 2,28 m, encontrándose calzado a L/10 de su luz en ambos extremos. Dado que la luz es elevada, se utiliza un tirante tensor en el centro del travesaño, entre los dos montantes, quedando el modelo de cálculo como sigue:



**Figura 4.2:** Modelo de cálculo travesaño a peso del vidrio.

Se calcula la deformación máxima que alcanza dicho perfil, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{P \cdot a \cdot b \cdot (2 \cdot a + b)}{27 \cdot E \cdot I_y} \cdot \frac{\sqrt{3 \cdot b \cdot (2 \cdot a + b)}}{l}$$

**Figura 4.3:** Cálculo de deformación máxima travesaño a peso del vidrio.

Siendo en este caso:

$l$  : 1500 mm.

$a$  : 300 mm.

$b$  : 1200 mm.

$E$  : 70.000 N/mm<sup>2</sup>.

$I_y$  : 45,7 cm<sup>4</sup>.

$P$  : Peso Vidrio ( 50 Kg/m<sup>2</sup> – Manual de Producto. Fachadas ligeras. Asefave).

Aplicando los datos de referencia según la fórmula indicada, obtenemos una deformación del travesaño de 2,17 mm, por debajo de la deformación máxima admisible de 3 mm establecida por la norma.

Como indicamos en apartados anteriores, se utiliza un tirante tensor en el centro del travesaño, que ayuda a soportar el peso de los vidrios del acristalamiento exterior, por lo que igualmente se realiza las comprobaciones de la capacidad portante del tirante.

La reacción  $R_c$  que debe soportar el tensor es:

$$R_c = 2 \times P \times a / l = 684 \text{ N/Vidrio.}$$

La acción que debe soportar el tensor es producida por tres vidrios por tanto:

$$F_{\text{tirante}} = 3 \times R_c = 2052 \text{ N.}$$

El tensor es de acero S275JR de diámetro 10 mm. La carga normal que se genera, según los cálculos analizados es de 35,27 N/mm<sup>2</sup>.

Atendiendo a que la tensión minorada del acero es de 250 N/mm<sup>2</sup>, la carga que aguanta el tensor está dentro de los límites admisibles para el mismo.

Paralelamente a la comprobación realizada, también se indica por la norma [2] que los elementos de la fachada deben transmitir su peso a la estructura del edificio, por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto. En el correspondiente informe de cálculo se atiende a este concepto, verificando la transmisión de la carga mayorada del tirante al forjado mediante el taco de fijación previsto, así como la capacidad portante y la transmisión de esfuerzos de las placas de anclaje a la estructura.

<b>UNE EN 13830</b>	<b>Peso Propio</b>	Los elementos de la fachada deben soportar su peso propio y transferir el peso a la estructura del edificio por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.		
		Los pesos propios serán determinados de acuerdo a la Norma Europea UNE EN 1991-1-1		
		La flecha máxima de cualquier elemento del armazón horizontal principal a partir de cargas verticales no debe sobrepasar:	L/500 o 3 mm. (El que sea más bajo)	2,17 mm.

**Tabla 4.1:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Peso Propio.

### 4.3 Resistencia a la carga del viento.

Según la norma, la fachada ligera debe ser lo suficientemente rígida para resistir las cargas declaradas debidas al viento, tanto positivas como negativas. Debe transmitir dichas cargas a la estructura del edificio, con seguridad, por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.

El cálculo de la acción del viento será determinado de acuerdo a la Norma Europea [13]. En nuestro caso la acción del viento ya ha sido calculada y considerada en el diseño de la fachada, de acuerdo al Anejo D del Documento Básico DB SE-AE.

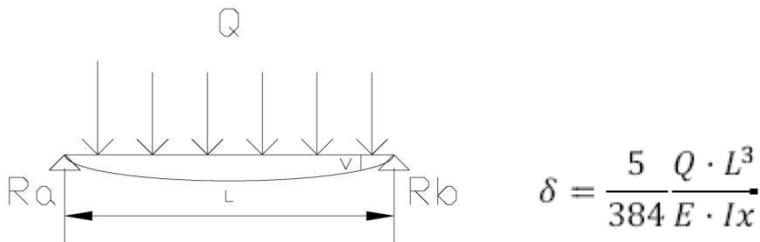
Bajo las cargas declaradas del viento, la flecha frontal máxima de los elementos del armazón de la fachada ligera no debe sobrepasar  $L/200$  o 15 mm, el que sea más bajo, de conformidad con la Norma Europea [14].

Las fachadas ligeras deben resistir esas cargas declaradas del viento, cuando es sometida a ensayo de acuerdo con la Norma Europea [15].

Atenderemos por tanto a dos cuestiones, por un lado comprobamos que para el sistema de fachada que se estudia, se ha llevado a cabo por parte del fabricante el ensayo que garantiza la resistencia de la fachada a la carga del viento, siendo dicho sistema y de acuerdo a los datos técnicos consultados APTO para una carga de diseño de 2000 Pa y una carga de seguridad de 3000 Pa. Como desarrollábamos en el apartado 3.1. la carga del viento calculada para la fachada en estudio es de 1040 Pa, inferior a la carga de diseño-seguridad aplicada y por tanto admisible para el sistema que estudiamos.

Analizamos los informes de cálculo del montador/distribuidor de la fachada (Inasus), para comprobar que las deformaciones que se producen considerando la acción del viento son admisibles de acuerdo a las limitaciones establecidas por la norma [14] y que la capacidad portante de los elementos considerados es correcta.

En la fachada objeto de estudio, se distinguen por un lado los travesaños y dos tipos de montantes, aquellos que van anclados solamente a los forjados y aquellos otros que van anclados además de a los forjados, a las columnas que hay en el interior del edificio. En todos los casos se ha realizado el cálculo de la máxima deformación que se produce por la acción del viento y la capacidad portante de dichos elementos, obteniéndose los siguientes resultados.



**Figura 4.4:** Modelo de cálculo deformación ante acción del viento.

Siendo en este caso:

Q : Carga del viento: 1,04 kN/m<sup>2</sup> ; Qe (B) x A x L.

A : Ancho influencia.

L : Longitud entre apoyos.

E : Módulo resistente aluminio (70.000 N/mm<sup>2</sup>).

Ix : Momento de Inercia

En el siguiente cuadro se establece la deformación máxima obtenida para los montantes mas desfavorables de la fachada.

Fachada	Montante	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Viento (kPa)	Iz montante (cm <sup>3</sup> )	δ real (mm)
Este.	E2.	6750	2750	1,04	9107,3	12,13
Este.	E4.	6395	3000	1,04	6527,62	14,87
Este.	E6.	6052	3000	1,04	6527,62	11,93
Este.	E8.	5682	3000	1,04	6527,62	9,27
Este.	E10.	5312	3000	1,04	6527,62	7,08
Este.	E12.	4870	3000	1,04	2412,55	13,53
Este.	E14.	4495	3000	1,04	2412,55	9,82
Este.	E16.	4176	3000	1,04	1532,60	11,52
Este.	Pilar.	3197	3000	1,04		13,52

**Tabla 4.2:** Calculo deformación máxima montantes. Acción del viento.

Se comprueba que la máxima deformación δ real < 15 mm cumple

Se comprueba también el ELU:

$$M^* = \gamma_Q \cdot \frac{Qv_B \cdot L}{8}$$

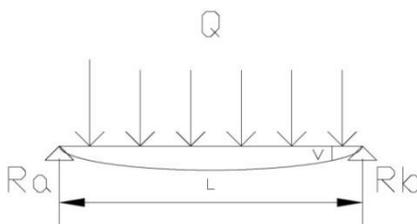
$$\sigma = \frac{M^*}{W}$$

Fachada	Montante	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Viento (kPa)	M (Nm)	$\sigma_{Ed}$ (Mpa)
Este.	E2.	6750	2750	1,04	24432,89	59,49
Este.	E4.	6395	3000	1,04	23924,17	89,06
Este.	E6.	6052	3000	1,04	21426,62	79,77
Este.	E8.	5682	3000	1,04	18886,80	70,31
Este.	E10.	5312	3000	1,04	16507,15	61,45
Este.	E12.	4870	3000	1,04	13874,39	78,21
Este.	E14.	4495	3000	1,04	11819,94	66,63
Este.	E16.	4176	3000	1,04	10201,80	90,53
Este.	Pilar.	3197	3000	1,04	4919,85	96,09

**Tabla 4.3:** Cálculo tensión máxima montantes. Acción del viento.

Se comprueba que la tensión máxima  $\sigma_{Ed}$  (N/mm<sup>2</sup>) < 110 (Límite elástico aluminio) / 1,1 (Minoración de cargas) = 100 N/mm<sup>2</sup>, cumple.

Igualmente se hace el cálculo de la deformación máxima sufrida por el travesaño ante la acción del viento



$$\delta = \frac{5}{384} \frac{Q \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

**Figura 4.4:** Modelo de cálculo deformación ante acción del viento.

Siendo en este caso:

Q : Carga del viento: 1,04 kN/m<sup>2</sup> ; Qe (B) x A x L.

A : Ancho influencia (2,28 m)

L : Longitud entre apoyos (3,00 m)

E : Módulo resistente aluminio (70.000 N/mm<sup>2</sup>).

Ix : Momento de Inercia (312,8 cm<sup>3</sup>)

$$\delta_{\max} = 11,41 < 15 \text{ mm ; Cumple}$$

Paralelamente a las comprobaciones realizadas, también se indica por la norma que los elementos de la fachada deben transmitir la carga del viento a la estructura del edificio, por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto. En el correspondiente informe de cálculo se atiende a este concepto, verificando la capacidad portante y la transmisión de esfuerzos de dichas placas de anclaje a la estructura.

<b>UNE EN 13830</b>	<b>Acción del Viento</b>	La fachada ligera debe ser lo suficientemente rígida para resistir las cargas del viento, tanto positivas como negativas y transmitir las a la estructura del edificio, con seguridad, por medio de los puntos de anclaje previstos a tal efecto.		
		<b>Normativa Aplicable.</b>	UNE EN 1991-1-4: Cálculo Acción del viento.	
			UNE EN 13116: Requisitos de prestaciones.	
	UNE EN 12179: Método de Ensayo.			
		La flecha frontal máxima de los elementos del armazón de la fachada ligera no debe sobrepasar:	Min. L/200 o 15 mm.	Cumple

**Tabla 4.4:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Acción del viento.

Igualmente, deberíamos considerar la carga del viento en el cálculo del vidrio de fachada, que presenta las siguientes características:

Cargas:

- Presión de viento: 1,56 kN/m<sup>2</sup>.

Composición del vidrio:

- Dimensiones: 2978 x 2258 mm.
- 10 T / C16 /5+5
- Vidrio apoyado a cuatro caras.

La Tensión máxima que soportará la luna exterior de vidrio templado del acristalamiento de la fachada en estudio será:

$$\sigma_{\max} = 17,54 \text{ N/mm}^2 .$$

Considerando que dicho vidrio es un vidrio templado y que este tipo de vidrio es capaz de aguantar una tensión máxima de 50 N/mm<sup>2</sup>, podemos comprobar que la tensión máxima que actúa es admisible.

Paralelamente, analizando el vidrio interior laminado, obtenemos según cálculos una tensión de:

$$\sigma_{\max} = 15,85 \text{ N/mm}^2 .$$

Considerando que dicho vidrio es un vidrio laminado y que este tipo de vidrio es capaz de aguantar una tensión máxima de 20 N/mm<sup>2</sup>, podemos comprobar que la tensión máxima que actúa es admisible.

Además de las cargas consideradas anteriormente en el cálculo del vidrio, se deberá atender a la resistencia al impacto del mismo, según la norma [11], la cual se analizará en el siguiente punto.

#### 4.4 Resistencia al Impacto.

Se deberá atender al comportamiento de la fachada ligera, bajo la carga de impacto de cuerpo blando. Los resultados del ensayo deben ser clasificados de acuerdo con la norma [16] y el mismo se llevará a cabo de acuerdo con la norma [17].

No obstante, en el caso de la fachada objeto de estudio, vamos a considerar dicha resistencia al impacto sobre el vidrio, el cual estará clasificado y ensayado según la norma [11].

En el edificio objeto de estudio y atendiendo a la justificación que se hace del cumplimiento del Código Técnico [1], en concreto en las fichas justificativas de cumplimiento del DB SU-2 Apdo. 1.3 “Impacto con elementos frágiles”, se especifica que los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto y que no dispongan de una barrera de protección tendrán la clasificación de prestaciones determinada según la norma [11].

El requerimiento demandado es que estos sean laminados o templados. En el caso particular que nos ocupa, como desarrollamos en el apartado correspondiente a la justificación del Código Técnico [1], estamos considerando un vidrio templado, con lo que cumple con las especificaciones establecidas por parte de la norma europea en vigor.

<b>UNE EN 13830</b>	<b>Resistencia al Impacto.</b>	Se deberá atender al comportamiento de la fachada ligera, bajo la carga de impacto de cuerpo blando	
		Normativa Aplicable.	UNE EN 13049: Método de ensayo.
			UNE EN 14019: Clasificación resultados de ensayo.
			UNE EN 12600: Método de Ensayo y Clasificación de vidrio Plano.
Requerimientos.	Vidrio Laminado o Templado.	Cumple	

**Tabla 4.5:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Resistencia al Impacto.

#### 4.5 Permeabilidad al aire.

Como veíamos en el análisis de las exigencias relativas a la limitación de la demanda energética, de acuerdo a DB HE-1, para los huecos y partes de apertura de la fachada ligera en estudio, se establece que su permeabilidad al aire deberá ser inferior a 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> y estos deberán ser de clase  $\geq 1$  según clasificación establecida por la norma [6], que se detalla en el siguiente cuadro:

Clase	Permeabilidad al aire a 100 Pa (m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ).	Presión máxima de ensayo (Pa).
0	No ensayada	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	>600

**Tabla 4.6:** Clasificación de las carpinterías según su permeabilidad al aire basada en el área total. (Fuente: Tabla 1.UNE-EN 12207:2000)

Por otro lado, debemos analizar la permeabilidad al aire de la superficie fija de la fachada ligera. En este caso la clasificación de la fachada se lleva a cabo según la norma [7], de acuerdo a los resultados del ensayo llevado a cabo a la muestra de fachada, de acuerdo a la norma [8]. La clasificación es la que se refleja en el siguiente cuadro:

<b>Presión Máxima P<sub>máx</sub> (Pa)</b>	<b>Permeabilidad al aire a (m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>).</b>	<b>Clase</b>
150	1,5	A1
300	1,5	A2
450	1,5	A3
600	1,5	A4
>600	1,5	AE

**Tabla 4.7:** Clasificación de las carpinterías según su permeabilidad al aire basada en el área total. (Fuente: Tabla 1. UNE-EN 12152:2002)

En la tabla 4.6 se observa que la presión máxima de ensayo correspondiente a una clase 1 es de 150 Pa. En la tabla 4.7 se indica que en el caso de una fachada ligera para dicha presión de ensayo la clase será A1.

Atendiendo a los resultados obtenidos de los ensayos llevados a cabo por el fabricante (CORTIZO), la carpintería de la fachada objeto de estudio es de clase AE, superior a la mínima exigida.

<b>UNE EN 13830</b>	Permeabilidad al aire.	Normativa Aplicable.	UNE EN 12207: Puertas y Ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación.	
			UNE EN 12152: Fachadas Ligeras. Permeabilidad al aire. Clasificación.	
			UNE EN 12153: Fachadas Ligeras. Permeabilidad al aire. Método de Ensayo	
	Requisitos de funcionamiento.	Carpintería mínima Clase A1.	Cumple.	

**Tabla 4.8:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Permeabilidad al aire.

#### 4.6 Estanqueidad al agua.

De acuerdo a la norma de producto [2], deberá realizarse un ensayo de estanqueidad al agua, de acuerdo con la Norma Europea [18]. Los resultados se deben expresar de acuerdo con la Norma Europea [19].

En el caso de la fachada de vidrio que estudiamos y de acuerdo al grado mínimo de impermeabilidad exigido por el Código Técnico [1], la carpintería utilizada deberá ser como mínimo de grado 4, por lo que la clasificación de la misma, atendiendo a la norma [19] será R4. Dicho grado mínimo de impermeabilidad es certificado por el fabricante en obra.

Presión Máxima P <sub>máx</sub> (Pa)	Clasificación.
150	R4
300	R5
450	R6
600	R7
>600	RE xxx

**Tabla 4.9:** Clasificación de las carpinterías según su estanqueidad al agua. (Fuente: Tabla 2 UNE-EN 12154:2000)

Analizando los datos obtenidos en los ensayos llevados a cabo por el fabricante, de acuerdo a la norma [18], disponemos que el muro cortina presenta una clase de estanqueidad al agua RE1500, superior a la mínima exigida.

<b>UNE EN 13830</b>	Estanqueidad al agua.	Normativa Aplicable.	UNE EN 12155: Fachadas Ligeras. Estanqueidad al agua. Ensayo de Laboratorio bajo presión estática.	
			UNE EN 12154: Fachadas Ligeras. Estanqueidad al agua. Requisito y Clasificación.	
		Requisitos de funcionamiento.	Carpintería mínima Clase R4.	Cumple.

**Tabla 4.10:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Estanqueidad al agua.

#### 4.7 Atenuación al ruido aéreo.

De acuerdo a la norma de producto [2], cuando se requiera específicamente, el índice de atenuación acústica debe ser determinado por ensayo, de acuerdo con la norma [20]. Los resultados de los ensayos deben ser determinados de acuerdo con la norma europea [21].

A diferencia de lo que ocurre con las prestaciones analizadas hasta ahora, la evaluación del aislamiento a ruido aéreo de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos.

No obstante en el apartado 3.3. determinamos los valores mínimos de aislamiento que debe presentar el muro cortina del edificio objeto de estudio (32 DbA), atendiendo a la clasificación y exigencias establecidas por el Documento Básico DB-HR. Aislamiento acústico a ruido aéreo.

Igualmente analizando la justificación a nivel de proyecto, de cumplimiento del Documento Básico DB-HR, para la composición de fachada formada por vidrio de control solar de 10mm + cámara de aire de 16mm + vidrio laminado 5+5mm, conseguimos que  $D_{2m,nT,Atr} = 41$  dBA, por lo que estamos en niveles de aislamiento superiores al mínimo exigido.

<b>UNE EN 13830</b>	Aislamiento a ruido aéreo.	Normativa Aplicable.	EN ISO 140-3.: Aislamiento a ruido aéreo. Ensayo índice de atenuación acústica.
			EN ISO 717-1: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.

**Tabla 4.11:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Aislamiento a ruido aéreo.

#### 4.8 Transmitancia térmica.

Los métodos de evaluación y cálculo de la transmitancia térmica de la fachada ligera y los métodos de ensayo apropiados se definen en la Norma Europea [22].

Esta norma especifica un método para el cálculo de la transmitancia térmica de las fachadas ligeras formadas por un acristalamiento y/o paneles opacos ensamblados o anclados a los marcos.

Atendiendo a los ensayos llevados a cabo por el fabricante y al cálculo de la transmitancia térmica para el sistema de fachada que analizamos, según método de ensayo definido en la norma [22], la transmitancia alcanzada en nuestro caso es:

- $U = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Como analizamos en el apartado 3.2, dicho valor está por debajo del valor límite establecido para la transmitancia térmica en la fachada objeto de estudio ( $5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

<b>UNE EN 13830</b>	Transmitancia térmica.	Normativa Aplicable.	UNE EN 13947: Prestaciones térmicas de las fachadas ligeras. Cálculo de la transmitancia térmica.
---------------------	------------------------	----------------------	---

**Tabla 4.12:** Requisitos de la fachada del edificio según UNE EN 13830. Transmitancia térmica.

#### 4.9 Resistencia al fuego.

De acuerdo a la norma de producto [2], cuando se requiera específicamente, la resistencia al fuego se debe clasificar de acuerdo con la norma europea [23].

La evaluación de la resistencia al fuego de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos.

#### 4.10 Reacción al fuego.

De acuerdo a la norma de producto [2], cuando se requiera específicamente, la reacción al fuego se debe clasificar de acuerdo con la norma europea [24].

La evaluación de la reacción al fuego de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos.

#### 4.11 Propagación del fuego.

De acuerdo a la norma de producto [2], cuando se requiera específicamente, la fachada ligera deber incorporar barreras de fuego y humo, tantos como sean necesarios para prevenir la transmisión del fuego o del humo a través de huecos en la construcción de la fachada ligera en sus empotramientos a todos los niveles con planchas de suelo estructural.

La evaluación de la propagación del fuego a través de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos.

#### 4.12 Durabilidad.

La durabilidad de prestaciones de cualquier característica de la fachada ligera no se somete a ensayo, sino que está asociada a los resultados de la conformidad de los materiales y acabados constitutivos con el estado del arte, o llegado el caso, con especificaciones técnicas europeas que especifican el material o el acabado.

Los componentes, materiales y acabados, a partir de los cuales se fabrica la fachada ligera, deberían ser mantenidos por causa de su envejecimiento natural.

El fabricante tiene editado recomendaciones relativas a requisitos de mantenimiento para el muro cortina que estudiamos.

#### 4.13 Permeabilidad al vapor de agua.

Deben incluirse barreras de control de vapor conforme con la apropiada norma europea para tomar en consideración las condiciones hidrotérmicas específicas del edificio.

La evaluación de la permeabilidad al vapor de agua de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos.

#### 4.14 Equipotencialidad.

Cuando específicamente se requiera, los componentes metálicos de la fachada ligera deben estar mecánicamente ligados entre sí y a la estructura del edificio, para proporcionar una conexión equipotencial con el circuito de toma de tierra del edificio. Se trata de un requisito para todas las fachadas ligeras con partes metálicas instaladas, en edificios con una altura superior a 25 m.

En el caso que nos ocupa, el edificio presenta una altura superior de 24 m, no estando determinada por parte del fabricante la característica equipotencial del muro cortina.

#### 4.15 Resistencia al choque sísmico.

Cuando específicamente se requiera, la resistencia al choque sísmico debe ser determinada de acuerdo con especificaciones técnicas u otras previsiones válidas en el lugar de utilización.

La evaluación de la resistencia al choque sísmico de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos. No obstante, analizando los parámetros de cálculo de la fachada, según proyecto de ejecución del edificio, se ha considerado la sobrecarga de uso provocada por el sismo, que pueda someter a la fachada a deformaciones y cambios geométricos.

#### 4.16 Resistencia al choque térmico.

Cuando se determine que se requiere un vidrio resistente al choque térmico, debe ser elegido un vidrio idóneo, endurecido o templado, que sea conforme con las normas europeas apropiadas.

La evaluación de la resistencia al choque térmico del vidrio de la fachada objeto de estudio, no es una característica determinada por el fabricante, por lo que no disponemos de resultados de ensayos que determinen las prestaciones alcanzadas por la fachada para la característica esencial que analizamos.

#### 4.17 Movimiento del edificio y térmico.

El diseño de la fachada ligera, se debe acomodar específicamente a los movimientos del edificio y térmicos sin inducir daños a los componentes o prestaciones. El Proyectista debe especificar los movimientos del edificio a los que la fachada ligera se requerirá que se acomode, incluyendo movimientos en las juntas dentro de la estructura.

Analizando los parámetros de cálculo de la fachada, según proyecto de ejecución del edificio, se ha considerado la sobrecarga de uso provocada por las acciones térmicas, que pueda someter a la fachada a deformaciones y cambios geométricos.

#### 4.18 Resistencia a cargas vivas horizontales.

La fachada ligera debe resistir una carga viva horizontal a la altura del antepecho como se especifica en la norma europea [12], cuyo valor va a estar comprendido entre los 3,0 y los 5,0 kN/m, al tratarse de un edificio de categoría C5 (Palacio de deportes – Estadio).

Esta característica ya la analizamos en el apartado 3.1, en el cálculo de las acciones sobre el vidrio que constituye la fachada ligera, concluyendo que al no ser este accesible, por disponer de una barandilla que impide la aplicación de dicha carga, la misma no se contemplará.

### 5 Organigrama Prescripciones Normativa Española y Europea.

En el Anexo C se presenta un Organigrama completo con las prescripciones que se deberán atender para el diseño y ejecución de una fachada ligera de acuerdo a la Normativa Española [1] y la Normativa Europea [2].

# Capítulo 2.

## Conclusiones.

En este proyecto se ha tratado la fachada de un edificio-palacio multiusos bajo diversos enfoques. El primero de ellos ha sido el descriptivo mediante la descripción de la misma y demás elementos del edificio. El segundo enfoque ha estado directamente dirigido a la especificación de los requerimientos mínimos que impone el Código Técnico [1]. El último enfoque se ha encaminado hacia el análisis de la adecuación de dicha fachada de acuerdo a la norma [2].

En la parte descriptiva se ha desarrollado la tipología existente y se ha situado la fachada en el contexto del edificio tratando sus elementos complementarios. Para poder definir los requerimientos mínimos estipulados por el Código Técnico [1], se ha definido la localización y las características generales del edificio.

El Código Técnico [1] define exigencias básicas que se caracterizan y cuantifican en Documentos Básicos, cada uno de ellos ha sido tratado para definir la cuantificación de parámetros límite que garantizan el cumplimiento de la normativa.

Finalmente y en función de las prestaciones ensayadas y los valores de las mismas para las características esenciales de la fachada, se analiza la adecuación de la misma a la norma [2].

# Capítulo 3.

## Referencias Bibliográficas.

### Referencias Bibliográficas.

**[1]** REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE). (BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006).

En especial:

- DB-HE: Ahorro de energía
- DB-HR: Protección frente al ruido
- DB-HS: Salubridad
- DB SE-AE: Acciones en la edificación
- DB-SI: Seguridad en caso de incendio

**[2]** UNE EN 13830:2004: Fachadas Ligeras. Norma de producto.

**[3]** REGLAMENTO (UE) Nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

**[4]** DIRECTIVA 89/106/CEE de productos de construcción (DPC), transpuesta por el Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.

**[5]** UNE-EN ISO 13788. 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.

- [6]** UNE-EN 12207. Ventanas y Puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación.
- [7]** UNE EN 12152:2002: Fachadas Ligeras. Permeabilidad al aire. Requisitos de funcionamiento y clasificación.
- [8]** UNE EN 12153:2000: Fachadas Ligeras. Permeabilidad al aire. Método de Ensayo.
- [9]** LEY 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido (BOE 276, de 18 de Noviembre de 2003).
- [10]** Guía de aplicación del DB HR. Protección frente al ruido. <http://www.codigotecnico.org>
- [11]** UNE EN 12600:2003: Vidrio para la edificación. Ensayo Pendular. Método de ensayo al impacto y clasificación para vidrio plano.
- [12]** UNE EN 1991-1-1:2003/AC: Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-1: Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios.
- [13]** UNE EN 1991-1-4:2007: Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.
- [14]** UNE EN 13116:2001: Fachadas Ligeras. Resistencia a la carga del viento. Requisitos de Prestaciones.
- [15]** UNE EN 12179:2000: Fachadas Ligeras. Resistencia a la carga del viento. Método de Ensayo.
- [16]** UNE EN 14019:2004: Fachadas Ligeras. Resistencia al impacto. Requisitos de Comportamiento.
- [17]** UNE EN 13049:2003: Ventanas. Impacto de cuerpo blando y pesado. Método de ensayo, requisitos de seguridad y clasificación.
- [18]** UNE EN 12155:2000: Fachadas Ligeras. Estanqueidad al agua. Ensayo de Laboratorio bajo presión estática.
- [19]** UNE EN 12154:2000: Fachadas Ligeras. Estanqueidad al agua. Requisitos y Clasificación.

**[20]** UNE-EN ISO 140-3: Acústica. Aislamiento a ruido aéreo. Ensayo índice de atenuación acústica.

**[21]** UNE-EN ISO 717-1:2013: Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte I. Aislamiento al ruido aéreo.

**[22]** UNE EN 13947:2011: Prestaciones térmicas de las fachadas ligeras. Cálculo de la transmitancia térmica.

**[23]** UNE EN 13501-2:2009+A1: Clasificación en función de su comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.

**[24]** UNE EN 13501-1:2007+A1: Clasificación en función de su 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.

### **Bibliografía Complementaria.**

UNE EN 673:2011: Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica (Valor U). Método del cálculo.

UNE EN 410:2011: Vidrio en la construcción. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos.

UNE EN 410:2011 Erratum: Vidrio en la construcción. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos.

UNE EN 13050:2011: Fachadas Ligeras. Estanqueidad al agua. Ensayo de Laboratorio bajo presión dinámica de aire y proyección de agua.

UNE EN 13051:2001: Fachadas Ligeras. Estanqueidad al agua. Ensayo "in situ"

REAL DECRETO 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de la construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego. (BOE núm. 79, de 2 de abril de 2005).

REAL DECRETO 110/2008, de 1 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de la construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego. (BOE núm. 37, de 12 de febrero de 2008).

Catálogo de elementos constructivos del CTE.  
<http://www.codigotecnico.org>

### **Páginas web**

Código Técnico de la Edificación <http://www.codigotecnico.org>

Comunidad profesional de arquitectura, ingeniería y construcción: Construmática. <http://www.construmatica.com>

Asefave. Asociación española de fabricantes de fachadas ligeras y ventanas. <http://www.asefave.org>

# Capítulo 4.

## Índice de Figuras

Figura 2.1. Localización Las Palmas de Gran Canaria.....	19
Figura 2.2. Vista Panorámica Las Palmas de Gran Canaria.....	19
Figura 2.3. Climatología.....	20
Figura 2.4. Vista General Las Palmas de Gran Canaria.....	24
Figura 2.4. Vista General Las Palmas de Gran Canaria.....	24
Figura 3.1. Valor Básico Velocidad del Viento.....	33
Figura 3.2. Valor Coeficiente eólico.....	35
Figura 3.3. Valor Temperatura máxima aire.....	38
Figura 3.4. Zonas climáticas de invierno.....	39
Figura 3.5. Propagación Exterior Horizontal.....	59
Figura 3.6. Propagación Exterior Vertical.....	61
Figura 4.1. Perfil Travesaño.....	73
Figura 4.2. Modelo cálculo travesaño.....	74
Figura 4.3. Cálculo deformación máxima.....	74

# Anexos

## Anexo A.

### Definición Geométrica del Edificio.

## Anexo B.

### Detalles Muro Cortina.

## Anexo C.

# Organigrama Normativa