

INTRODUCCIÓN

El edificio se encuentra en una zona junto a la costa Noroeste de Ibiza, en el término municipal de Sant Josep de sa Talaia. Se trata de un edificio en dos alturas que posee un cerramiento perimetral de vidrio con unos elementos practicables.

Memoria Constructiva

El cerramiento se trata de una fachada totalmente acristalada, situada entre forjados. Para maximizar la transparencia de dicho cerramiento la parte superior e inferior del mismo quedará embutida en los forjados, de manera que el vidrio aparecerá del propio forjado. En la parte interior con el mismo criterio se realizarán unos montantes verticales compuestos por vidrios laminados con inserciones de acero inoxidable. En la parte interior se dispondrá un estor motorizado que dotará de privacidad y protección solar al recinto.

Por la parte exterior se dispondrá en la parte exterior una rejilla continua pegada a la fachada que permitirá el desmontaje de los vidrios y una zona de protección ante la entrada de agua a la fachada.

Las costillas estarán formadas por 3 piezas principales, unidas entre sí.

En la parte superior e inferior se dispone una pieza en "T" de acero inox. 1.4404 (Aisi 316 L), compuesta por pletinas 50.12 mm y 39.8 mm, que servirán para el anclaje de la costilla.

En la parte intermedia de la costilla se dispondrá una chapa plegada de acero inox. de 0,5 mm de espesor mecanizada en forma de peine que dotará de unión de unión ante succión entre las piezas de acero y el vidrio. Esta pieza estará soldada sobre la pletina exterior 39.8 mm, que será continua en toda la costilla para dotar de continuidad a esta pieza con los anclajes.

Vidrio laminado 12+12+12 mm con 4 butirales estructurales tipo Sentryglas Plus de Dupont.

Todos ellos extraclaros y con sus cantos pulido brillo.

Las tres piezas estarán laminadas en conjunto de manera que la costilla será un elemento solidario para resistir los esfuerzos de viento.

En la pletina continua de la costilla se soldarán eléctricamente unos casquillos para la fijación de las grapas de retención de los vidrios.

Las costillas estarán fijadas en su parte inferior y superior sobre unos anclajes de acero galvanizado con regulación tridimensional. Las costillas se apoyarán en la parte inferior y se estabilizarán en su parte superior permitiendo la dilatación y evitando las deformaciones del forjado superior.

Para la fijación de las costillas en la parte inferior se colocará previamente un angular continuo que marcará la posición de la fachada y que servirá de retención de la losa de hormigón de acabado interior. Este angular laminado de acero galvanizado se colocará con replanteo topográfico siguiendo la línea de fachada marcada en la parte superior.

La parte superior será la que marque la posición de la fachada, ya que para conseguir embutir el cerramiento en el forjado, es necesario dejar embebido en el mismo una chapa plegada en "U". Esta chapa dispondrá de los elementos de anclaje necesarios para trabajar solidariamente con la estructura. Sobre esta pieza existen unos remaches roscados que permiten la fijación superior del anclaje de la costilla. Sobre los anclajes de las costillas se dispondrá unos elementos de retención de vidrio que se adaptan a la topografía del terreno. Estos elementos estarán compuestos por pletinas de acero inoxidable 1.4404 (Aisi 316 L) de 8 mm de espesor y un elemento macizo rígido de PVC como rotura de puente térmico. Para adaptarse a la geometría se realizan en dos piezas. Exteriormente se dispondrá un junquillo atornillado para la fijación del vidrio de pletina de acero inoxidable de 5 mm de espesor en forma de "L".

Sobre estos elementos se dispondrán los vidrios que tendrán los apoyos en sus extremos coincidentes con los apoyos puntuales de las costillas, que son los que reciben el peso de los mismos. En la parte inferior se fijarán mediante junquillos con goma al interior de silicona extruida en color gris, y sellado de silicona al exterior, mientras que en la parte superior el vidrio funcionará por galce con sellado en la parte interior y exterior. En sus juntas verticales los vidrios se fijarán mediante grapas de acero inoxidable que se fijan por giro en el intercalario del vidrio que vendrá con ranuras para la fijación. Estas juntas se sellarán por el exterior con silicona neutra sobre cordón celular en color a definir por la D.F. según muestras, realizado con pistola neumática para conseguir una mayor homogeneidad.

Los vidrios serán dobles acristalamientos con vidrio laminado al interior y al exterior, con capa de protección solar de altas prestaciones tipo Ipasol 74/42 de Interpane con una transmisión luminosa entre el 65% y el 72%, y el factor solar entre el 36% y el 42% en función de las distintas composiciones. El butilo y la silicona estructural de formación del doble acristalamiento será en color gris, y el intercalario en acero inoxidable o aluminio anodizado en su color.

Interiormente se dispondrán unas chapas de acero inox. 1.4404 (Aisi 316 L), de 1,5 mm de espesor que rematarán la parte superior e inferior de la fachada hasta el solado interior.

En la parte superior se dispondrán los estores, que estarán fijados sobre las costillas, en unos casquillos embutidos en las lunas exteriores de las mismas. Los estores siempre estarán a una

distancia fija de la parte superior de la costilla, de manera que se dispondrán escalonados. Los estores serán verosol con motorización integrada y sincronización con el BMS del edificio. El tejido tendrá una transmisión luminosa del 5% para garantizar la privacidad interior y una protección solar donde sea necesario.

Por el exterior se dispondrá una rejilla canalón que protegerá la fachada de la entrada de agua por escorrentía. El canalón estará solapado con la carpintería para garantizar la estanqueidad, y se dispondrá una impermeabilización inferior tipo poliuretano que solapará con la carpintería y el muro de hormigón. El canalón se realizará en chapa de acero galvanizado y estará soldado en continuidad, pero estará revestido exteriormente por una membrana adherida de EPDM, de manera que se disponga una doble barrera de estanqueidad.

La rejilla estará compuesta por pletinas de acero galvanizado de 20.4 mm separadas 20 mm, que se soldarán sobre unos tubos perpendiculares cada 50 cm. Estas rejillas se conformarán en paneles de la misma modulación que fachada, que se deberán desmontar para la reposición de vidrios. Para garantizar el alineamiento se dispondrán unos bulones de unión.

En la parte de los voladizos de hormigón, las rejillas se dispondrán manteniendo la inclinación de los forjados, para lo que se dispondrán pletinas de distintos tamaños desde 40 mm hasta 12 mm. En la transición entre las zonas planas e inclinadas, se dispondrá una chapa perforada de 3 mm de espesor.

Las puertas serán pivotantes con el sistema IGG de Geze que permite la ocultación de los herrajes y elementos de estanqueidad en el interior del doble acristalamiento. En la parte superior de las puertas se colocará un vidrio de dintel fijado sobre las costillas laterales, y con un perfil horizontal de dintel con goterón exterior.

En la parte inferior se dispondrá una pisadera de acero inoxidable de 15 mm de espesor para permitir el paso sobre la rejilla. Las puertas de evacuación no dispondrán de estores.

Memoria de Cálculo.

Introducción

El presente documento se trata de una justificación teórica por medio de cálculos del cumplimiento de los requerimientos establecidos en la normativa de referencia, tomando siempre como base el Código Técnico de la Edificación y completándolo con normas asociadas. Normativa de referencia.

La realización del siguiente documento de justificación de cálculo de los elementos empleados en fachada tiene como base el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación.

Para la justificación estructural se han tomado como referencia los documentos básicos DB-SE y DB-AE, para el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad estructural (SE 1: Resistencia y estabilidad, SE 2: aptitud al servicio), y para el cálculo de hipótesis y cargas a aplicar respectivamente.

Dentro del CTE también se han tomado como referencia los documentos básicos DB-SE-A, cuando se han utilizado acero.

Cuando se trata de elementos específicos de fachada ligera además de las referencias del CTE se tiene en cuenta la normativa específica de producto UNE-EN 13830. "Fachadas Ligeras. Norma de producto".

Para los elementos realizados en aluminio se han complementado las normas de referencia con la norma UNE-ENV 1999-1-1 "Eurocódigo 9. Proyecto de estructuras de aluminio".

En los elementos realizados con acero inoxidable se ha tenido en cuenta la norma UNE-EN 10088 "Aceros inoxidables" y la norma UNE EN 1993.

Del mismo modo para el cálculo de vidrios se tienen en cuenta las normas específicas UNE-EN 572 "Vidrio para la construcción. Productos básicos de vidrio. Vidrio de silicato sodocálcico", UNE-EN 12150 "Vidrio de seguridad templado térmicamente", UNE-EN 1863 "Vidrio de seguridad termoendurecido térmicamente" y UNE-EN ISO 12543 "Vidrio para la edificación. Vidrio laminado y Vidrio laminado de seguridad"; así como las recomendaciones específicas para el vidrio realizadas por el CITAV.

Características mecánicas de los materiales

A continuación se mostrarán las características mecánicas de los materiales a utilizar de acuerdo a la normativa específica que deben cumplir, los datos a proporcionarán, serán los siguientes

ρ	<i>Densidad</i>
E	<i>Módulo de elasticidad</i>
G	<i>Módulo de elasticidad transversal</i>
ν	<i>Coeficiente de Poisson</i>
α	<i>Coeficiente de dilatación térmica lineal</i>

λ Conductividad térmica

f_y Límite elástico

f_u Resistencia última

Acero

Elementos de anclaje y estructuras auxiliares

Acero tipo S275JR

ρ 7850 kg/m³

E 210 GPa

G 81 GPa

ν 0.3

α 12 x 10⁻⁶ m/°C

λ 50 kcal/hm °C - 58 W/m°C

Con espesor \leq 16 mm

f_y 275 MPa

f_u 410 MPa

Con espesor entre 16 y 40 mm

f_y 265 MPa

f_u 410 MPa

Acero inox.

Acero inox. tipo AISI 316 L (EN 1.4404)

ρ 8000 kg/m³

E 200 GPa

G 76 GPa

ν 0.31

α 16.5 x 10⁻⁶ m/°C

λ 15 W/m°C

f_y 220 MPa

f_u 530 MPa

Vidrio

ρ 2500 kg/m³

E 70 GPa

G 29 GPa

ν 0.2

α 9 x 10⁻⁶ m/°C

λ 1 W/m°C

En la siguiente tabla se detallan las tensiones de trabajo, en MPa, del vidrio para distintos tipos de carga y distintos tratamientos del material

	RECOCIDO	TEMPLADO	TERMOENDURECIDO
CARGAS MOMENTANEAS	200 MPa	500 MPa	350 MPa
CARGAS PERMANENTES	100 MPa	250 MPa	175 MPa

Justificación estructural

A continuación realizaremos la justificación estructural de los elementos más importantes de cada una de las fachadas para garantizar la viabilidad del sistema, dejando claros los conceptos de diseño en cuanto a funcionamiento estructural, hipótesis y cargas actuantes.

Posteriormente se deberá realizar por parte del adjudicatario un documento de cálculo en el que se justifiquen y validen todos los elementos estructurales empleados.

Hipótesis de cálculo

Métodos de cálculo empleados: Elementos lineales tipo muro cortina.

Método de cálculo

Para la realización del cálculo de los elementos de carpintería se utiliza los modelos de cálculo de la estática clásica en función del tipo de apoyos y cargas que recibe cada elemento.

En primer lugar se realiza un dimensionado del elemento por un criterio de deformación y posteriormente se comprueba si es válido a nivel de resistencia mecánica.

Éste método se utiliza para el dimensionamiento y cálculo de los elementos del muro cortina, montantes y travesaños, y la estructura auxiliar, vigas de apoyo, ménsulas de pasarelas, marquesinas, y demás elementos lineales con un esquema de cargas y apoyos claro.

Simplificaciones realizadas

En la utilización de éste método los elementos se toman como lineales y se utilizan las dimensiones entre ejes de elementos, simplificando su geometría y sus encuentros. El tipo de encuentro se tiene en cuenta a la hora de elegir el tipo de coacción en el apoyo, es decir apoyo libre, en dilatación o empotrado.

Vidrios

Método de cálculo

Para el cálculo habitual de los vidrios con una carga uniformemente repartida se utiliza la teoría de la flexión de placas, de cuyo desarrollo surgen las fórmulas de Timoshenko para el análisis de placas con apoyos continuos, ya sea en los cuatro lados, en dos o empotradas en uno de sus lados; y por otro lado las fórmulas de Bares para el análisis de placas apoyadas en puntos, en los que se debe tener en cuenta también la geometría y disposición de los puntos de apoyo.

Simplificaciones realizadas

En el cálculo del vidrio bajo éste método se simplifica la utilización del vidrio a un elemento plano monolítico de un solo material, y posteriormente se utilizarán unos coeficientes de transformación en función del tipo de vidrio ya sea doble acristalamiento, monolítico o laminado.

Por otro lado se idealizan los apoyos a elementos continuos en toda su longitud, o elementos puntuales a las distancias reales, siempre tomando las distancias entre ejes de elementos e intersección de los mismos.

Elementos especiales

Método de cálculo

En el cálculo de elementos especiales como anclajes, vidrios en situaciones comprometidas o funcionando estructuralmente, o elementos que en los que se requiere un examen a mayor detalle de ciertas zonas para conseguir una optimización de material se realizarán simulaciones mediante modelos de cálculo por elementos finitos.

Las simulaciones se llevarán a cabo por medio del programa Pro-engineer Widfire 3.0.

Simplificaciones realizadas

Para la realización de éstos modelos se dispondrán simplificaciones geométricas que se indicarán en cada caso y se establecerán efectos de acción-reacción para indicar las cargas actuantes entre unos elementos y otros.

Siempre se realizarán los cálculos con elementos tipo sólidos para evaluar los resultados de tensión y deformaciones internas que se producen en las zonas internas de los elementos.

Hipótesis de cálculo

Las hipótesis de cálculo se especificarán en cada elemento, reflejando los siguientes parámetros:

Geometría del elemento	Distancia entre apoyos
	Distancia entre elementos
	Situación de cargas
Tipo de apoyos	Apoyo simple
	Apoyo articulado
	Apoyo en dilatación
	Nudo empotrado
Tipo de carga recibida	Carga uniformemente repartida
	Carga puntual
	Mezcla de ambas

En la hipótesis de cálculo siempre se tienen en cuenta los detalles constructivos en los apoyos, es decir los puntos de dilatación y encuentro de los distintos elementos, así como la colocación de las cargas que están dispuestos a recibir.

En los muros cortina todas las hipótesis entenderán los elementos colgados de su parte superior y estabilizados inferiormente permitiendo su dilatación. Si esta hipótesis fuera diferente se indicaría expresamente.

Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación serán los establecidos en la normativa de referencia. Según el CTE en el DB-SE debe satisfacer la exigencia básica de resistencia y estabilidad, estados límites últimos, y de aptitud al servicio, estados límites de servicio.

Estados límites últimos.

En este sentido los elementos de fachada deberán resistir sin sobrepasar sus límites elásticos los esfuerzos a los que están sometidos.

Para ello se deberán calcular los esfuerzos más desfavorables a los que están sometidos, ya sean por cargas permanentes o variables y compararlos con sus límites elásticos una vez se hayan aplicados los coeficientes de seguridad correspondientes.

Coeficientes de seguridad

Los coeficientes de seguridad serán independientes en cada material y estarán designados por su normativa correspondiente.

Acero

La resistencia de cálculo según el CTE-DB-SE-A es la siguiente:

4.5 Resistencia de cálculo

- 1 Se define resistencia de cálculo, f_{yd} , al cociente de la tensión de límite elástico y el coeficiente de seguridad del material:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M \quad (4.2)$$

siendo:

f_y tensión del límite elástico del material base (tabla 4.1). No se considerará el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

γ_M coeficiente parcial de seguridad del material, de acuerdo al apartado 2.3.3,

- 2 En las comprobaciones de resistencia última del material o la sección, se adopta como resistencia de cálculo el valor

$$f_{ud} = f_u / \gamma_{M2}$$

siendo: γ_{M2} coeficiente de seguridad para resistencia última.

Y los coeficientes de seguridad definidos son los siguientes:

2.3.3 Coeficientes parciales de seguridad para determinar la resistencia

- 1 Para los coeficientes parciales para la resistencia se adoptarán, normalmente, los siguientes valores:

- a) $\gamma_{M0} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material
- b) $\gamma_{M1} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad
- c) $\gamma_{M2} = 1,25$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión
- d) $\gamma_{M3} = 1,1$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio.
 $\gamma_{M3} = 1,25$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Último.
 $\gamma_{M3} = 1,4$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.

- 2 Los coeficientes parciales para la resistencia frente a la fatiga están definidos en el Anejo C.

Vidrio

Las resistencias de trabajo del vidrio ya tienen incorporados los coeficientes de seguridad tanto para cargas permanentes como para cargas momentáneas, por lo tanto no es necesario minorar las resistencias establecidas anteriormente.

Estados límites de servicio.

Los estados límites de servicio se tratan de las máximas deformaciones o flechas que debe admitir la fachada cuando se encuentre sometida al máximo esfuerzo, ya sea horizontal y vertical.

Estructura portante

Esta limitación viene dada para una fachada ligera en general según la norma UNE-EN 13830. "Fachadas Ligeras. Norma de producto", en el capítulo 4 como requisito.

Para cargas perpendiculares a fachada se establece una limitación máxima en los elementos portantes de fachada de $L/200$ o 15 mm, el resultado menor de ambos valores considerando L la longitud entre apoyos del elemento a calcular.

Dentro de esta generalidad se deben hacer ciertas salvedades:

Si los elementos portantes de la fachada son de aluminio, la limitación de la misma debe ser $L/250$ o 15 mm según se expone en la norma UNE-ENV 1999-1-1 "Eurocódigo 9. Proyecto de estructuras de aluminio"

Por limitaciones del vidrio si la estructura portante sólo contiene en su distancia entre apoyos un solo vidrio la limitación máxima debe ser 8 mm.

Para cargas paralelas a fachada, es decir, cargas gravitatorias la limitación establecida por la norma UNE-EN 13830. "Fachadas Ligeras. Norma de producto", en el capítulo 4.2 como requisito es de $L/500$ o 3 mm.

Vidrio

El acristalamiento no debe superar para cargas perpendiculares a fachada una limitación de

L/100

Anclajes

La deformación horizontal en los anclajes perpendicular al movimiento no deber ser mayor a 1 mm según la UNE 13116.

Justificación de los distintos elementos

Calcularemos los elementos tipo más desfavorables:

Costilla 5,10 m

Vidrio tipo 5,10 m x 1,85 m


Vidrio sobre puerta 2,67 m x 2,40 m

EDIFICIO PARA USOS TURÍSTICOS Y SOCIOCULTURALES Y ADECUACIÓN DE ESPACIOS LIBRES EN EL CALÓ DE S'OLÍ, SANT JOSEP DE SA TALAIA, IBIZA

Presión de viento

En primer lugar se halla la presión de viento para el lugar y el edificio de referencia.

PRESIÓN DE VIENTO SEGÚN CTE

PRESIÓN DE VIENTO	ZONA CLIMATOLÓGICA 		A
	DENSIDAD DEL AIRE (δ)		1,25
	VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO		26
	qb (Pa)		422,500
COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN	GRADO DE ASPEREZA DEL ENTORNO		
	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 II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas IV Zona urbana en general, industrial o forestal V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura		I
	ALTURA EDIFICACIÓN z (m)		12
	k		0,15
	L (m)		0,003
	Z (m)		1
	F		1,244107446
	Ce		2,854
	LONGITUD DEL ELEMENTO (m)		5,1
	DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS (m)		1,85
COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR	ÁREA DE INFLUENCIA		9,435
	PROFUNDIDAD DEL EDIFICIO (m)		27,80
	h/d		0,432
	Cpe10 (Presión)		0,80
	Cpe1 (Presión)		1
	Cpe10 (Succión)		-1,2
	Cpe1 (Succión)		-1,4
	CpeA (Presión)		0,805
	CpeA (Succión)		-1,205
CARGA DE VIENTO	CARGA DE VIENTO EN PRESIÓN (Pa)		970,783
	CARGA DE VIENTO EN SUCCIÓN (Pa)		-1453,128

Con estos datos, calcularemos el resto de elementos para una succión máxima de 1.500 Pa.

Costilla de Vidrio.

Para el cálculo de la costilla se ha tomado la carga de viento mayorada según establece el CTE, obteniéndose los siguientes resultados.

Deformación

La deformación total de la costilla incluso con la carga mayorada es de 10,7 mm inferior al requerimiento máximo de 15 mm.

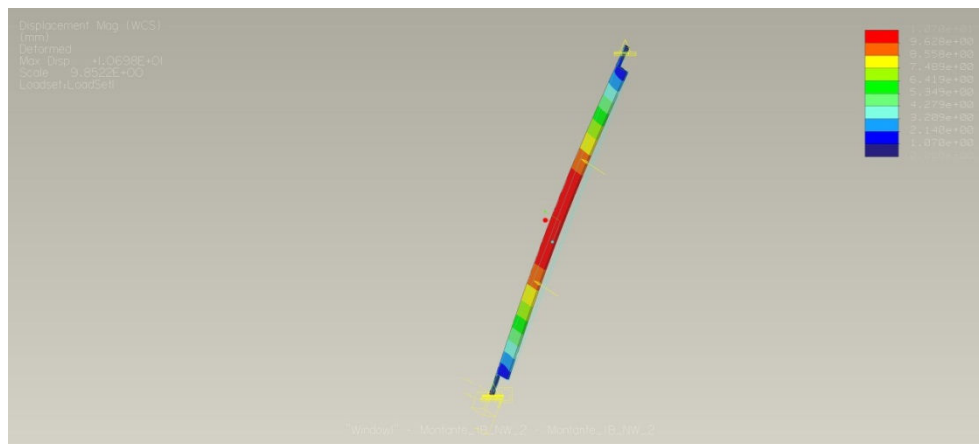


Fig. 1. Diagrama de deformaciones

Tensiones

Dentro de las tensiones, debemos comprobar las tensiones máximas del vidrio, y las tensiones máximas de la pieza de acero inoxidable.

Vidrio

La tensión máxima del vidrio es de 37 MPa, inferior a la tensión máxima de 50 MPa del vidrio templado.

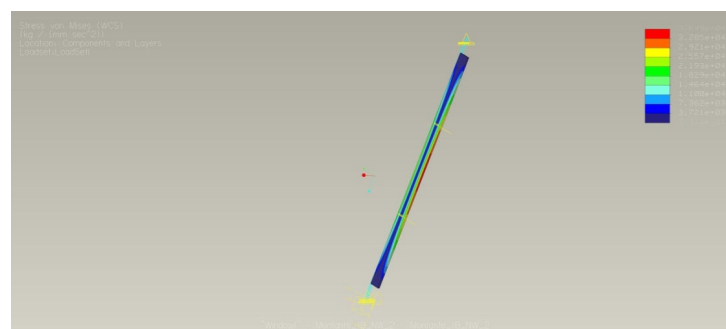


Fig. 2. Diagrama de tensiones del vidrio

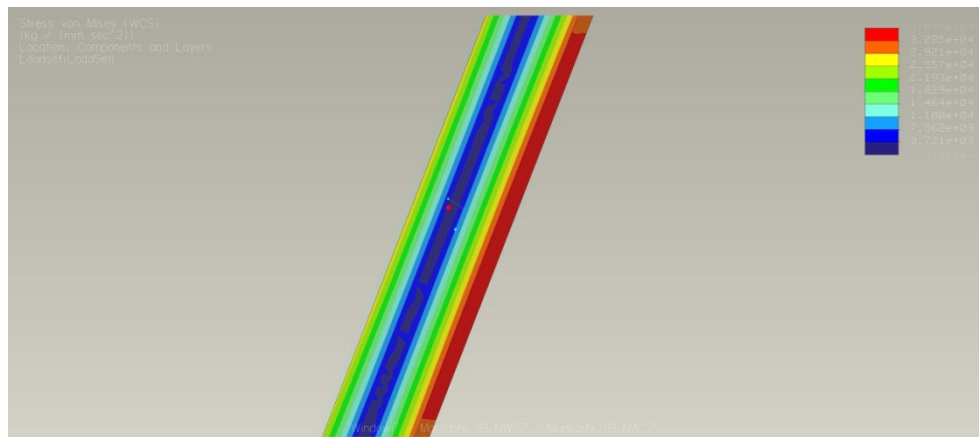


Fig. 3. Detalle de Tensiones en el vidrio

Acero

Según se muestra la tensión en las piezas es inferior a los 220 MPa, excepto en dos puntos de la unión entre la costilla y los refuerzos del anclaje, pero al tratarse de zonas puntuales, y que no superan la resistencia última de 530 MPa, se puede considerar válidos.

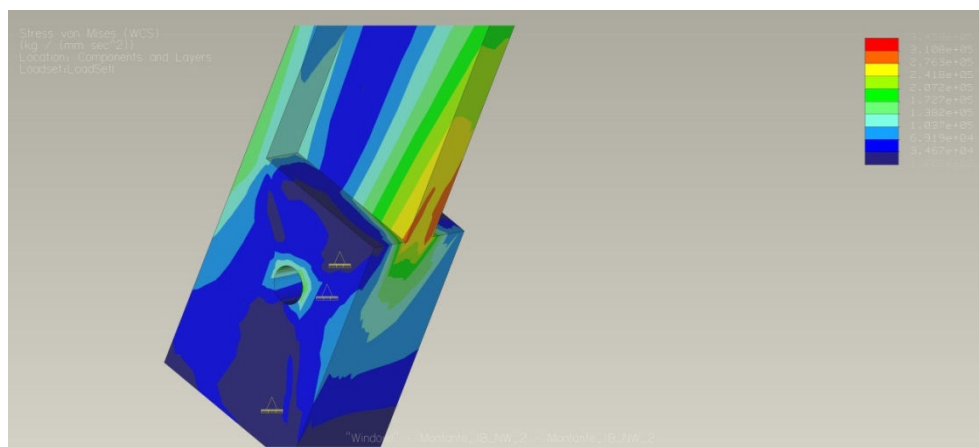


Fig. 4. Diagrama de tensiones en anclaje inferior

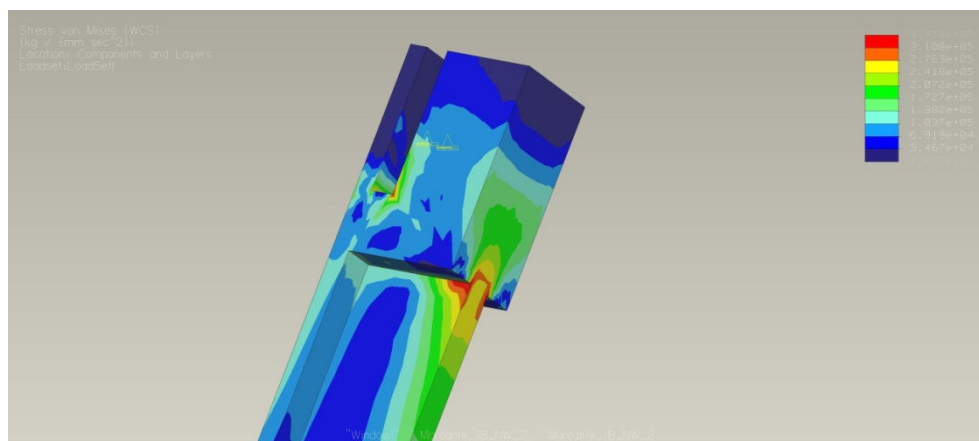


Fig. 5. Diagrama de tensiones en anclaje superior

Vidrio Tipo de Fachada

Para el cálculo del vidrio se ha tomado el cálculo de una de las hojas de vidrio, con la carga equivalente en función de la inercia de cada una de ellas. En este caso ambas capas de vidrio tienen el mismo espesor, por lo que ambas se llevarán la misma carga.

El vidrio se encuentra fijado en sus cuatro lados.

Según se observa la tensión del vidrio nunca supera los 20 MPa, por lo que el dimensionado del vidrio es correcto.

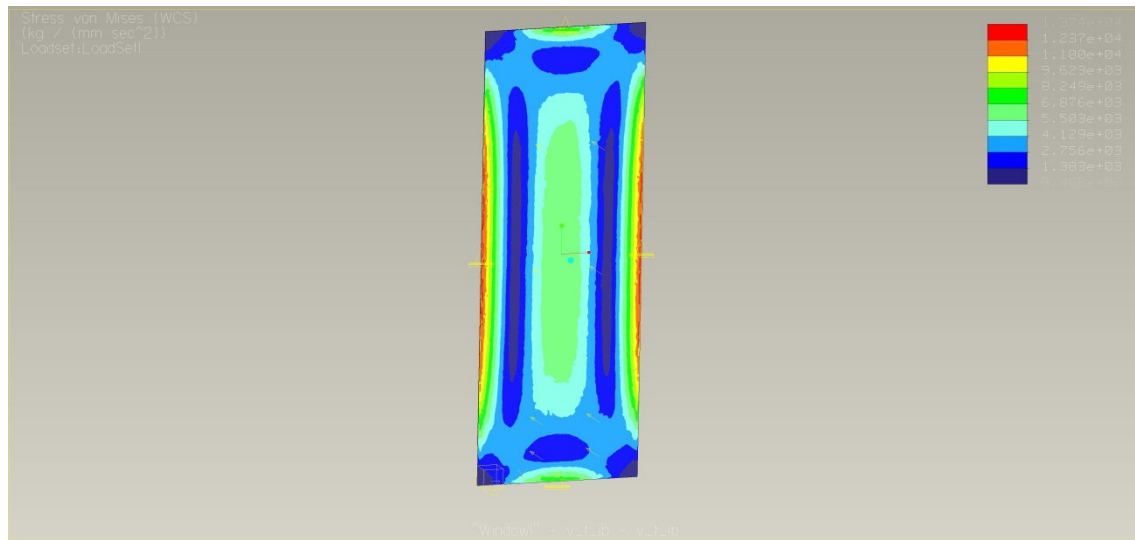


Fig. 6. Diagrama de Tensiones vidrio de Fachada

La deformación es 4.36 mm, muy inferior a la máxima admisible.

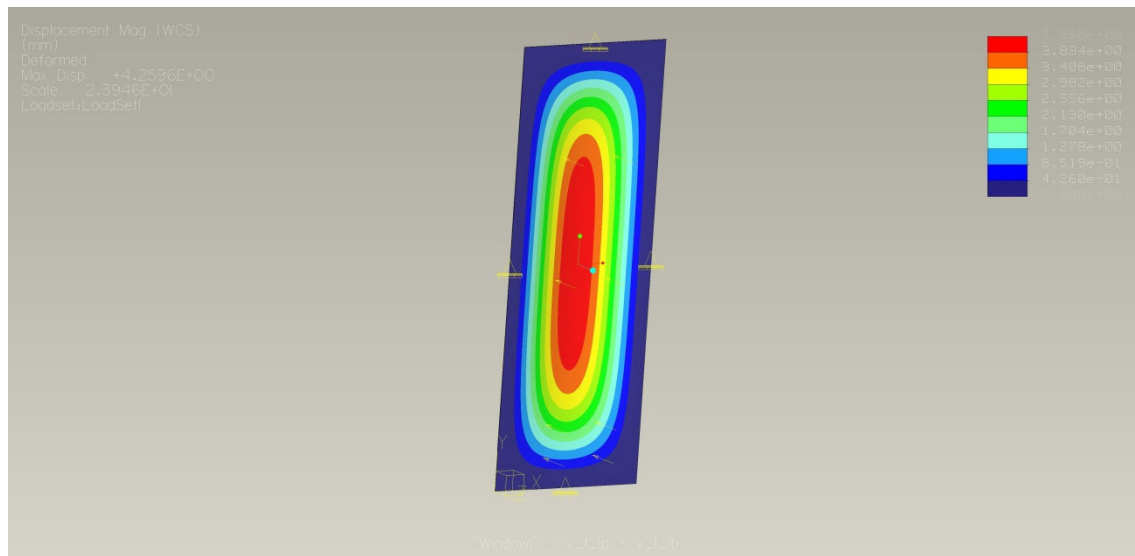
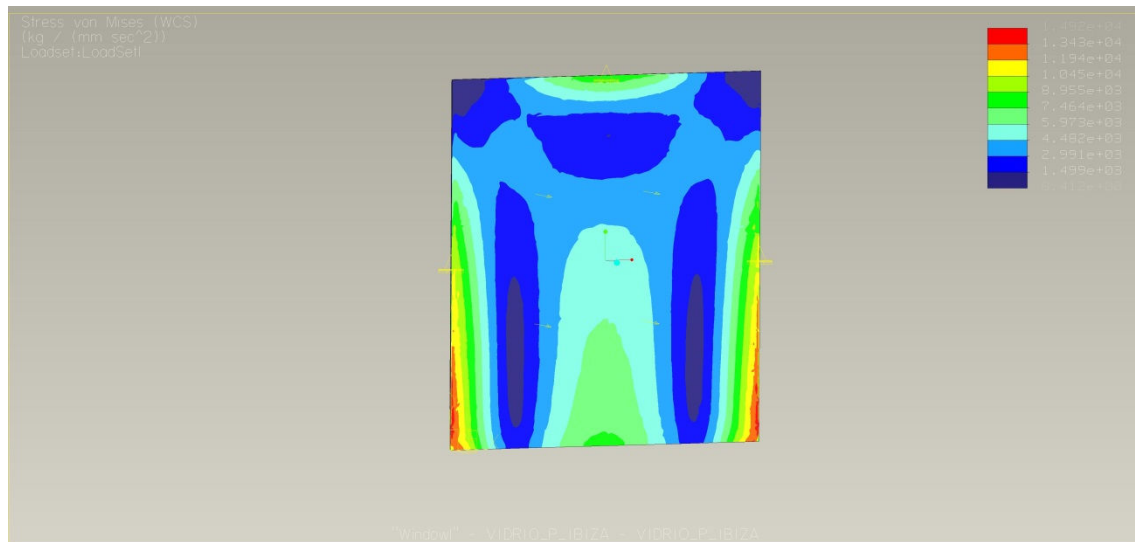


Fig. 7. Diagrama de Deformaciones vidrio de Fachada

Vidrio Tipo de Fachada sobre puertas

En este caso el vidrio se encuentra fijado a 3 lados, ya que la parte inferior no se tiene en cuenta como fijación.

En el caso de las tensiones máximas son de 14.92 Mpa, inferiores a 20 Mpa.



Por otro lado la deformación máxima del vidrio es de 6,8 mm, que es admisible y por debajo de los límites de deformación.

EDIFICIO PARA USOS TURÍSTICOS Y SOCIOCULTURALES Y ADECUACIÓN DE ESPACIOS LIBRES EN EL CALÓ DE S'OLÍ, SANT JOSEP DE SATALAIA, IBIZA

