



Projecte: **Edifici CEIP Santa Eulàlia**
Carrer Barcelona, 25, 08812 Sant Pere de Ribes, Barcelona

Document: **Informe Tècnic de Revisió Estructural Coberta**

Destinatari: **Ajuntament de Sant Pere de Ribes**
Plaça la Vila, 1, 08810 Barcelona



Data: **24/05/2023**

Autor: **Carlos Félez García**
Enginyer Industrial Col·legiat nº 13828



CONTINGUT

1	OBJECTE.....	2
2	DOCUMENTACIÓ DE PARTIDA.....	2
3	RESPONSABILITAT	2
4	DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI	3
4.1	DEFINICIÓ GEOMÈTRICA COBERTES INCLINADES	3
4.2	DEFINICIÓ DE LES TEULES.....	10
4.3	DEFINICIÓ DELS FALDONS DE COBERTA.....	11
4.4	DEFINICIÓ FORJAT PLÀ DE SUPPORT COBERTA INCLINADA.....	16
5	SEGURETAT ESTRUCTURAL	17
5.1	ANÀLISI ESTRUCTURAL.....	17
5.1.1	Els Estats Límits (ELU, ELS)	17
5.1.2	Classificació de les accions.	18
5.1.3	Mètodes per l'anàlisi estructural.	19
5.2	COEFICIENTS PARCIAIS I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS	19
6	ACCIONS A LA EDIFICACIÓ.....	22
6.1	ACCIONS GRAVITATÒRIES	22
6.2	ACCIONS EÒLIQUES.....	23
7	ANÀLISI DE LES CÀRREGUES ACTUANTS	30
7.1	VARIACIÓ DE CÀRREGUES GRAVITATORIES	30
7.2	EQUILIBRI FRONT LA SUCCIÓ DE VENT A LES NOVES PLAQUES.....	30
7.3	ZONES DE COBERTA NO APTES PER A LA INSTAL·LACIÓ DELS PANELLS	32
7.4	INDICACIONS Y COMENTARIS RELATIUS A LA FIXACIÓ DELS PANELLS FOTOVOLTAICS33	
8	NORMATIVA.	33
8.1	NORMATIVA BÀSICA	33
9	CONCLUSIONS	34

1 OBJECTE

L'objecte del present informe es la descripció i l'estudi de les característiques constructives de les cobertes existents de l'edifici del CEIP Santa Eulàlia, ubicades al *Carrer Barcelona, 25, de Sant Pere de Ribes, Barcelona*.

Donat que no es disposa de cap documentació relativa a l'edifici, l'objecte de l'estudi es obtenir el màxim de dades possibles relatives la composició arquitectònica i sistemes constructius de les cobertes per tal de conèixer el seu comportament estructural degut a les càrregues gravitatòries existents i el comportament amb unes possibles càrregues addicionals degudes a una futura instal·lació de plaques solars fotovoltaïques.

Per a l'obtenció de dades de les cobertes de l'edifici s'han sol·licitat els serveis d'inspecció, cales i aixecament a l'empresa Bureau Veritas. L'estudi estructural utilitza les dades, càrregues i consideracions facilitades per Bureau Veritas.

L'estimació de les càrregues cargues degudes a les plaques fotovoltaïques ha sigut facilitada per l'empresa km0.

L'estudi estructural s'ha realitzat seguint les normatives vigents, i donant compliment a totes i cadascuna d'elles.

2 DOCUMENTACIÓ DE PARTIDA

La documentació de partida per a poder realitzar l'estudi de càrregues i seguretat estructural de l'edifici segons la normativa vigent ha sigut:

- Avant Projecte d'instal·lació de plaques fotovoltaïques amb annex de dimensionament de fixacions per les instal·lacions. Autor: *km0 Energy*. Data: 12/05/2022
- Documentació gràfica relativa l'aixecament de les cobertes. Autor: *Bureau Veritas*. Data: 07/07/2022

3 RESPONSABILITAT

El contingut d'aquest document ha estat elaborat en base als coneixements del tècnic que subscriu, a la documentació aportada per la propietat, la informació recollida en la visita d'inspecció i a la legislació vigent en matèria d'estructures d'edificació.

Les estimacions, conclusions i recomanacions incloses en el present document pressuposen la veracitat i correspondència amb la realitat de la documentació aportada per la propietat.

Per tot l'anterior, els resultats, anàlisis i comentaris inclosos en aquest document hauran de ser interpretats sota aquestes consideracions.

Els errors, incongruències, inexactituds o mancances detectats en la documentació de partida disponible objecte del present estudi han estat evidenciats al llarg del present document.

La recepció d'aquest document pel seu destinatari implica la plena acceptació d'aquesta declaració.

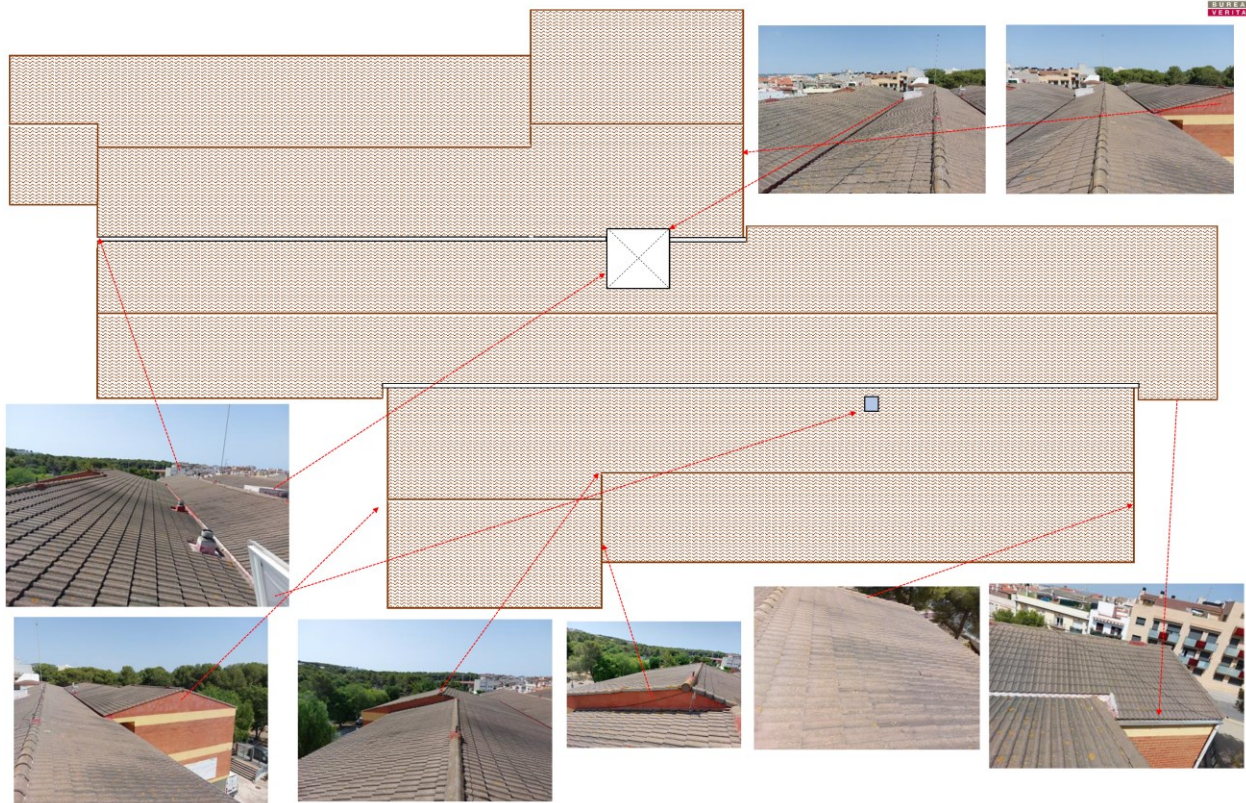
4 DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI

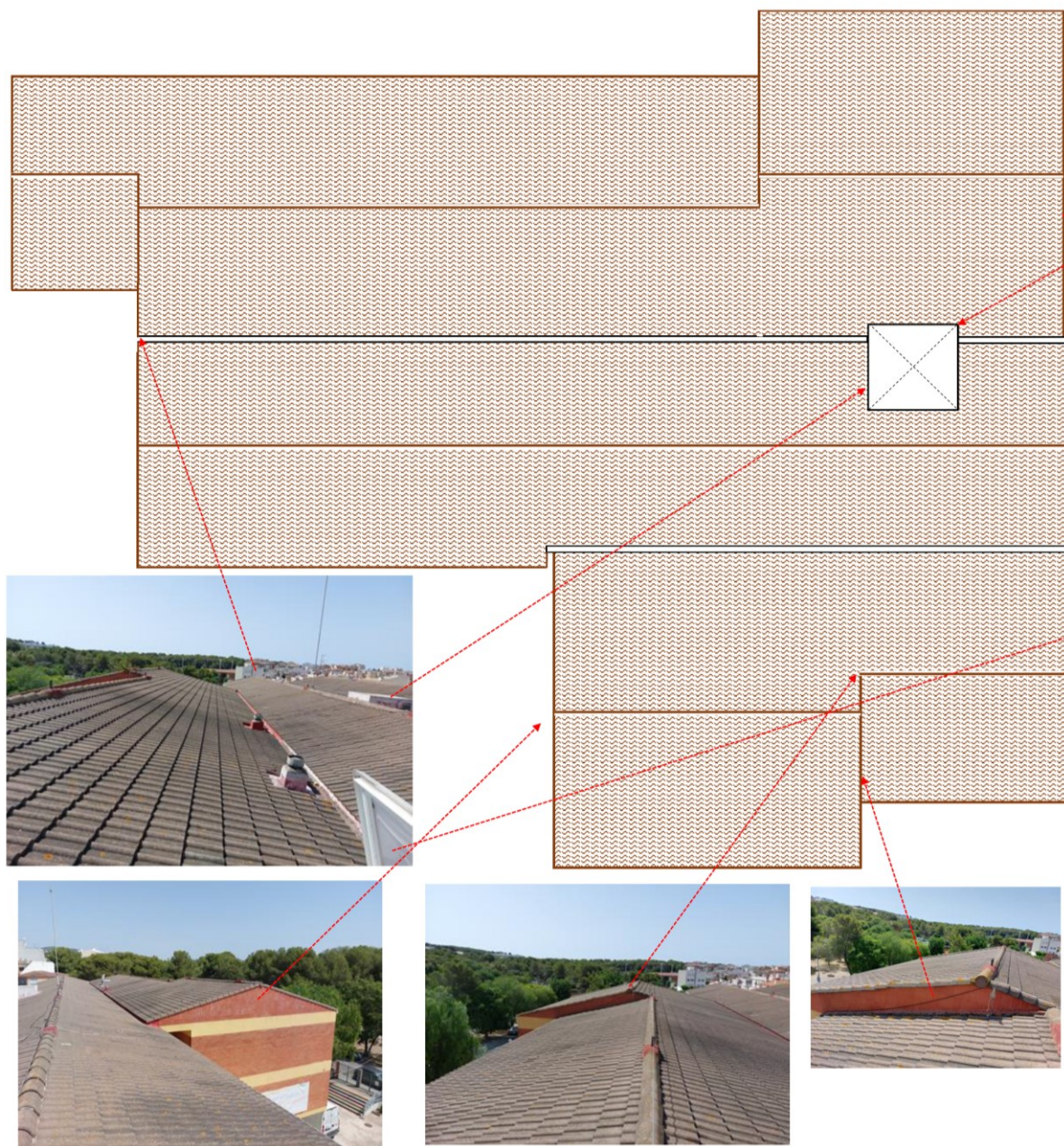
4.1 DEFINICIÓ GEOMÈTRICA COBERTES INCLINADES

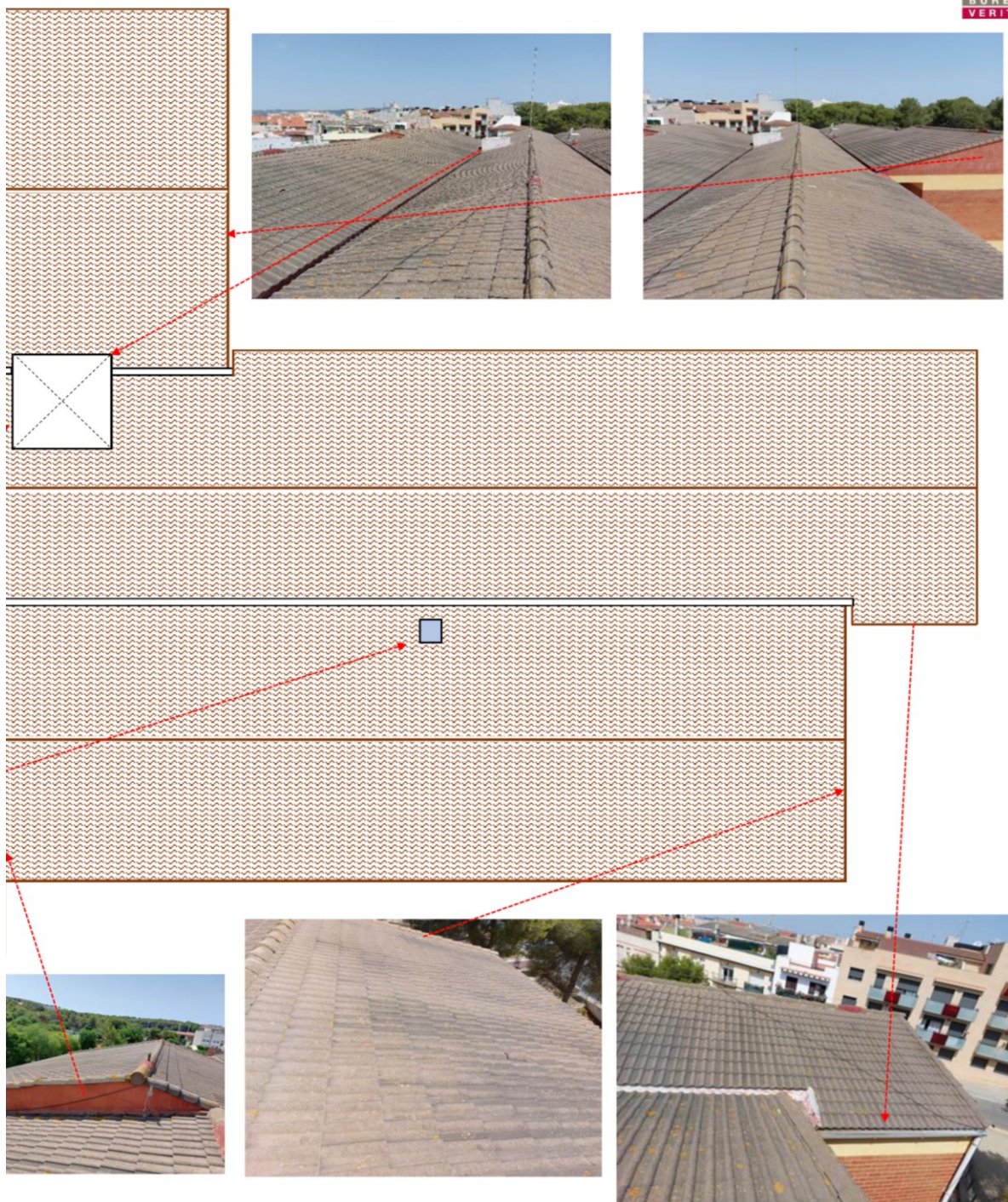
A continuació es mostren unes imatges amb la definició geomètrica en planta del sistema de cobertes del conjunt de l'edifici.

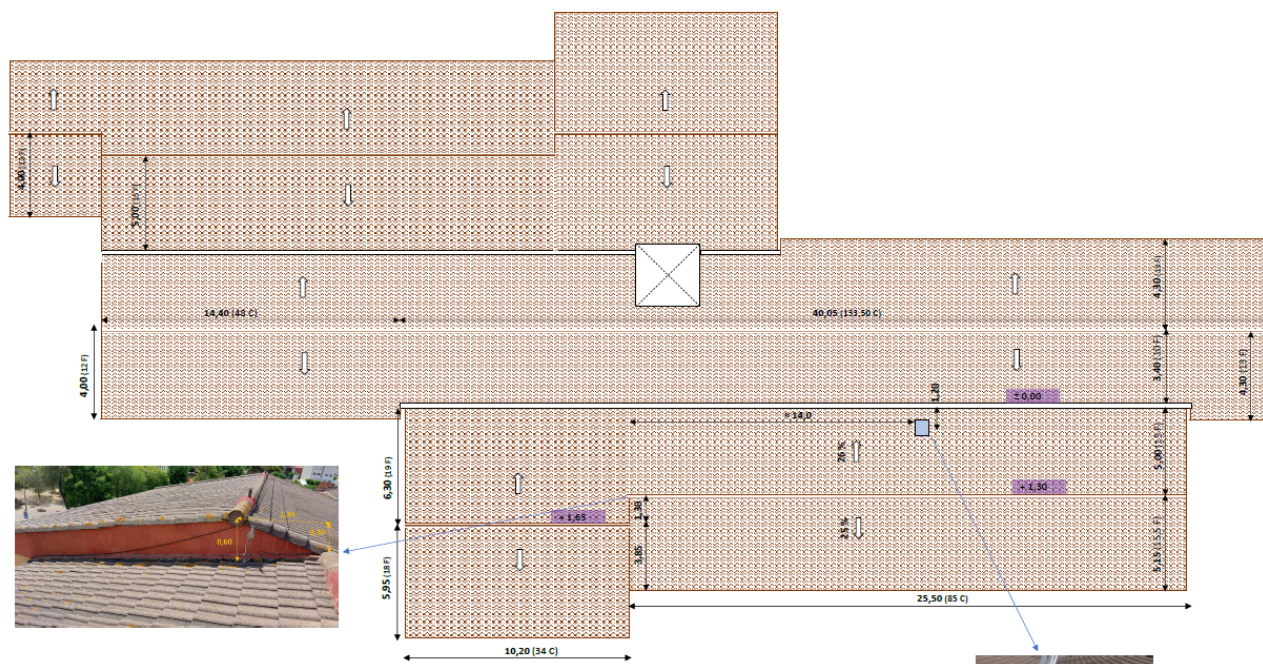
CEIP SANTA EULÀLIA. SANT PERE DE RIBES

PLANTA CUBIERTA - DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

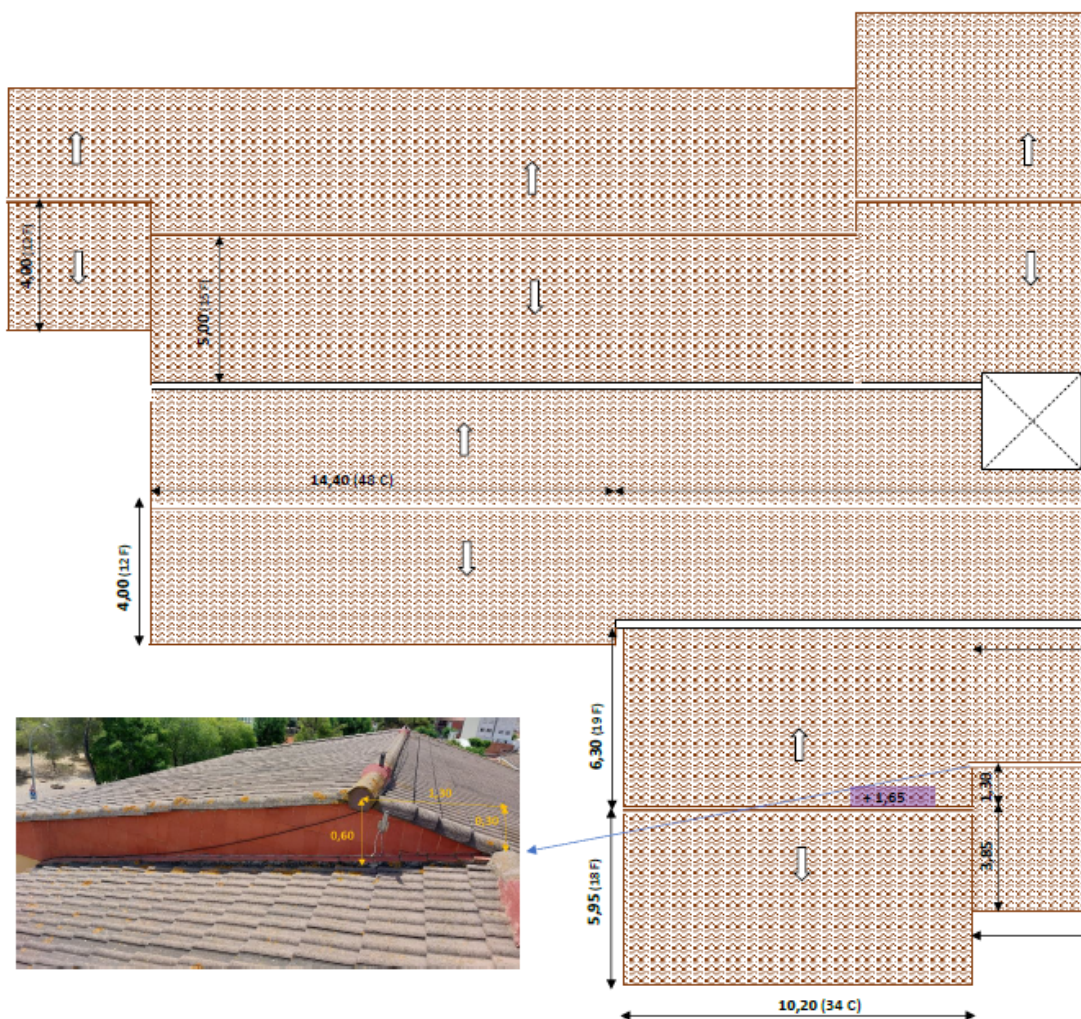


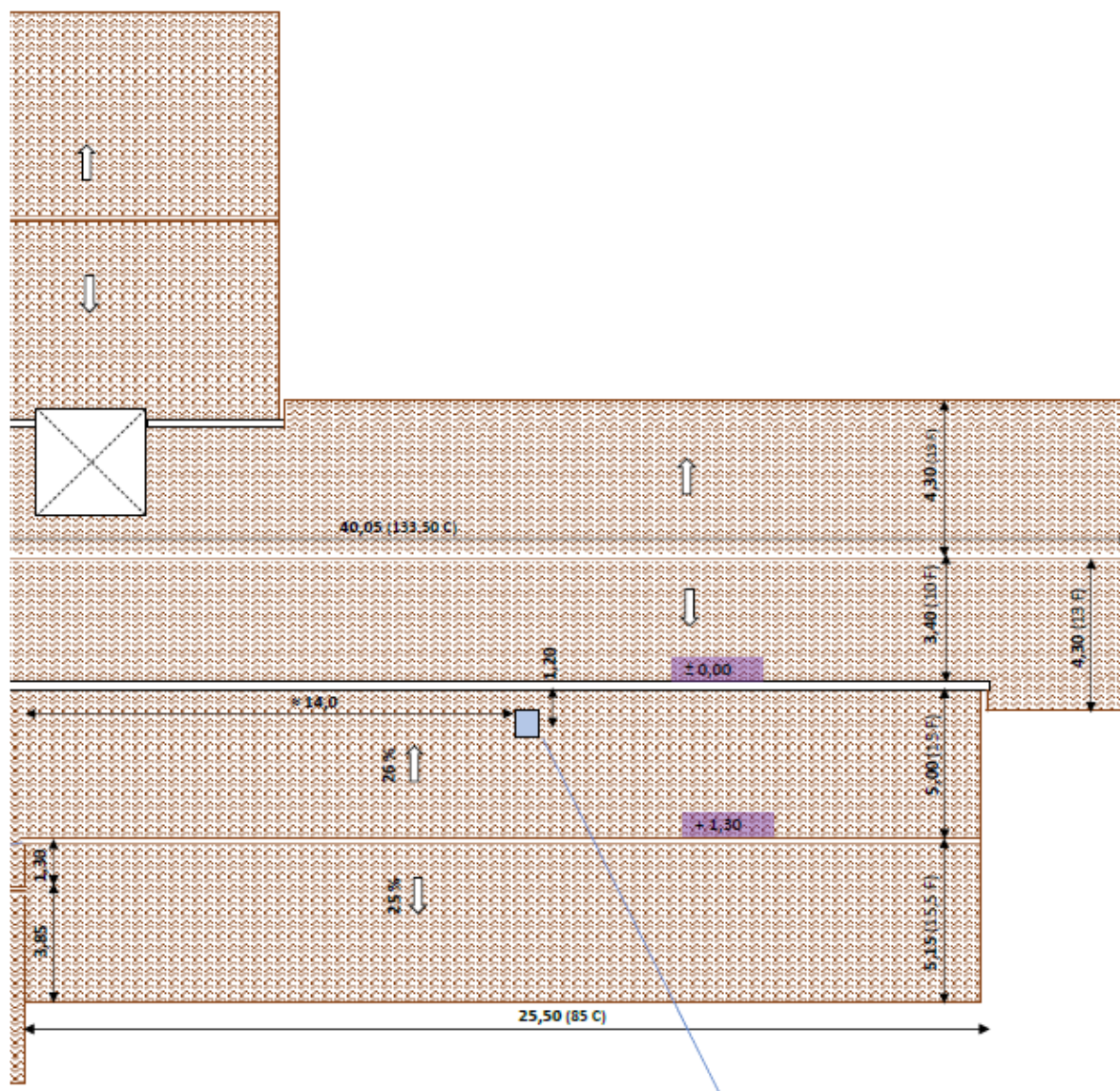




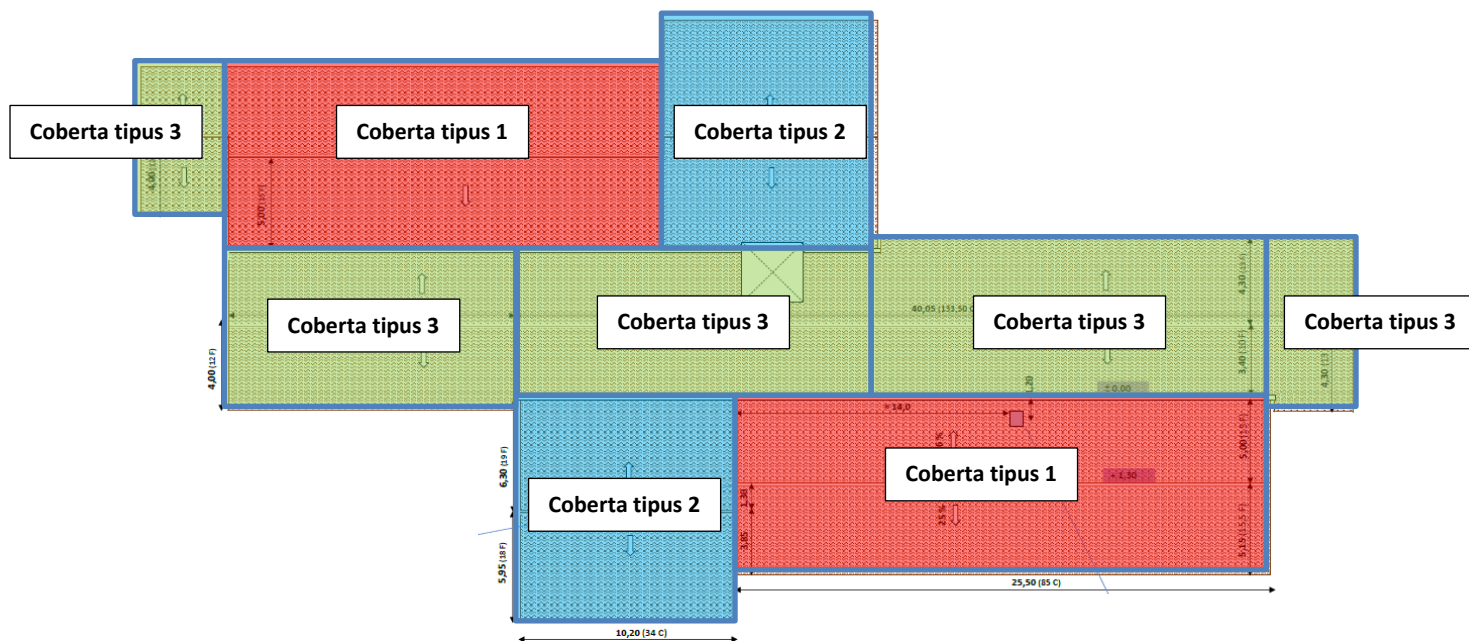


LEYENDA		NOTAS	
	Cumbrera	Medidas	Las medidas son aproximadas, están tomadas desde la cubierta y se indican en proyección horizontal (redondeo $\pm 0,05$)
	Canal de 0,33x0,15 m (bxh)	Pendiente	Los faldones tienen una pendiente de aproximadamente 26% (1,30/5,00)
	Claraboya de 0,60x0,50 m	(C)	Indica el número de columnas de tejas (múltiplos de 0,30 m)
		(F)	Indica el número de filas de tejas (múltiplos de $\approx 0,33$ m / proyección)
			Cota de cumbrera respecto a canal





El conjunt de cobertes de l'edifici té en termes generals 3 tipologies de geometria pel que es refereix a la geometria dels faldons (amplada, alçada, pendents, etc.). A continuació es mostra en planta les zones de coberta de cada tipologia diferenciades per colors:

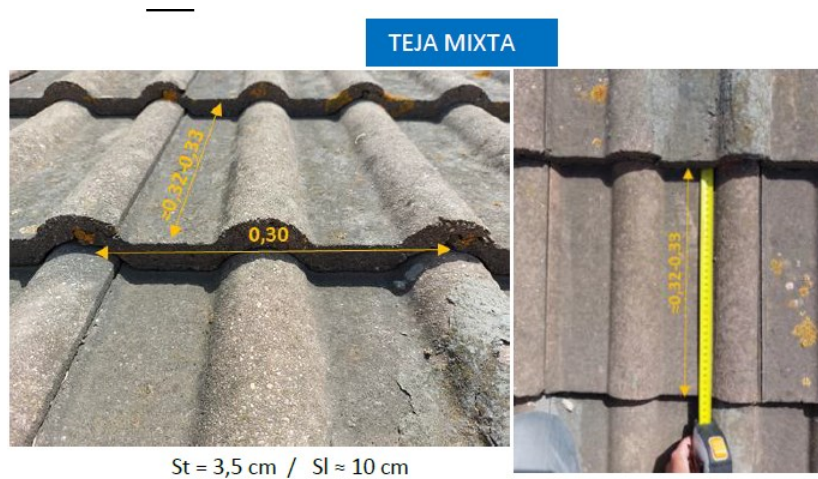


Característiques geomètriques aproximades dels diferents tipus.

- Coberta tipus 1:
 - Amplada faldó 1 B1=5m
 - Amplada faldó 2 B2=5m
 - Amplada total BT=10m
 - Alçada carener H= 1.3m
 - Inclinació faldons I=15°
- Coberta tipus 2:
 - Amplada faldó 1 B1=6m
 - Amplada faldó 2 B2=6m
 - Amplada total BT=12m
 - Alçada carener H= 1.65m
 - Inclinació faldons I=15°
- Coberta tipus 3:
 - Amplada faldó 1 B1=4m
 - Amplada faldó 2 B2=4m
 - Amplada total BT=8m
 - Inclinació faldons I=15°

4.2 DEFINICIÓ DE LES TEULES

La tipologia de teules i les seves mides es mostren en les imatges següents:



Tejas de ventilación

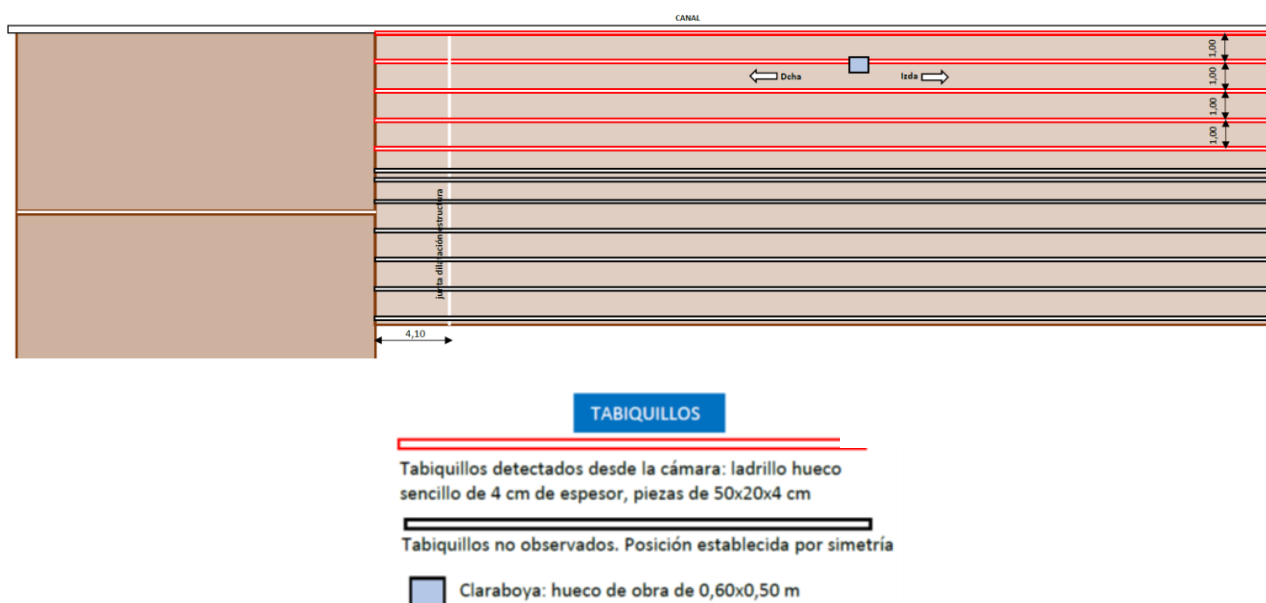


4.3 DEFINICIÓ DELS FALDONS DE COBERTA

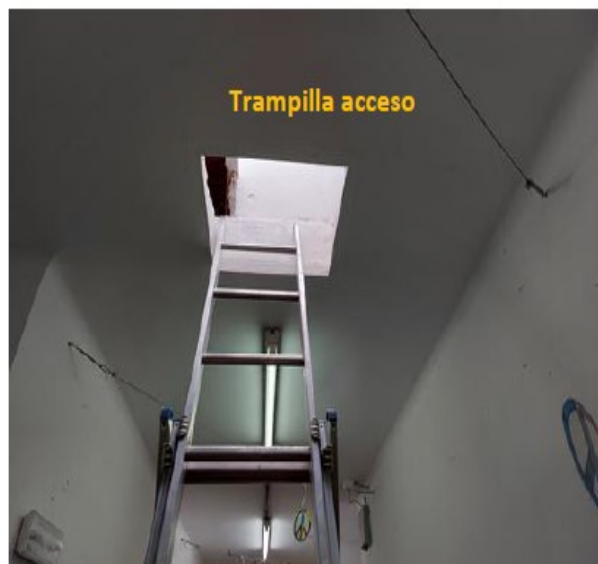
A continuació es mostra la indicació de la zona de coberta inspeccionada per tal de poder definir la composició exacta dels faldons de coberta:



La definició en planta de les parets que suporten els faldons es mostra en la següent figura:



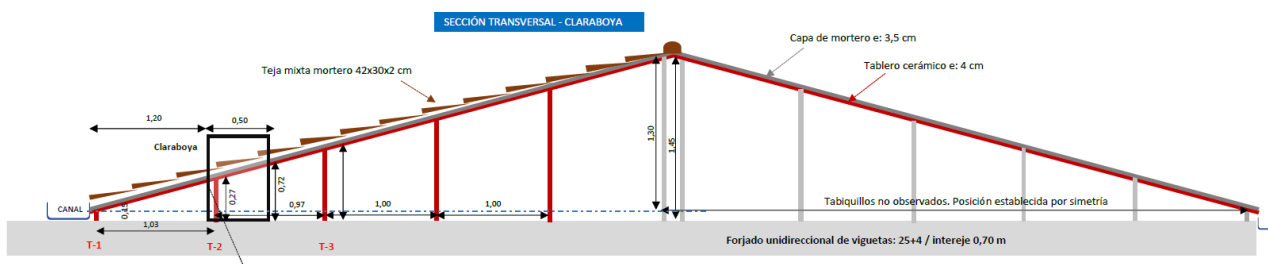
Algunes imatges de les zones inspeccionades es mostren a continuació:

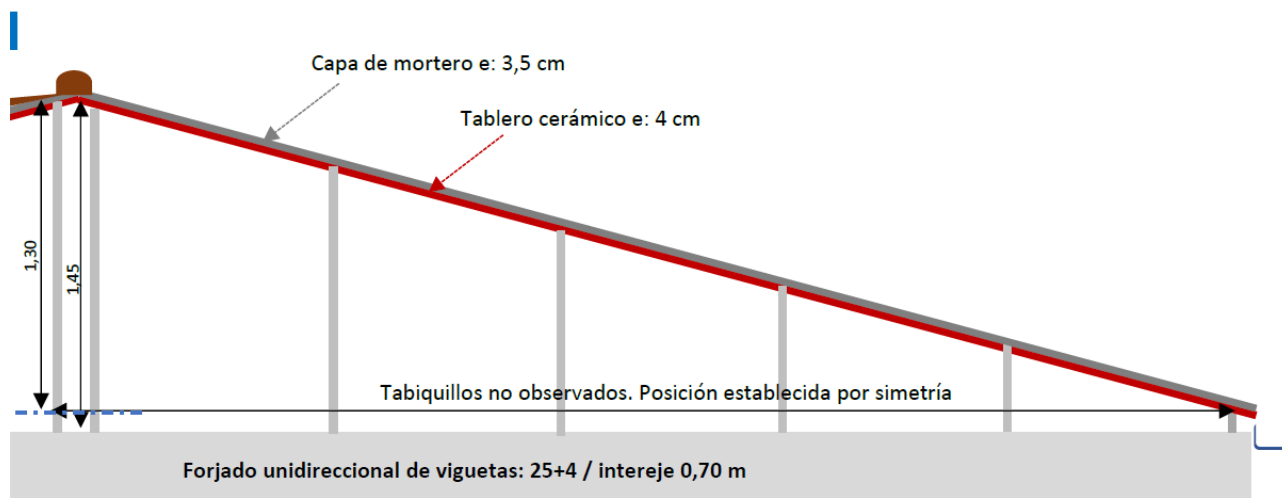
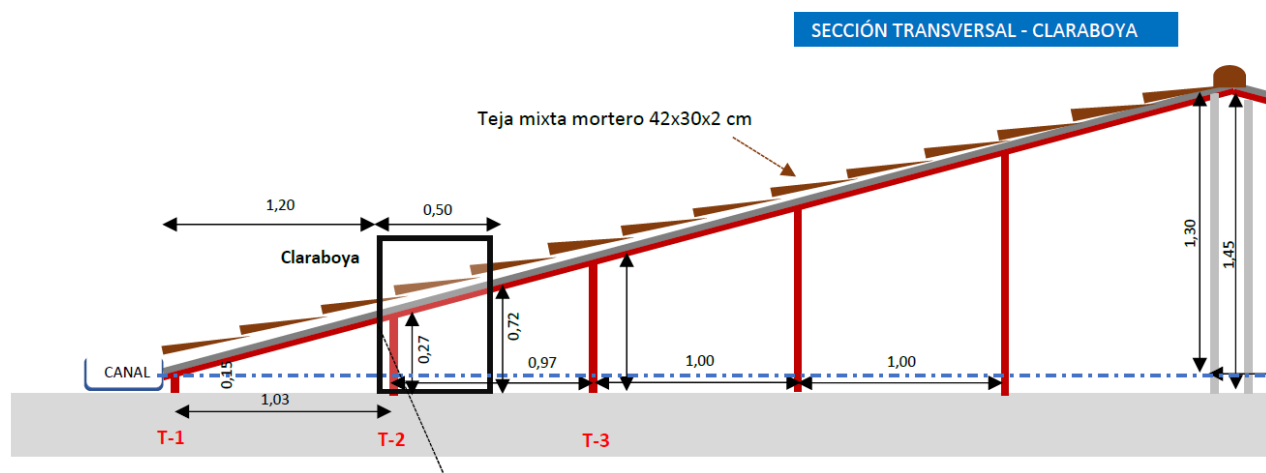






Un a vista de la secció esquemàtica dels faldons de coberta es mostren a continuació:

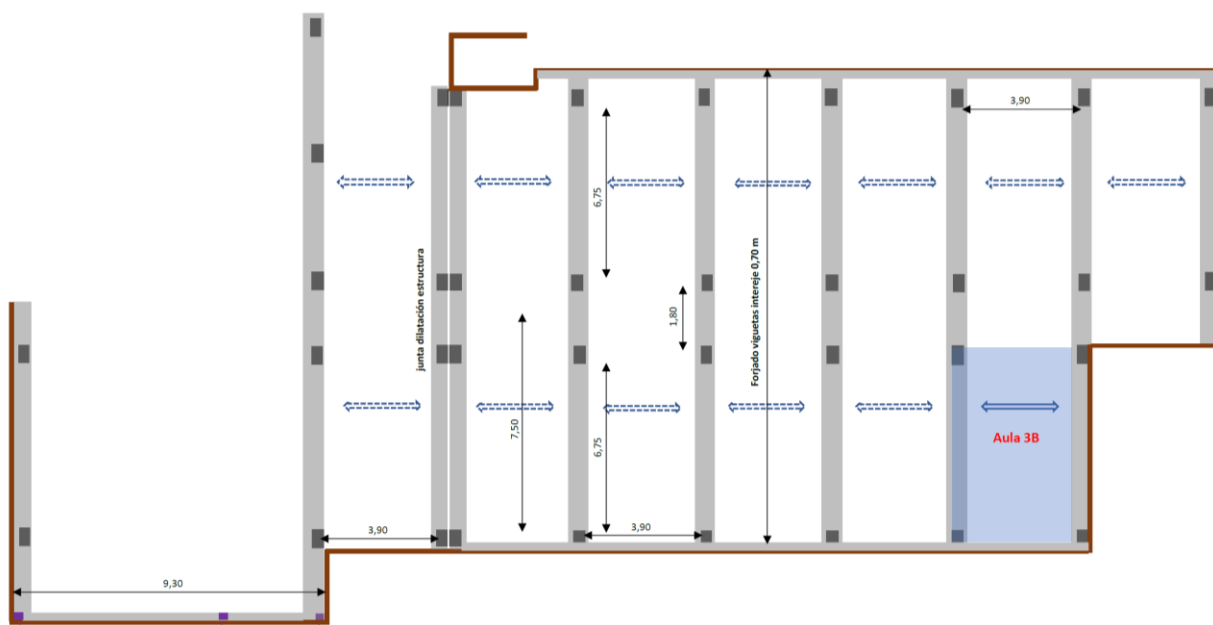











CAPA	Peso ud (kp)	Ud/m2	Peso (kp/m2)	
			Faldón	Proyección
Teja mixta mortero: 42x3,5x1,8 cm (d=1.600 kg/m3)	4,23	10,10	43	44
Repercusión pp mortero de asiento y colocación			10	10
Tablero mortero espesor: 3,5 cm (d=1.900 kg/m3)			67	69
Tablero cerámico espesor: 4 cm (d=670 kg/m3)			27	28
			Total:	150
Repercusión tabiquillos (10% huecos) / m2 forjado				20

4.4 DEFINICIÓ FORJAT PLÀ DE SUPPORT COBERTA INCLINADA

A continuació es mostra un esquema en planta de la composició del forjat pla on recolzen els faldons de coberta:



LEYENDA

	Vigas principales: Posición estimada
	Zuncho de borde: estimado
	Vigueta comprobada en cata
	Dirección supuesta de la crujía
	Pilares hormigón: 30x45 cm
	Pilares metálicos existente en planta baja
	Línea de fachada (enrasada con alero)

5 SEGURETAT ESTRUCTURAL

Per definir les bases de càlcul que determinaran la seguretat estructural d'un edifici s'han seguit les indicacions per l'anàlisi estructural, els coeficients parcials i l'aptitud pel servei que defineix el *Codi Estructural* i el Codi Tècnic de l'Edificació en el DB-SE específic de seguretat estructural.

A continuació s'exposen els paràmetres bàsics de les normatives esmentades que s'ha considerat en el càlcul de l'edifici objecte de la memòria.

5.1 ANÀLISI ESTRUCTURAL

La comprovació estructural d'un edifici requereix determinar les situacions de dimensionat que resultin determinants per el càlcul, establir les accions a tenir en compte i els models adequats, realitzar l'anàlisi estructural i verificar que no es sobrepassen els estats límits.

A les verificacions es tenen en compte els efectes del pas del temps que poden incidir a la capacitat portant o a l'aptitud pel servei, en correspondència amb el període de servei. Les situacions de dimensionat engloben totes les condicions i circumstàncies previsibles durant l'execució i la utilització de l'obra, determinant les combinacions d'accions necessàries per cada condició.

Les situacions de dimensionat es classifiquen en persistents (condicions normals d'ús), transitòries (condicions aplicades durant un temps limitat) i extraordinàries (condicions excepcionals com les accions accidentals).

Pel que fa a les consideracions que s'exposen a continuació, els estats límits, les accions i els mètodes de càlcul, les diferències no són considerables i hem pres com a model el que estipula el CTE i el Codi Estructural.

5.1.1 Els Estats Límits (ELU, ELS)

S'anomenen estats límits aquelles situacions segons les quals, de ser superades, es considera que l'edifici no compleix els requisits estructurals per els quals ha estat concebut.

Els **estats límits últims (ELU)** són els que, de ser superats, constitueixen un risc per les persones, ja que poden produir una col·lapse total o parcial de l'edifici. Com estats límits últims han de considerar-se els deguts a:

- Pèrdua de l'equilibri de l'edifici o d'una part estructuralment independent.
- Error per deformació excessiva, transformació de l'estructura o part d'ella en un mecanisme, trencament dels elements estructurals o de les unions, o inestabilitat d'elements estructurals incloent els originats per efectes depenent del temps, com la corrosió o la fatiga.

Els **estats límits de servei (ELS)** són els que, de ser superats, afecten el confort i el benestar dels usuaris o terceres persones, el correcte funcionament de l'edifici o la imatge de la construcció. Aquests estats poden ser reversibles o irreversibles, en funció a les conseqüències que suposen l'excés dels límits especificats com admissibles, un cop desaparegudes les accions que els han produït. Com a estats límits de servei poden considerar-se els deguts a:

- Les deformacions que afectin a la imatge de l'obra, al confort dels usuaris o al funcionament d'equips i instal·lacions.
- Les vibracions que causin una falta de confort a les persones o afectin a la funcionalitat de l'obra.
- Els danys o el desgast que poden afectar desfavorablement a la imatge, la durabilitat o la funcionalitat.

A part d'aquestes consideracions a nivell de fonaments també s'ha tingut en compte els estats límits de servei deguts a:

- Els moviments excessius de la fonamentació que poden induir esforços o deformacions anormals a la resta de l'edificació, que encara que no arribin a trencar-la, afecten a la imatge de l'obra, el confort o el funcionament.
- Les vibracions que es poden transmetre a la resta de l'estructura.

5.1.2 Classificació de les accions.

Les accions que s'apliquen a un càlcul es classifiquen per la seva variació en el temps:

- Accions permanents (G): són aquelles que actuen en tot moment sobre l'edifici amb posició constant: la magnitud pot ser constant, com el pes propi de l'estructura, o no, com les accions reològiques, però amb una variació menyspreable.
- Accions Variables (Q): són aquelles que poden actuar o no sobre un edifici, com les degudes per l'ús o les accions climàtiques.
- Accions accidentals (A): són aquelles la probabilitat de que succeeixi és petita però de gran importància, com el sisme, l'incendi, l'impacte o l'explosió.

Les accions imposades com els assentaments o retracció, es consideren accions permanents o variables, en funció de la seva variabilitat.

Les accions es defineixen en el càlcul per el seu valor característic F_k . Per les accions permanents s'adopta normalment un valor mig a no ser que la variació del mateix pugui ocasionar una resposta estructural significativa. Les accions variables, es determinen per un valor amb probabilitat de no ser superat durant un període de referència específic. En el cas de les accions climàtiques els valors estan basats en la probabilitat corresponent a l'estudi d'un període de retorn de 50 anys. Les accions accidentals es representen amb un valor nominal que s'assimila al de càlcul.

Entenem que el CTE ha inclòs aquest grup dins del conjunt de les accions permanents, aplicant el valor límit superior com ha optat més desfavorable, i es així com s'ha considerat en el càlcul.

5.1.3 Mètodes per l'anàlisi estructural.

L'anàlisi estructural es basa en models adequats de l'edifici que proporcionen una previsió suficientment precisa del seu comportament, que permeten tenir en compte totes les variables significatives i que reflecteixen adequadament els estats límits a considerar.

Es poden establir diversos models estructurals, complementaris, que defineixen diferents parts de l'edifici, o alternatius, que poden representar millor diferents comportaments o efectes. S'utilitzen models específics per zones singulars de l'estructura on no siguin aplicables les hipòtesis clàssiques.

Les condicions de geometria i suports es modelitzen en concordança amb l'edifici projectat, buscant la màxima similitud entre ells.

En l'execució del model de càlcul s'ha tingut en compte els efectes de les accions dinàmiques sobre els elements significatius contemplant la seva rigidesa, massa, resistència, etc.

5.2 COEFICIENTS PARCIAIS I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS

Per a la determinació de l'efecte de les accions, així com la resposta estructural, s'utilitzen els valors de càlcul de les variables, obtinguts a partir dels seus valors característics, multiplicant o dividint per els corresponents coeficients parcials per les accions i la resistència, respectivament.

Per garantir que hi ha suficient estabilitat del conjunt de l'edifici o d'una part del mateix, per totes les situacions de dimensionat, es compleix la següent condició:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

on

$E_{d,dst}$: valor de càlcul de les accions desestabilitzadores

$E_{d,stb}$: valor de càlcul de les accions estabilitzadores

Per garantir que hi ha suficient resistència de l'estructura portant o d'un element estructural, secció o unió entre elements, totes les situacions de dimensionat compleixen:

$$E_d \leq R_d$$

on

E_d : valor de càlcul de l'efecte de les accions.

R_d : valor de càlcul de la resistència corresponent.

La formulació general per el càlcul de les combinacions d'hipòtesis es determina a partir de l'expressió:

$$\sum_{j \leq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \leq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

És a dir, es considera simultàniament l'actuació de les accions permanents, G, inclòs el pretestat en cas d'existir, P, les accions variables, Q, havent-se d'aplicar de manera successiva en els diferents anàlisis.

La combinació d'accions en el cas d'intervenir l'efecte d'una acció extraordinària respon a la formulació següent:

$$\sum_{j \leq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + A_d + \gamma_{Q,1} \times \psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \leq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

És a dir, es considera l'acció simultània de totes les accions permanents, G, una acció accidental, A_d, i les accions variables (Q), una en valor freqüent i les altres casi permanents, alternant l'ordre d'aquestes últimes en les diferents hipòtesis de càlcul.

En una situació extraordinària, tots els coeficients de seguretat ($\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$) s'apliquen amb valor 0 si el seu efecte és favorable, i valor 1 si el seu efecte és desfavorable.

En el cas que l'acció accidental sigui l'acció sísmica, totes les accions variables s'apliquen amb un valor casi permanent, segons l'expressió:

$$\sum_{j \leq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i \leq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

En els casos en que la relació entre les accions i el seu efecte no es pugui assimilar de forma lineal, per la determinació dels valors de càlcul de l'efecte de les accions es realitza un anàlisi no lineal, considerant que:

- Si els efectes globals de les accions augmenten més ràpidament que elles, els coeficients parcials que s'apliquen com l'indicat en la formulació anterior.
- Si els efectes globals de les accions augmenten més lentament que elles, els coeficients parcials que s'apliquen es determinen a partir del valor representatiu de les mateixes.

El valor de combinació d'una acció variable representa la seva intensitat en el cas de que, en un determinat període, actuï simultàniament amb un altre acció variable, estadísticament independent. En el DB-SE que s'utilitza per la formulació de càlcul aquest valor es defineix com a ψ_0 .

El coeficient ψ_1 , correspon al valor freqüent d'una acció variable que es determina de manera que sigui superat durant un 1% del temps de referència.

Finalment el valor casi permanent d'una acció variable es determina de manera que sigui superat durant el 50% del temps de referència i se li aplica el coeficient ψ_2 .

Taula 4.1 (Segons CTE-SE) Coeficients parcials de seguretat (γ) per les accions.

	Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
		desfavorable	favorable
Resistència	Permanent		
	Pes Propi, Pes terreny	1,35	0,8
	Empenta terreny	1,35	0,7
	Pressió aigua	1,2	0,9
	Variable	1,5	0
Estabilitat		desestabilitzadora	estabilitzadora
	Permanent		
	Pes Propi, Pes terreny	1,1	0,9
	Empenta terreny	1,35	0,8
	Pressió aigua	1,05	0,95
	Variable	1,5	0

Taula 4.2 (Segons CTE-SE) Coeficients de simultaneïtat (ψ).

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecàrrega superficial d'ús	0,7	0,5	0,3
Zones residencials (Categoria A)	0,7	0,5	0,3
Zones administratives (Categoria B)	0,7	0,7	0,6
Zones destinades al públic (Categoria C)	0,7	0,7	0,6
Zones comercials (Categoria D)	0,7	0,7	0,6
Zones de trànsit i aparcament (Categoria F)	0,7	0,7	0,6
Cobertes transitables (Categoria G)		(*)	
Cobertes només manteniment (Categoria H)	0	0	0
Neu			
altituds > 1000m	0,7	0,5	0,2
altituds ≤ 1000m	0,5	0,2	0
Vent	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Accions variables del terreny	0,7	0,7	0,7

(*) A les cobertes transitables, s'adoptaran els valors corresponents al ús des del que s'accedeix.

6 ACCIONS A LA EDIFICACIÓ

A l'avaluació d'accions per a determinar el comportament estructural de l'edifici que es presenta, s'ha tingut en compte la Normativa CTE- SE-AE Accions a la Edificació del Codi Tècnic de la Edificació, així com la Normativa NCSR-02, "Norma de Construcción Sismorresistente".

6.1 ACCIONS GRAVITATÒRIES

Càrregues permanents

- *Teula mixta morter 42x3.5x1.8 cm ($\gamma=16 \text{ kN/m}^3$) = 0.44 kN/m^2*
- *Mortor de col·locació teules = 0.10 kN/m^2*
- *Capa de morter de 3.5 cm de gruix ($\gamma=19 \text{ kN/m}^3$) = 0.69 kN/m^2*
- *Tauler ceràmic de 4 cm de gruix ($\gamma=670 \text{ kN/m}^3$) = 0.28 kN/m^2*
- *Les càrregues permanents totals del faldó son CP = 1.50 kN/m^2*
- *La repercussió de càrrega de les parets de suport representa 0.10 kN/m^2*

La càrrega d'una futura instal·lació de panells fotovoltaics coplanars representaria una càrrega permanent addicional aproximada de $C_{FV}=0.15 \text{ kN/m}^2$.

Sobrecàrrega d'ús

Categoria d'ús		Subcategories d'ús		Càrrega uniforme (kN/m ²)	Càrrega concentrada (kN)
A	Zones residencials	A1	Habitatges	2,0	2,0
		A2	Trasters i magatzem d'escombraries	3,0	2,0
B	Zones administratives			2,0	2,0
C	Zones d'accés públic (excepte les superfícies que pertanyen a les categories A,B i D)	C1	Zones amb cadires i taules	3,0	4,0
		C2	Zones amb cadires fixes	4,0	4,0
		C3	Zones sense obstacles (vestíbuls d'edificis públics; sales d'exposició, museus...)	5,0	4,0
		C4	Zones destinades a gimnàs o activitats físiques	5,0	7,0
		C5	Zones d'aglomeració (sales de concert, estadis,...)	5,0	4,0
D	Zones comercials	D1	Locals comercials	5,0	4,0
		D2	Supermercats, hipermercats o grans superfícies	5,0	7,0
E	Zones de trànsit i aparcament per a vehicles lleugers (pes total $\leq 30 \text{ kN}$) *			2,0	2 x 10,0
F	Cobertes transitables accessibles només privadament			1,0	2,0
	Cobertes accessibles			1,0	2,0
G	només per a conservació	G1	Coberta amb inclinació $< 20^\circ$	0,4	1,0
		G2	Coberta amb inclinació $> 40^\circ$	0	2,0

Considerem que la comprovació del forjat de coberta s'ha de realitzar amb la hipòtesi de les càrregues actuals reals que son les següents:

- *Sobre càrrega d'ús* $SCU=1.00 \text{ kN/m}^2$
- *Sobrecàrrega de neu* $SCN=0.40 \text{ kN/m}^2$

6.2 ACCIONS EÒLIQUES

Són les produïdes per el vent sobre els elements exposats a ell. Per llur determinació es considera que aquest actua horitzontalment sobre els elements i amb una direcció que forma un angle de $\pm 10^\circ$ respecte a l'horitzontal

La intensitat de la seva acció s'avalua directament a partir de la velocitat amb la que pot desplaçar-se i topa contra un element resistent, segons les consideracions de l'article 3.3 del CTE SE-AE (Codi Tècnic de l'Edificació).

L'acció concreta sobre un element superficial es dedueix aplicant els articles 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 i 3.3.5 de l'anterior Normativa, relatius a la determinació del coeficient eòlic, tant en construccions tancades com obertes, i a la influència de l'esveltesa dels elements.

L'acció del vent, en general una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica, q_e pot expressar-se com:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

En el cas particular que es discuteix, els paràmetres considerats són els que es detallen:

- “ q_b ” Pressió dinàmica del vent (segons annex D Figura D1):

$$q_b = 0.52 \text{ kN/m}^2 \text{ (Zona C)}$$

- “ C_e ” Coeficient d'exposició (segons taula 3.3):

Grau d'aspror: IV

Alçada del punt considerat: 9 m

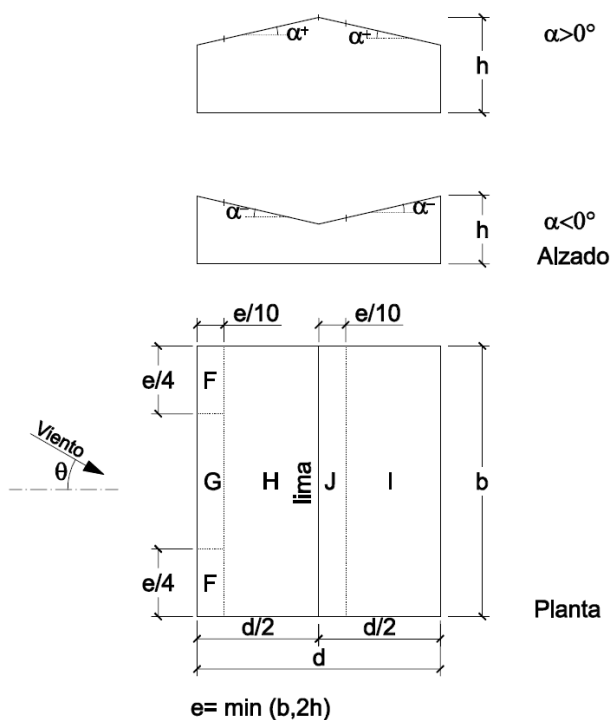
GRAU D'ASPROR DE L'ENTORN	Altura del punt considerat (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I.-Límit del mar o d'un llac, amb una superfície d'aigua a la direcció del vent d'almenys 5Km de longitud.	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.5
II.-Terreny rural pla sense obstacles ni arbrat d'importància.	2.1	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.5
III.-Zona rural accidentada o plana amb alguns obstacles aïllats, com arbres o construccions petites.	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.-Centre de negocis de grans ciutats, amb prefusió d'edificis amb altura.	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2.0

Per a l'alçada màxima el coeficient d'exposició resulta $C_e = 1.7$

Coeficient eòlic C_p a Coberta inclinada a dos aigües (vent en direcció de les pendents)

Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Vent paral·lel coberta tipus 1

Paràmetres geomètrics considerats coberta tipus 1:

- $e=2h=18\text{m}$
- $e/4=4.5\text{m}$
- $e/10=1.8\text{m}$
- $d=10\text{m}$
- $d/2=5\text{m}$
- $b=25\text{m}$

Superfície diferents zones coberta tipus 1:

- $F=(e/4)*(e/10)=8.1\text{m}^2$
- $G=(b-2*(e/4))*(e/10)=28.8\text{m}^2$
- $H=((d/2)-(e/10))*b=80\text{m}^2$
- $I=((d/2)-(e/10))*b=80\text{m}^2$
- $J=(e/10)*b=45\text{m}^2$

Coefficients de pressió/ succió i succions i pressions superficials de vent per zones:

- Zona F: Coeficient $C_{psF}:-1.2/+0.2$ $q_{pF}=q_b \times C_e \times C_{sF} = -1.06/+0.18 \text{ kN/m}^2$
- Zona G: Coeficient $C_{psG}:-0.8/+0.2$ $q_{pG}=q_b \times C_e \times C_{sG} = -0.70/+0.18 \text{ kN/m}^2$
- Zona H: Coeficient $C_{psH}:-0.3/+0.2$ $q_{pH}=q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.27/+0.18 \text{ kN/m}^2$
- Zona I: Coeficient $C_{psI}:-0.4/+0.0$ $q_{pI}=q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.35/+0.00 \text{ kN/m}^2$
- Zona J: Coeficient $C_{psJ}:-1.0/+0.0$ $q_{pI}=q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.88/+0.00 \text{ kN/m}^2$

Vent paral·lel coberta tipus 2

Paràmetres geomètrics considerats coberta tipus 2:

- $e=b=18\text{m}$
- $e/4=4.5\text{m}$
- $e/10=1.8\text{m}$
- $d=12\text{m}$
- $d/2=6\text{m}$
- $b=10\text{m}$

Superfície diferents zones coberta tipus 2:

- $F=(e/4)*(e/10)=8.1\text{m}^2$
- $G=(b-2*(e/4))*(e/10)=1.8\text{m}^2$
- $H=((d/2)-(e/10))*b=42\text{m}^2$
- $I=((d/2)-(e/10))*b=42\text{m}^2$
- $J=(e/10)*b=18\text{m}^2$

Coefficients de pressió/ succió i succions i pressions superficials de vent per zones:

- Zona F: Coeficient $C_{psF}:-1.2/+0.2$ $q_{pF}=q_b \times C_e \times C_{sF} = -1.06/+0.18 \text{ kN/m}^2$
- Zona G: Coeficient $C_{psG}:-2.0/+0.2$ $q_{pG}=q_b \times C_e \times C_{sG} = -1.76/+0.18 \text{ kN/m}^2$
- Zona H: Coeficient $C_{psH}:-0.3/+0.2$ $q_{pH}=q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.27/+0.18 \text{ kN/m}^2$
- Zona I: Coeficient $C_{psI}:-0.4/+0.0$ $q_{pI}=q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.35/+0.00 \text{ kN/m}^2$
- Zona J: Coeficient $C_{psJ}:-1.0/+0.0$ $q_{pI}=q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.88/+0.00 \text{ kN/m}^2$

Vent paral·lel coberta tipus 3

Paràmetres geomètrics considerats coberta tipus 3:

- $e=2h=18\text{m}$
- $e/4=4.5\text{m}$
- $e/10=1.8\text{m}$
- $d=8\text{m}$
- $d/2=4\text{m}$
- $b=25\text{m}$

Superfície diferents zones coberta tipus 3:

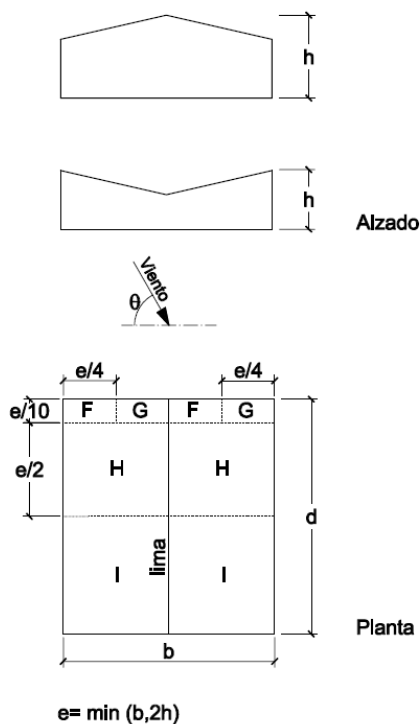
- $F=(e/4)*(e/10)=8.1\text{m}^2$
- $G=(b-2*(e/4))*(e/10)=28.8\text{m}^2$
- $H=((d/2)-(e/10))*b=55\text{m}^2$
- $I=((d/2)-(e/10))*b=55\text{m}^2$
- $J=(e/10)*b=45\text{m}^2$

Coefficients de pressió/ succió i succions i pressions superficials de vent per zones:

- | | |
|---|--|
| • Zona F: Coeficient C_{psF} : -1.2/+0.2 | $q_{pF} = q_b \times C_e \times C_{sF} = -1.06/+0.18 \text{ kN/m}^2$ |
| • Zona G: Coeficient C_{psG} : -0.8/+0.2 | $q_{pG} = q_b \times C_e \times C_{sG} = -0.70/+0.18 \text{ kN/m}^2$ |
| • Zona H: Coeficient C_{psH} : -0.3/+0.2 | $q_{pH} = q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.27/+0.18 \text{ kN/m}^2$ |
| • Zona I: Coeficient C_{psI} : -0.4/+0.0 | $q_{pI} = q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.35/+0.00 \text{ kN/m}^2$ |
| • Zona J: Coeficient C_{psJ} : -1.0/+0.0 | $q_{pI} = q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.88/+0.00 \text{ kN/m}^2$ |

Coeficient eòlic C_p a Coberta inclinada a dos aigües (vent ortogonal a la direcció de les pendents)

b) Direcció del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Nota:

- No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

Vent ortogonal coberta tipus 1

Paràmetres geomètrics considerats coberta tipus 1:

- $e=b=10\text{m}$
- $e/2=5\text{m}$
- $e/4=2.5\text{m}$
- $e/10=1\text{m}$
- $d=25\text{m}$
- $d/2=12.5\text{m}$
- $b=10\text{m}$
- $b/2=5\text{m}$

Superfície diferents zones coberta tipus 1:

- $F=G=(e/4)*(e/10)=2.5\text{m}^2$
- $H=(e/2)*(b/2)=25\text{m}^2$
- $I=(d-(e/2)-(e/10))*(b/2)=95\text{m}^2$

Coeficients de pressió/ succió i succions i pressions superficials de vent per zones:

- Zona F: Coeficient $C_{psF}:-1.8$ $q_{pF}=q_b \times C_e \times C_{sF} = -1.60 \text{ kN/m}^2$
- Zona G: Coeficient $C_{psG}:-1.8$ $q_{pG}=q_b \times C_e \times C_{sG} = -1.60 \text{ kN/m}^2$
- Zona H: Coeficient $C_{psH}:-0.6$ $q_{pH}=q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.53 \text{ kN/m}^2$
- Zona I: Coeficient $C_{psI}:-0.5$ $q_{pI}=q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.45 \text{ kN/m}^2$

Vent ortogonal coberta tipus 2

Paràmetres geomètrics considerats coberta tipus 2:

- $e=b=12\text{m}$
- $e/2=6\text{m}$
- $e/4=3\text{m}$
- $e/10=1.2\text{m}$
- $d=10\text{m}$
- $d/2=5\text{m}$
- $b=12\text{m}$
- $b/2=6\text{m}$

Superfície diferents zones coberta tipus 2:

- $F=G=(e/4)*(e/10)=3.6\text{m}^2$
- $H=(e/2)*(b/2)=36\text{m}^2$
- $I=(d-(e/2)-(e/10))*(b/2)=16.8\text{m}^2$

Coeficients de pressió/ succió i succions i pressions superficials de vent per zones:

- Zona F: Coeficient $C_{psF}:-1.8$ $q_{pF}=q_b \times C_e \times C_{sF} = -1.60 \text{ kN/m}^2$
- Zona G: Coeficient $C_{psG}:-1.8$ $q_{pG}=q_b \times C_e \times C_{sG} = -1.60 \text{ kN/m}^2$
- Zona H: Coeficient $C_{psH}:-0.6$ $q_{pH}=q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.53 \text{ kN/m}^2$
- Zona I: Coeficient $C_{psI}:-0.5$ $q_{pI}=q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.45 \text{ kN/m}^2$

Vent ortogonal coberta tipus 3

Paràmetres geomètrics considerats coberta tipus 1:

- $e=b=8\text{m}$
- $e/2=4\text{m}$
- $e/4=2\text{m}$
- $e/10=0.8\text{m}$
- $d=25\text{m}$
- $d/2=12.5\text{m}$
- $b=8\text{m}$
- $b/2=4\text{m}$

Superfície diferents zones coberta tipus 1:

- $F=G=(e/4)*(e/10)=1.6\text{m}^2$
- $H=(e/2)*(b/2)=16\text{m}^2$
- $I=(d-(e/2)-(e/10))*(b/2)=80.8\text{m}^2$

Coefficients de pressió/ succió i succions i pressions superficials de vent per zones:

- Zona F: Coeficient C_{psF} : **-2.0** $q_{pF} = q_b \times C_e \times C_{sF} = -1.77 \text{ kN/m}^2$
- Zona G: Coeficient C_{psG} : **-2.0** $q_{pG} = q_b \times C_e \times C_{sG} = -1.77 \text{ kN/m}^2$
- Zona H: Coeficient C_{psH} : **-0.6** $q_{pH} = q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.53 \text{ kN/m}^2$
- Zona I: Coeficient C_{psI} : **-0.5** $q_{pI} = q_b \times C_e \times C_{sI} = -0.45 \text{ kN/m}^2$

7 ANÀLISI DE LES CÀRREGUES ACTUANTS

7.1 VARIACIÓ DE CÀRREGUES GRAVITATORIES

Donat que no disposem d'informació detallada relativa a l'estructura del forjat de suport de la coberta veiem que no es pot justificar numèricament tots els elements estructurals afectats i certificar la idoneïtat estructural del conjunt amb l'increment de les càrregues de la futura instal·lació fotovoltaica sumades a les càrregues actuals.

Tanmateix, a nivell qualitatiu podem validar la idoneïtat de l'estructura de coberta existent si no s'incrementen les càrregues permanents actuals. Donat que l'estructura s'ha inspeccionat i no s'observa cap patologia evident, presentant un bon estat de conservació generalitzat, es pot concloure que s'ha comportat de manera favorable des de la seva construcció fa més de 30 anys.

Per tal de no augmentar l'estat de càrregues permanents actual a la coberta de l'edifici amb la futura instal·lació fotovoltaica proposem substituir les teules existents que tenen un pes estimat de 0.44 kN/m^2 per teules de tipus lleuger (teules polímeres per exemple) que tenen un pes aproximat inferior a 0.05 kN/m^2 .

La càrrega permanent sobre la coberta després de la substitució de les teules i de la col·locació dels panells fotovoltaics, suposant que el seu pes propi es de 0.15 kN/m^2 , resultarà de $0.05+0.15=0.20 \text{ kN/m}^2$, valor significativament inferior al pes de les teules existents, 0.44 kN/m^2 . Amb les càrregues pressuposades de teules lleugeres i panells es té un excedent de càrregues permanents de valor $0.44-0.20=0.24 \text{ kN/m}^2$. Aquest excedent es el que es prendrà com a referència per absorbir possibles increments de pesos dels nous elements previstos per a la substitució de les teules y/o dels nous panells fotovoltaics.

La substitució de les teules i la col·locació de panells fotovoltaics implica una reducció de les futures càrregues permanents sobre el forjat de coberta i d'aquesta manera es pressuposa un correcte comportament de l'estructura, llevat de vici ocult, tal i com s'ha comportat fins a data d'avui.

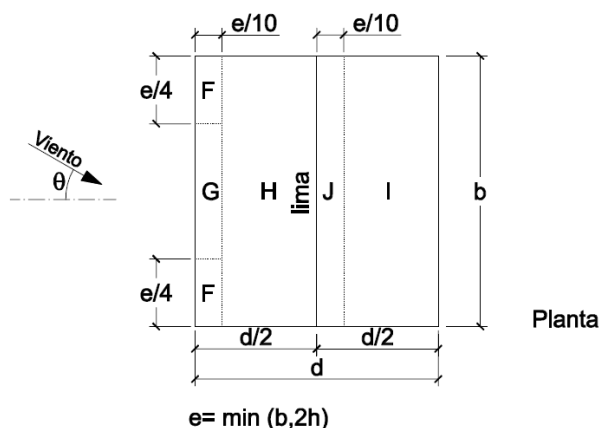
7.2 EQUILIBRI FRONT LA SUCCIÓ DE VENT A LES NOVES PLAQUES

El pes propi de la coberta existent on s'ancoraran les noves plaques fotovoltaiques un com remogudes les teules resulta de $1.50-0.44=1.06 \text{ kN/m}^2$ (es menysprea el pes de les noves teules lleugeres del costat de la seguretat).

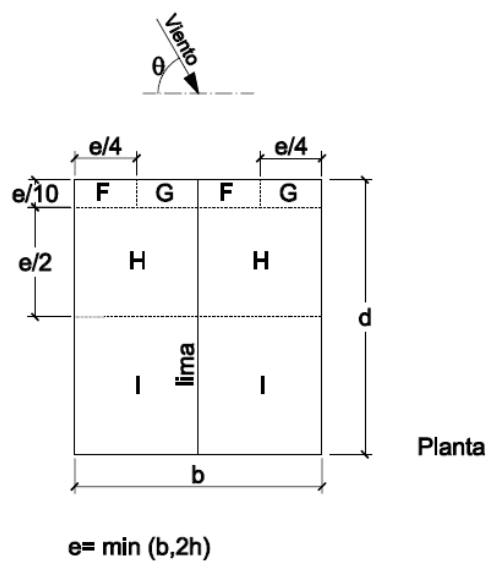
CAPA	Peso ud (kp)	Ud/m2	Peso (kp/m2)	
			Faldón	Proyección
Teja mixta mortero: 42x3,5x1,8 cm (d=1.600 kg/m3)	4,23	10,10	43	44
Repercusión pp mortero de asiento y colocación			10	10
Tablero mortero espesor: 3,5 cm (d=1.900 kg/m3)			67	69
Tablero cerámico espesor: 4 cm (d=670 kg/m3)			27	28
			146	150
Repercusión tabiquillos (10% huecos) / m2 forjado		Total:		20

Sumant el pes dels panells fotovoltaics (0.15 kN/m^2) obtenim un pes propi resultant total de 1.21 kN/m^2 .

Per al vent paral·lel a les pendents i per als 3 tipus de cobertes les zones adjacents per a la instal·lació dels panells resulten les zones H i I evitant les zones F, G i J.



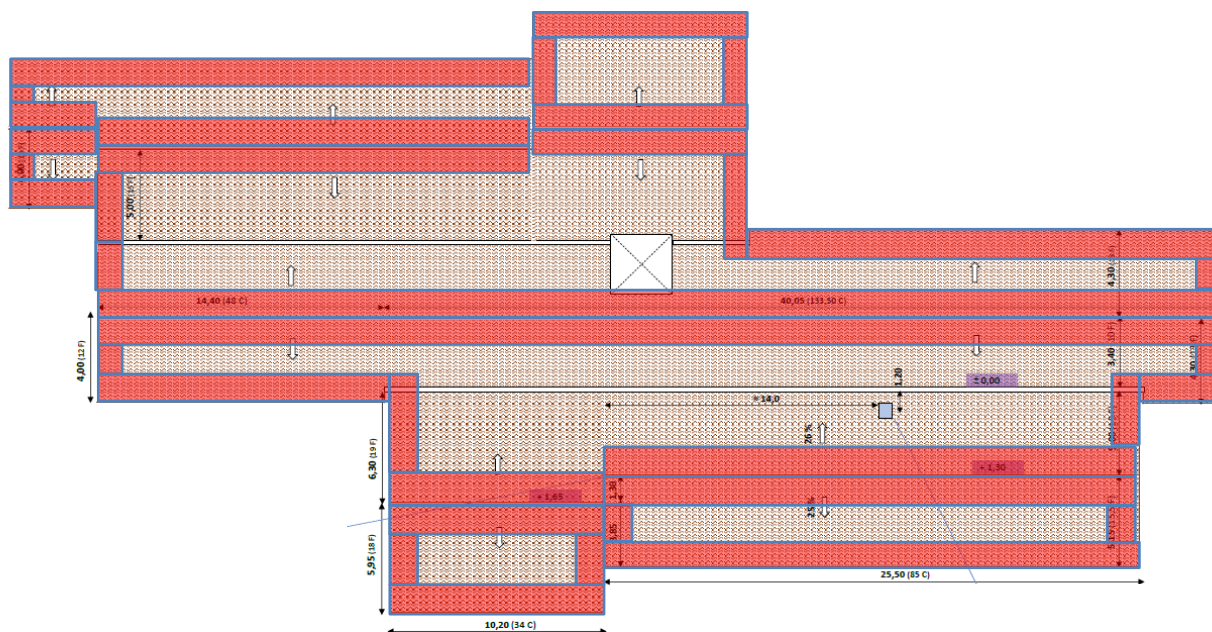
Per al vent ortogonal a les pendents i per als 3 tipus de cobertes les zones adjacents per a la instal·lació dels panells resulten les zones H i I evitant les zones F i G.



7.3 ZONES DE COBERTA NO APTES PER A LA INSTAL·LACIÓ DELS PANEL·LS

En base a l'estudi de les succions a les diferents zones de cobertes de l'edifici s'han identificat les zones on les succions de vent poden superar el pes propi dels faldons i per tant zones a evitar la fixació de les plaques.

Les zones crítiques son la banda del perímetre de l'edifici i les bandes a cada costat dels careners. L'amplada d'aquestes bandes té unes mides de 1.80 metres. La indicació d'aquestes bandes (en color vermell) sobre la planta de les cobertes es mostra a continuació:



7.4 INDICACIONES Y COMENTARIS RELATIUS A LA FIXACIÓ DELS PANELLS FOTOVOLTAICS

Segons el punt 7.1 del present informe, per evitar un increment de sobrecàrregues a la coberta degut a la col·locació dels panells solars fotovoltaics, s'indica la necessitat de substituir les teules existents per unes teules de tipus lleuger de pes no superior a 0.05 kN/m^2 .

Les fixacions dels panells es dimensionaran per absorbir les succions màximes existents a les zones aptes per a la col·locació dels panells (0.70 kN/m^2 sense majorar).

Es disposaran el número de fixacions necessaris per a repartir la càrrega i evitar el trencament del tauler o de la capa de formigó degut a una elevada càrrega puntual a la fixació.

L'estudi i el dimensionat de les fixacions així com del sistema i detalls de la impermeabilització no son objecte del present informe.

8 NORMATIVA.

8.1 NORMATIVA Bàsica

- DB-SE, "Documento Básico SE Seguridad estructural"
- DB-SE-AE, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acciones en la edificación"
- DB-SE-F, "Documento Básico SE Seguridad estructural Fábrica"
- DB-SI, "Documento Básico SI Seguridad en caso de Incendio"
- CÓDIGO ESTRUCTURAL
- N.C.S.R.-02, "Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación".

9 CONCLUSIONS

Tots els resultats del present informe pressuposen la veracitat de la documentació de projecte aportada per la propietat i la correspondència amb la realitat de l'edifici.

Durant la visita d'inspecció de l'edifici es va comprovar la integritat de l'estructura, el seu bon estat de conservació i la no presència de patologies evidents a simple vista.

Donat que no disposem d'informació detallada relativa a l'estructura del forjat de suport de la coberta veiem que no es pot justificar numèricament tots els elements estructurals afectats i certificar la idoneïtat estructural del conjunt amb l'increment de les càrregues de la futura instal·lació fotovoltaica sumades a les càrregues actuals.

Tanmateix, a nivell qualitatiu podem validar la idoneïtat de l'estructura de coberta existent si no s'incrementen les càrregues permanents actuals. Donat que l'estructura s'ha inspeccionat i no s'observa cap patologia evident, presentant un bon estat de conservació generalitzat, es pot concloure que s'ha comportat de manera favorable des de la seva construcció fa més de 25 anys.

Per tal de no augmentar l'estat de càrregues permanents actual a la coberta de l'edifici amb la futura instal·lació fotovoltaica es proposa substituir les teules existents amb unes teules de tipus lleuger (teules de polímer). Els pes de les teules existents representa un pes aproximat de 0.44 kN/m^2 , valor més elevat que el pes total de la futura instal·lació fotovoltaica i el de les noves teules lleugeres que pot representar uns 0.20 kN/m^2 . Amb la substitució de les teules existents s'assegura fins i tot una reducció de les futures càrregues permanents sobre el forjat de coberta i d'aquesta manera es pressuposa un correcte comportament de l'estructura, llevat de vici ocult, tal i com s'ha comportat fins a data d'avui.

L'estudi de les succions de vent ha evidenciat zones de la coberta on l'estabilitat a l'aixecament dels panells solars fotovoltaics no compleix i per tant s'haurà d'evitar la col·locació de panells en aquestes zones on les succions de vent superen el valor de 0.72 kN/m^2 (valor que garanteix l'estabilitat a l'aixecament amb els coeficients de seguretat segons normativa). Al punt 7.3 del present informe s'indiquen les zones de coberta a evitar. La fixació dels panells es farà mitjançant tacs químics adients ancorats a la capa de morter i al tauler ceràmic.

Quant antecedeix és el resultat del lleial saber i entendre del tècnic que subscriu, qui sotmet la seva opinió a qualsevol altra millor fundada.

A Barcelona, a 24 de maig de 2023



Carlos Félez García
Enginyer Industrial
Col·legiat nº 13828