



Projecte: **Edifici Espai Blau**
Passeig de Circumval·lació, s/n, 08810 Sant Pere de Ribes, Barcelona

Document: **Informe Tècnic: Revisió Estructural i Propostes Constructives del Sistema de Fixacions dels Panells Fotovoltaics a Coberta**

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



Data: 10/11/2022

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



DILIGÈNCIA per a fer constar que aquest document s'ha aprovat per la Junta de Govern Local del 2 de maig del 2023.

Santiago Blanco Serrano, Secretari General Accidental.
Sant Pere de Ribes, data signatura digital.

CONTINGUT

1	OBJECTE	2
2	DOCUMENTACIÓ DE PARTIDA	2
3	RESPONSABILITAT	3
4	DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI	3
5	DESCRIPCIÓ DE L'ESTRUCTURA	6
6	INSPECCIÓ VISUAL	7
7	DESCRIPCIÓ DE LA COBERTA I LA SEVA REPARACIO	8
8	SEGURETAT ESTRUCTURAL	11
8.1	ANÀLISI ESTRUCTURAL	11
8.1.1	Els Estats Límits (ELU, ELS)	11
8.1.2	Classificació de les accions	12
8.1.3	Mètodes per l'anàlisi estructural	13
8.2	COEFICIENTS PARCIAIS I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS	13
8.3	APTITUD DE SERVEI I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS DE SERVEI	16
8.3.1	Deformacions	16
8.3.2	Desplaçaments horitzontals	17
9	ACCIONS A LA EDIFICACIÓ	17
9.1	ACCIONS PERMANENTS	17
9.1.1	Pesos propis forjats y carregues permanents	17
9.1.2	Càrregues de plaques fotovoltaïques	17
9.2	ACCIONS VARIABLES	17
9.2.1	Sobrecàrregues d'ús	17
9.2.2	Sobrecàrregues de neu	18
9.2.3	Accions del vent	18
9.3	RESUM DE CÀRREGUES GRAVITATÒRIES A COBERTA	20
10	ESTUDI I RECOMANACIONS DE LES FIXACIONS PROPOSADES	21
10.1	PROPOSTA DE PLAQUES FOTOVOLTAIQUES I FIXACIONS SEGONS KM0	21
10.2	DIMENSIONAMENT DE LES FIXACIONS SEGONS EL PROJECTE DE KMO AMB EL SISTEMA K2 SYSTEMS	25
10.3	COMENTARIS GENERALS RELATIUS ALS ELEMENTS DE SUPORT DE COBERTA I A LES FIXACIONS	32
10.4	DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE MUNTATGE SEGONS SISTEMA K2 SYSTEMS	34
11	NORMATIVA	40
11.1	NORMATIVA BÀSICA	40

1 OBJECTE

L'objecte del present informe es la descripció i l'estudi de les característiques constructives del sistema de fixació dels panells fotovoltaics a les cobertes existents de l'edifici

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 les fixacions a la coberta ha sigut:

- Plànols projecte d'execució de l'edifici amb data octubre de 2002.
- Plànols projecte d'execució de l'edifici versió modificat amb data octubre de 2003.
- Documentació de l'empresa *CAILLAUD* (fabricant dels elements de fusta):
 - Còpia dels resultats dels assajos del període d'encolat (Compressió, tall i cisalladura).
 - Fulla de control de temperatura i humitat.
 - Fitxa tècnica de la cola.
 - Fitxa de fabricació (empalmaments i encolat)
 - Còpia de la reglamentació Acerbois-Glulam.
 - Fitxa de productes (Fusta, farratges, cargols i productes de tractament).
 - D.I.U.O
 - Nota de càlcul.
- Pàgines 27 a 42 d'un informe sobre condensacions a la coberta amb propostes de reparació.
- Reportatge fotogràfic realitzat a la visita d'inspecció del dia 20 de maig de 2022.
- Avantprojecte d'instal·lació plaques fotovoltaïques amb annex de dimensionament de les fixacions de les plaques a coberta. Autor: *KMO ENERGY*. Data: 12/05/2022.
- Informe Tècnic: "*Revisió estructural de la coberta de la piscina de l'Espai Blau de Sant Pere de Ribes*"
Autor: CFG INGENIERIA. Data: 01/08/2022
- Projecte d'Instal·lació fotovoltaica per autoconsum col·lectiu de l'Espai Blau d'instal·lació de plaques fotovoltaïques amb annex de càlculs de les fixacions de les plaques a coberta. Autor: *KMO ENERGY*.
Data: 07/09/2022
- Catàlegs de productes de fixació de panells fotovoltaic K2 SYSTEMS

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.

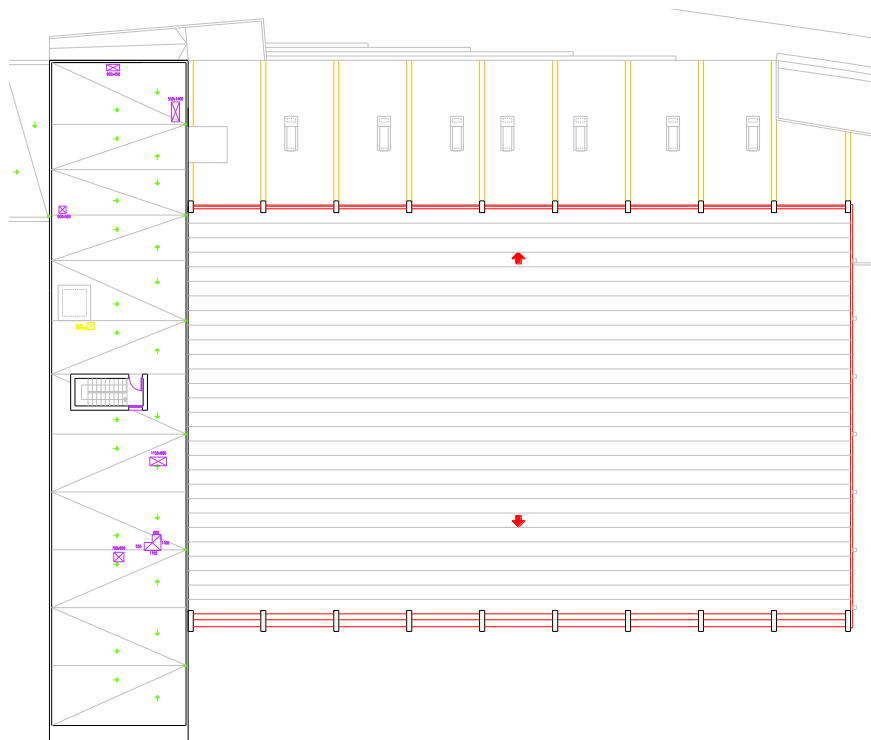
La recepció d'aquest document pel seu destinatari implica la plena acceptació d'aquesta declaració.

4 DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI

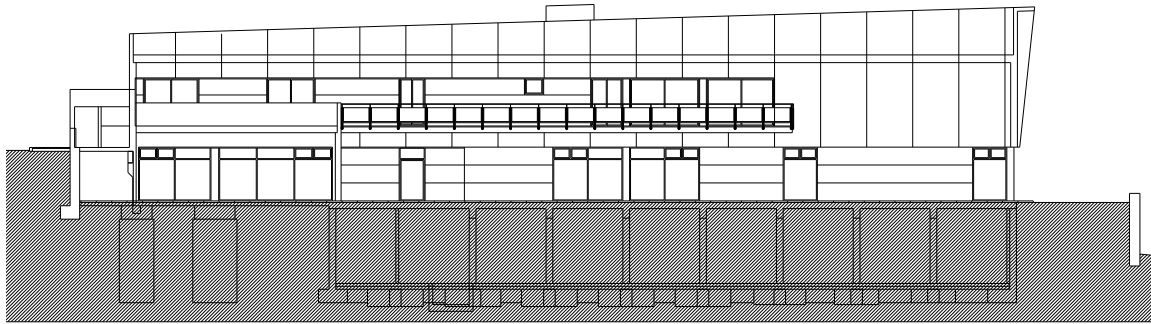
Ha estat analitzada la documentació relativa al projecte executiu facilitada per la propietat.

La coberta de la piscina té una planta rectangular de dimensions aproximades 46 metres x 29 metres i una alçada màxima de 8.7 metres.

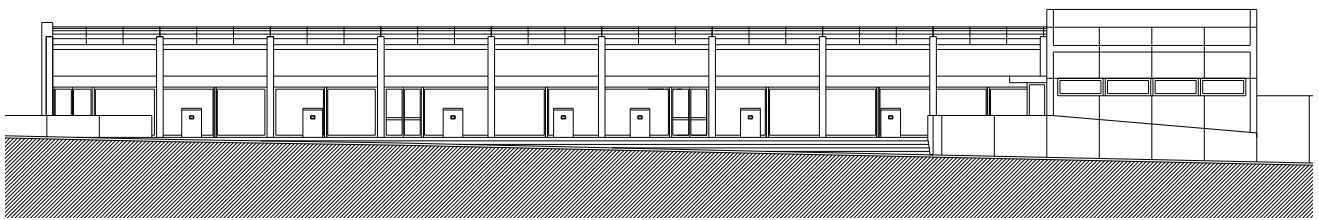
A continuació es mostren unes imatges de la planta, alçats i seccions que descriuen l'edifici:



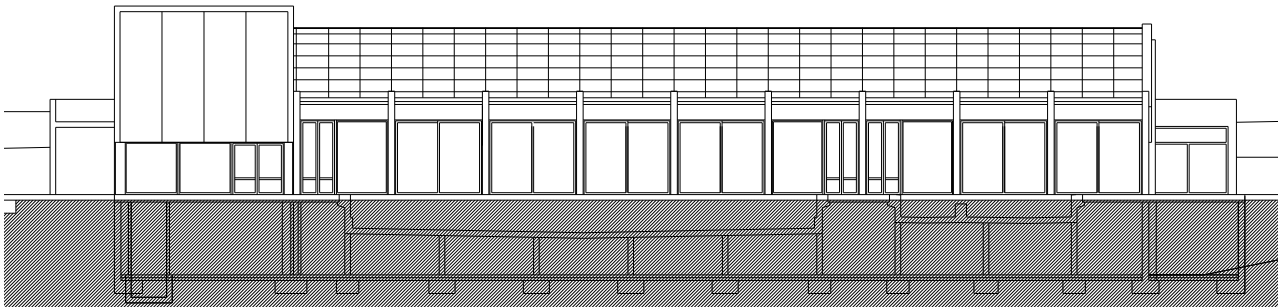
Vista en planta de la coberta de l'edifici



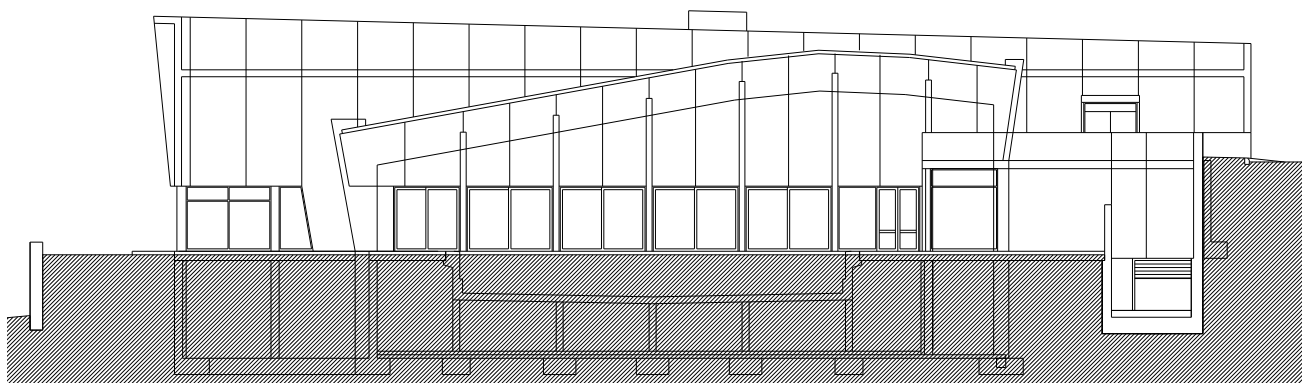
Vista de la façana Nord Oest



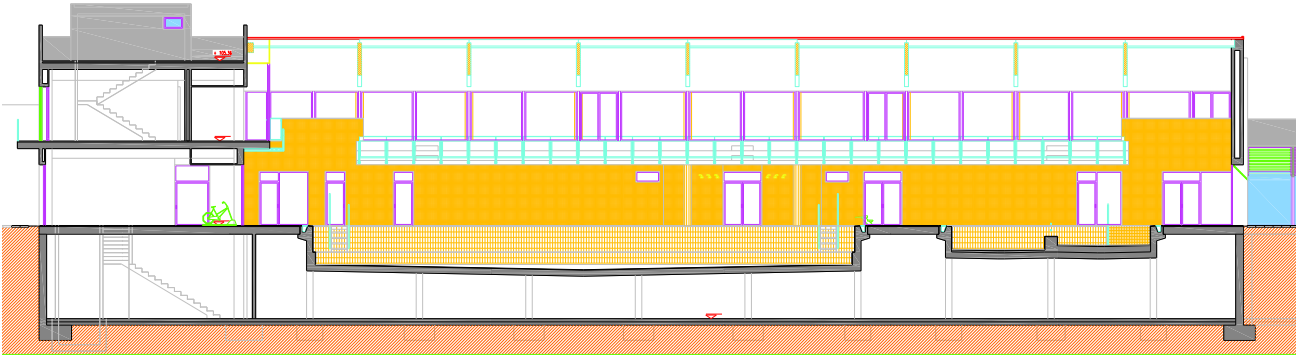
Vista de la façana Nord Est



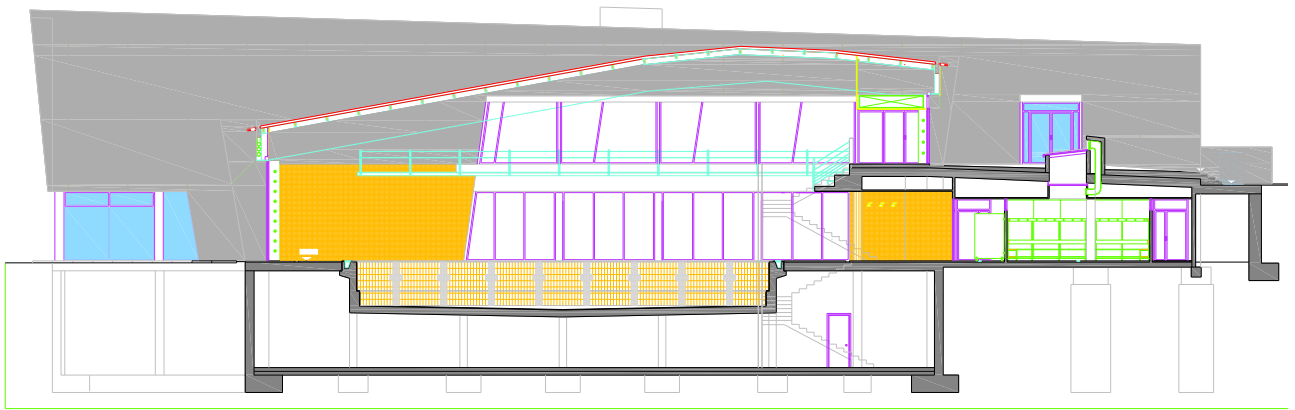
Vista de la façana Sud Oest



Vista de la façana Sud Est



Vista de la secció longitudinal de l'edifici

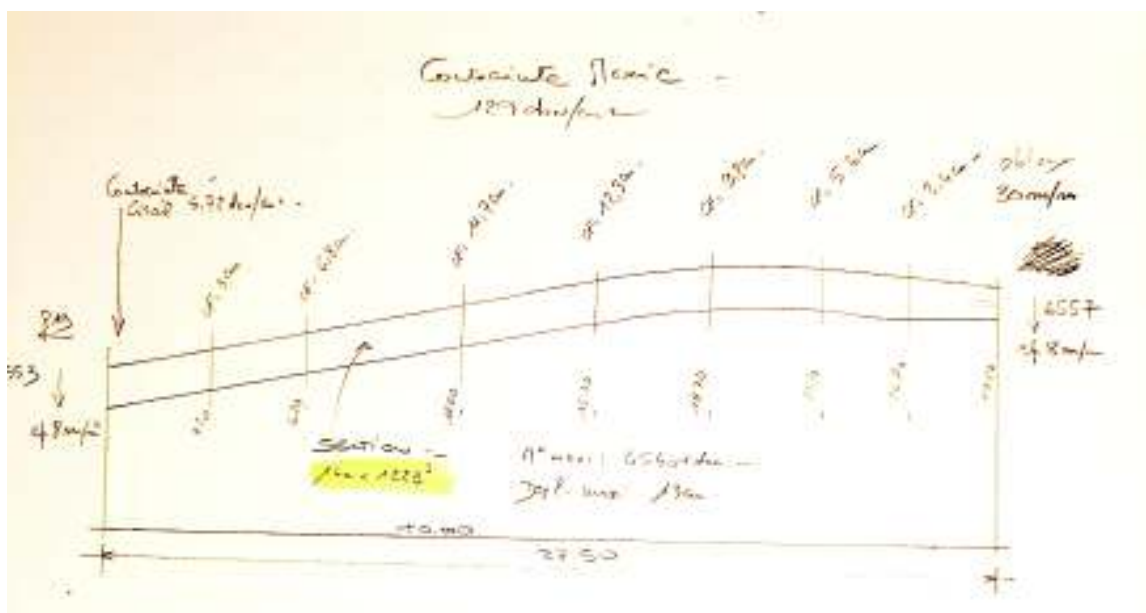


Vista de la secció transversal de l'edifici

5 DESCRIPCIÓ DE L'ESTRUCTURA

Ha estat analitzada la documentació relativa a l'estructura del projecte executiu i els seus modificats facilitada per la propietat i a continuació es mostra un extracte de les dades més rellevants relatives a la definició dels elements estructurals de la coberta de la piscina. L'estructura de la coberta de la piscina està resolta amb una sèrie de pòrtics formats bigues de fusta laminada encolada recolzades sobre pilars de formigó armat. Les bigues principals dels pòrtics cobreixen una llum d'uns 27 metres i tenen una forma amb un primer tram de directriu recta amb pendent i un segon tram amb directriu corba amb pendent variable. La separació entre pòrtics de 5.05metres es coberta amb corretges també de fusta laminada encolada amb una separació aproximada de 1.30 metres sobre les que es recolzen els panells de la coberta. Les dimensions de les seccions de de les bigues i corretges presenten certes discrepàncies segons la documentació de projecte i va ser necessari mesurar-les in situ.

Segons la nota de càlcul de Caillaud&Fils les mesures dels elements estructurals són:



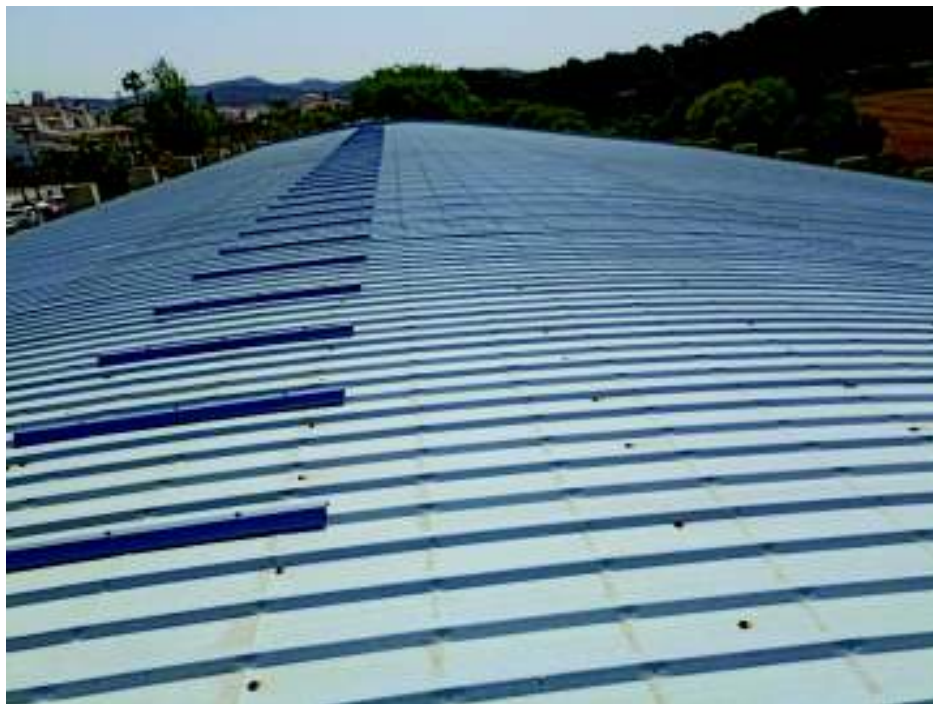
- Bigues principals: Cantell = 122.8cm; Ample = 14cm
- Corretges: Cantell = 18cm; Ample = 9cm

6 INSPECCIÓ VISUAL

A la visita d'inspecció del dia 20 de maig de 2022 es va realitzar un reportatge fotogràfic del qual fem un extracte a continuació:



Vista exterior de l'edifici i coberta de la piscina



Vista en detall de l'exterior de la coberta de la piscina



Vista general de l'interior de la piscina i l'estructura de la seva coberta

7 DESCRIPCIÓ DE LA COBERTA I LA SEVA REPARACIÓ

No tenim certesa de com va ser la solució realitzada a la coberta.

Les omegues longitudinals (en el sentit del pendent) podien ser:

- 80x40x1.5 si es fa servir manta de feltre de 25 mm
- 120x40x2 si es fa servir manta de feltre de 60 mm

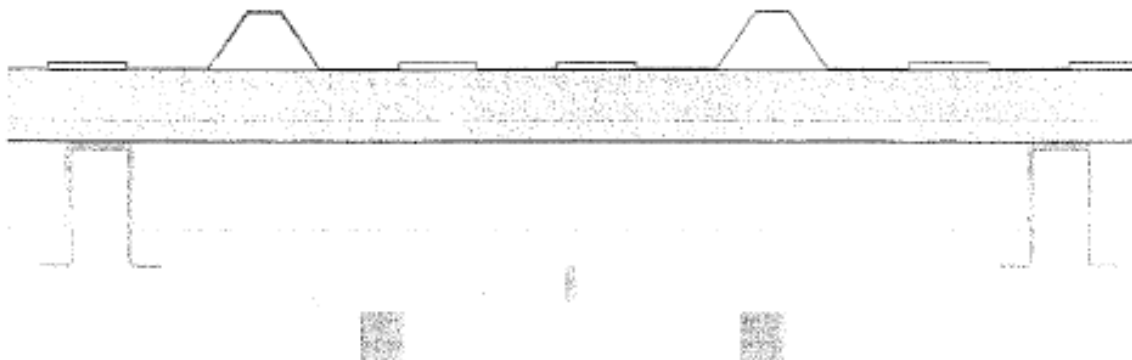
La separació entre omegues longitudinals podia ser:

- 120 cm si s'utilitza manta feltre
- 60 cm si s'utilitza manta *Tectover* fusta

A continuació es mostra un extracte de la informació disponible relativa a la possible intervenció de reparació i reforç del paquet de coberta:

Així doncs nosaltres prescrivim, com a millor solució als problemes de condensacions actuals, una modificació de la coberta existent per adaptar-la a les prescripcions de Projecte, que consisteix en:

1. Desmuntar la xapa actual, per trams, procurant ordenar les xapes retirades per una millor i més fàcil reutilització posterior.
2. Substitució dels panells deteriorats per les humitats.
3. Segellar les juntes entre panells, amb massilla de poliuretà, tant profundament com sigui possible i repassant el cordó exterior amb espàtula.
4. Replantejar les **omegues de 80.40.1.5 longitudinals deixant 118-120 cm entre perfils**, procurant que no coincideixin amb les juntes dels panells, **collar-les cada 2 corretges com a mínim**. A la zona corba és probable que calgui corbar els perfils, abans de col·locar-los o fent uns petits talis a la part superior, coincidint amb les corretges de fusta, per facilitar que s'adaptin al desenvolupament de la coberta. L'empalmament d'omegues es farà coincidir amb les corretges de l'estructura de fusta situades sota els panells.
5. **Col·locar entre perfils la Manta Fielto 2 M0022 de POLIGLAS de 25 mm. Si es col·loqués una manta de 60 mm, les omegues longitudinals haurien de ser de 120.40.2.**
6. Col·locar la membrana TYVEK sobre la manta de fibra de vidre, longitudinalment, amb solapes longitudinals sobre les omegues, d'una sola peça o amb 1 solapament com a màxim a la zona de més pendent, amb un cavalcament mínim de 25 cm. La membrana te que arribar fins l'interior del canaló i a sota dels remat de xapa laterals per garantir la recollida d'aigua condensada. Si es vol col·locar la manta TECTOVER MADERA, la separació entre omegues longitudinals haurà de ser de 60 cm.
7. **Col·locar les omegues transversals de 50.40.1,5, amb una separació màxima d' 1,50 m**, procurant replantejar-les on hi havia els cargols de les xapes retirades.
8. Tomar a col·locar les xapes retirades inicialment, collant-les a les omegues transversals, aprofitant els forats existents, amb cargols i juntes noves.
9. Col·locar els remats perimetrals de coberta, eliminant els possibles punts d'entrada d'aigua a trobades amb paraments verticals i mantenint la superfície de ventilació necessària de la cambra d'aire.
10. En cas de no desaparèixer les taques generalitzades, serà necessari pintar el panell per sota, per restituir el seu estat original.



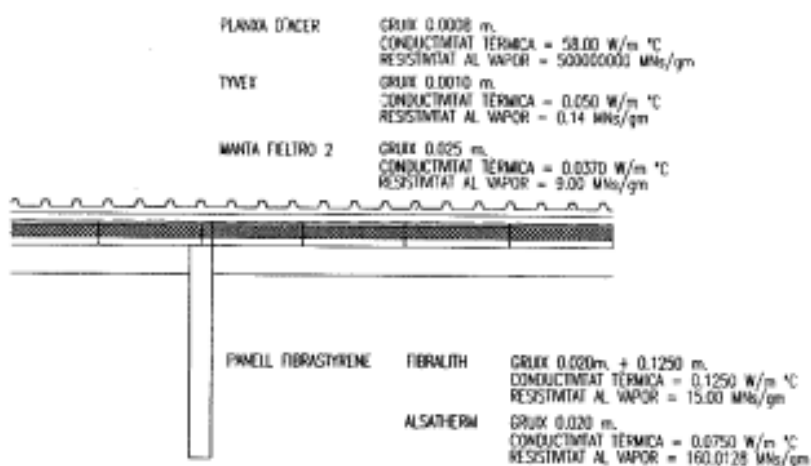
La fixació de les omegues longitudinals s' indica que es fixen cada 2 corretges com a mínim, però podria ser cada corretja que seria l' ideal.

Es desconeix totalment el sistema i la capacitat de les fixacions de les omegues a corretges i de les omegues transversals a les omegues longitudinals.

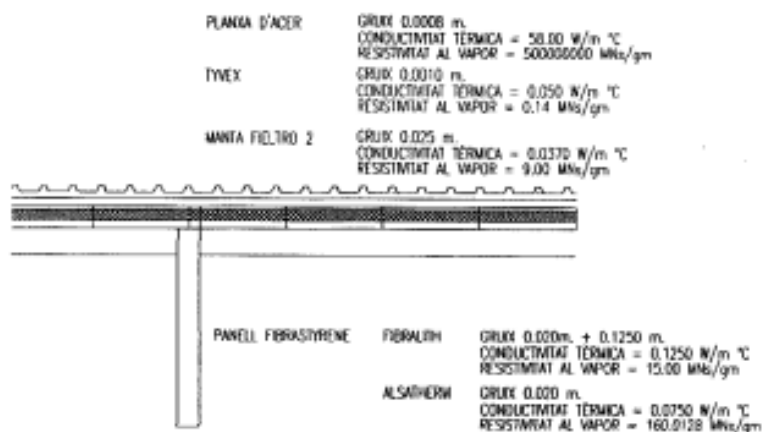
El coneixement de les omegues executades i de les seves fixacions és important per definir el sistema de fixació de les plaques fotovoltaïques a aquest sistema se superestructura. L'ideal seria poder fixar-se a la xapa superficial coincidint amb els seus punts de fixació en les omegues transversals. Per això hauríem de conèixer el seu replanteig per sota de la xapa de coberta i comprovar i fins i tot reforçar les fixacions de tots els seus elements fins a arribar a les corretges. Això garantiria que no es produís l'arrencada de les plaques per succió de vent. Davant de càrregues gravitatòries no seria un problema ja que tots els elements recolzarien uns sobre els altres sense problema.

D.V.III Opció 5.c. Adaptació a Projecte

Esquema composició de la Coberta: OPCIO 5C 1



Esquema composició de la Coberta: OPCIO 5C 2



8 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 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.

8.1 ANÀLISI ESTRUCTURAL

Per conèixer les possibilitats estructurals de la fusta i així poder utilitzar-la com a eina de disseny, és obligat analitzar les seves característiques mecàniques i com influeixen en aquestes factors com el contingut d'humitat, la durada de la càrrega i la qualitat de la fusta.

La Norma CTE-DB-SE (Codi Tècnic de l'Edificació, Document Bàsic, Seguretat Estructural) adopta un mètode de càlcul en estats límits i utilitza coeficients parcials de seguretat (afectant la resistència i les accions).

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.

8.1.1 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.

8.1.2 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 opció més desfavorable, i es així com s'ha considerat en el càlcul.

8.1.3 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.

8.2 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 pretelat 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, Ad, 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.

8.3 APTITUD DE SERVEI I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS DE SERVEI

Per complir un comportament adequat, en relació a les deformacions, les vibracions o el desgast, s'aplica la corresponent de les següents combinacions d'accions. En termes generals per el càlcul de les deformacions, la normativa permet no aplicar coeficients de majoració (γ) a les càrregues permanents i aplicar coeficients de simultaneïtat a les variables.

En els casos d'efectes degut a les accions de curt termini que poden resultar irreversibles, la combinació d'accions es realitza seguint la següent expressió:

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

És a dir, es considera en el càlcul totes les càrregues permanents, una acció variable, en la seva totalitat, i la resta de càrregues variables amb el factor de simultaneïtat corresponent, modificant la variable no afectada per els coeficients parcials en cada hipòtesi.

En els casos d'efectes deguts a accions de curta durada que poden resultar reversibles, la formulació per realitzar la combinació d'accions ha estat la següent:

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

Finalment, per els casos d'efectes deguts a càrregues de llarga duració, s'ha calculat amb la següent expressió, que tracta totes les accions variables amb un mateix coeficient de quasi permanència:

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

8.3.1 Deformacions

A nivell de fletxes relatives admissibles dels elements estructurals es compleix la següent taula, les limitacions de la qual s'indiquen en el (CTE-SE 4.3.3.1):

INTEGRITAT DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS	Forjats amb envans fràgils o paviments rígids sense junts	1/500
	Forjats amb envans ordinaris i paviments amb junts	1/400
	Resta de casos	1/300
CONFORT DELS USUARIS		1/350
IMATGE DE L'OBRA		1/300

Les limitacions esmentades s'han de complir entre dos punts qualsevol de la planta, prenent com a llum el doble de la distància entre ells. En general es realitza aquesta comprovació per els dos sentits ortogonals de la planta.

En els casos en els quals els elements suportats, tipus d'envans i paviments, tinguin més opcions de ser malmesos per les deformacions de l'estructura es prendran mesures constructives específiques.

El límit de la fletxa activa és de $L/400$ o $1\text{cm} \Rightarrow f_{activa} \leq \frac{L}{400}$

8.3.2 Desplaçaments horitzontals

A nivell de desplaçaments horitzontals es compleix segons la normativa CTE-SE la taula següent:

INTEGRITAT DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS	Desplom total	1/500
	Desplom parcial	1/250
IMATGE DE L'OBRA		1/250

9 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 Construcció Sismorresistente".

9.1 ACCIONS PERMANENTS

9.1.1 Pesos propis forjats y carregues permanents

A continuació s'exposen els pesos propis dels elements estructurals considerats en el projecte que ens ocupa, que actuen com a concàrregues en el càlcul de l'estructura. Els valors s'expressen per kN/m², i s'extreuen de ponderar la proporció ponderada per metre quadrat dels diferents elements que componen els forjats de projecte.

ELEMENT	ACCIÓ DE CàLCUL
Panel tipus Hierakustik de 50mm de nucli + omegues + xapa 0.8mm	0.30 kN/m ²

9.1.2 Càrregues de plaques fotovoltaïques

Segons el projecte de la instal·lació de les plaques fotovoltaïques la càrrega superficial màxima a la zona on es disposen les plaques fotovoltaïques es la següent:

TIPUS DE CàRREGA	DEFINICIÓ	ACCIÓ DE CàLCUL
Superficial	Plaques Fotovoltaïques	0.12 kN/m ²

9.2 ACCIONS VARIABLES

9.2.1 Sobrecàrregues d'ús

Les sobrecàrregues d'ús engloben el pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici en funció de l'ús al qual es destini. Per regla general, les sobrecàrregues degudes a l'ús s'assimilen a una càrrega superficial distribuïda uniformement. D'acord amb l'ús majoritari al que es destini cada zona, el valor característic s'extreu de la taula 3.1 del CTE-SE-AE. Sobrecàrregues molt concretes, com maquinaries, materials de biblioteques, magatzems o indústries, no estan englobats per la norma i es defineixen amb l'estudi concret de l'edifici.

A continuació s'exposen els valors de sobrecàrrega d'ús que s'apliquen en aquest projecte:

CATEGORIA D'ÚS	SUBCATEGORIA	DEFINICIÓ	CÀRREGA Uniforme	CÀRREGA Concentrada
G	G1	Cobertes accessibles per a la conservació. Cobertes lleugeres sobre corretges	0.40 kN/m ²	1.00 kN

9.2.2 Sobrecàrregues de neu

La distribució i la intensitat de càrrega de la neu depèn del clima del lloc, el tipus de precipitació, la geometria de la coberta o edifici, els efectes del vent i els intercanvis tèrmics dels paràmetres exteriors.

La normativa defineix la formulació necessària per calcular la acumulació de neu i aplicar-la com una sobrecàrrega de l'edifici a la CTE-SE-AE. La inclinació de la coberta i la forma poden afavorir o no, l'acumulació de la neu.

A estructures lleugeres sensibles a la càrrega vertical, els valors es poden obtenir com s'indica a continuació.

Com valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal, q_n , es pot prendre:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0.40 \text{ kN/m}^2$$

sent:

$\mu = 1$; el coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3

$s_k = 0.40 \text{ kN/m}^2$; el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal segons 3.5.

LOCALITAT	Sant Pere de Ribes
ZONA HIVERNAL	ZONA 2
ALTITUD TOPOGRÀFICA	44 msnm
CÀRREGA CARACTERÍSTICA DE NEU	0.40 kN/m ²
FACTOR DE FORMA	1

9.2.3 Accions del vent

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):

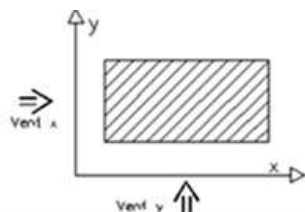
Grau d'aspror: **IV**

Alçada del punt considerat: **9.00m**

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 **$C_e = 1.7$**

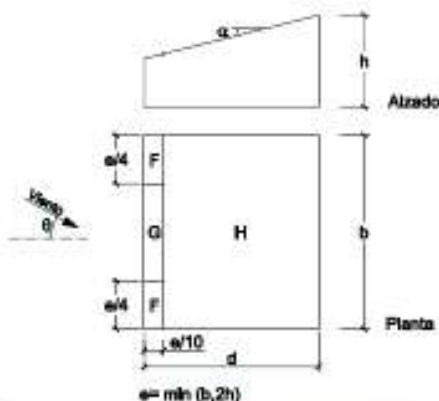
El criteri d'eixos x/y coincideix amb l'indicat en el quadre de pilars.



Coeficient eòlic C_p a Coberta a una aigua (Inclinació 10°)

Tabla D-5 Cubiertas a un agua.

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



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

- $b=46m$; $d=29m$; $h=8.7m$
- $e=17.4m$; $e/4=4.35m$; $e/10=1.74m$

- Coeficient C_{pF} : **-1.30/+0.10** $q_p = q_b \times C_e \times C_{pF} = -1.15 \text{ kN/m}^2 (+0.088 \text{ kN/m}^2)$
- Coeficient C_{sG} : **-1.00/+0.10** $q_p = q_b \times C_e \times C_{sG} = -0.88 \text{ kN/m}^2 (+0.088 \text{ kN/m}^2)$
- Coeficient C_{sH} : **-0.45/+0.10** $q_s = q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.39 \text{ kN/m}^2 (+0.088 \text{ kN/m}^2)$

9.3 RESUM DE CÀRREGUES GRAVITATÒRIES A COBERTA

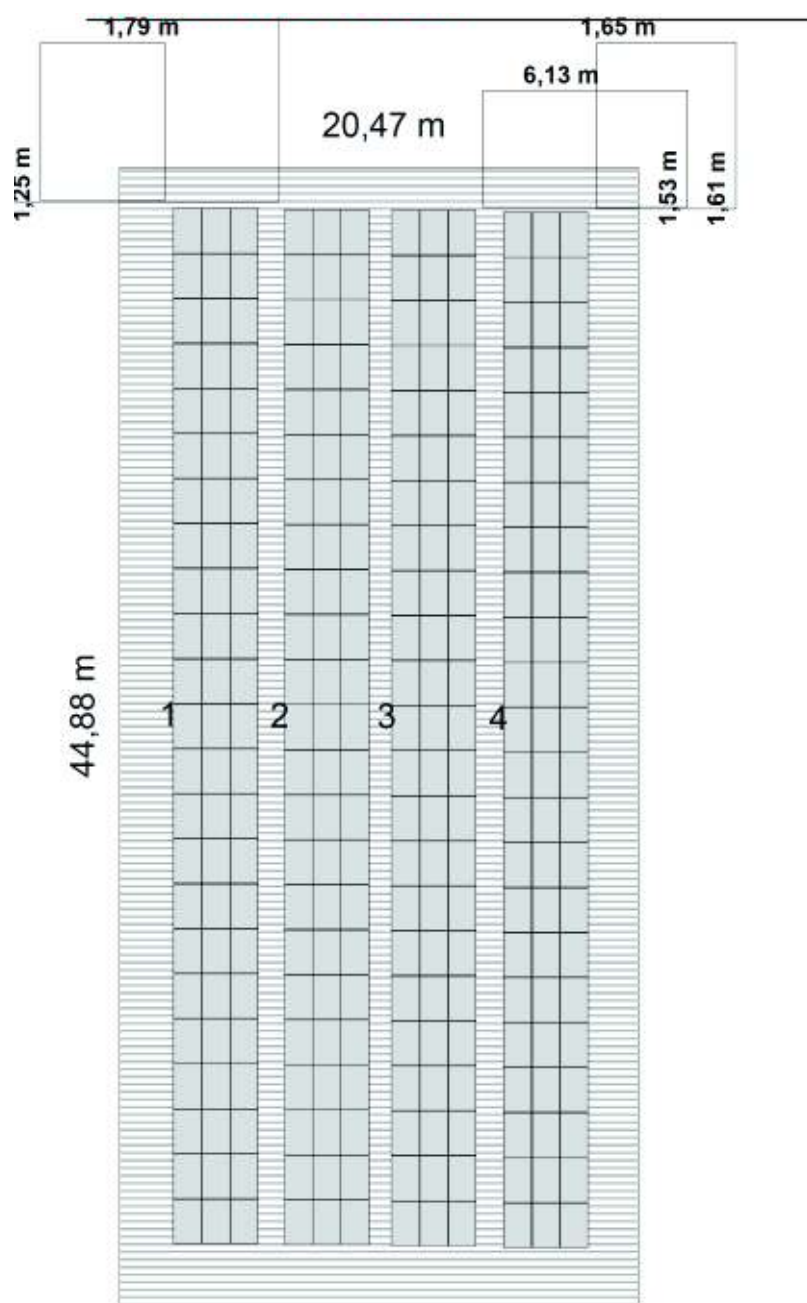
El resum de càrregues superficials a aplicar a l'anàlisi de la coberta, segons els punts anteriors es el següent:

- PP= Panel tipus Hierakustik de 50mm de nucli + omegues + xapa 0.8mm _____ 0.30 kN/m^2
- CM = Plaques fotovoltaïques _____ 0.12 kN/m^2
- N= Neu _____ 0.40 kN/m^2
- V1= Vent pressió _____ 0.088 kN/m^2
- V2= Vent succió _____ 0.39 kN/m^2
- Q1= sobrecàrrega d'us manteniment _____ 0.40 kN/m^2

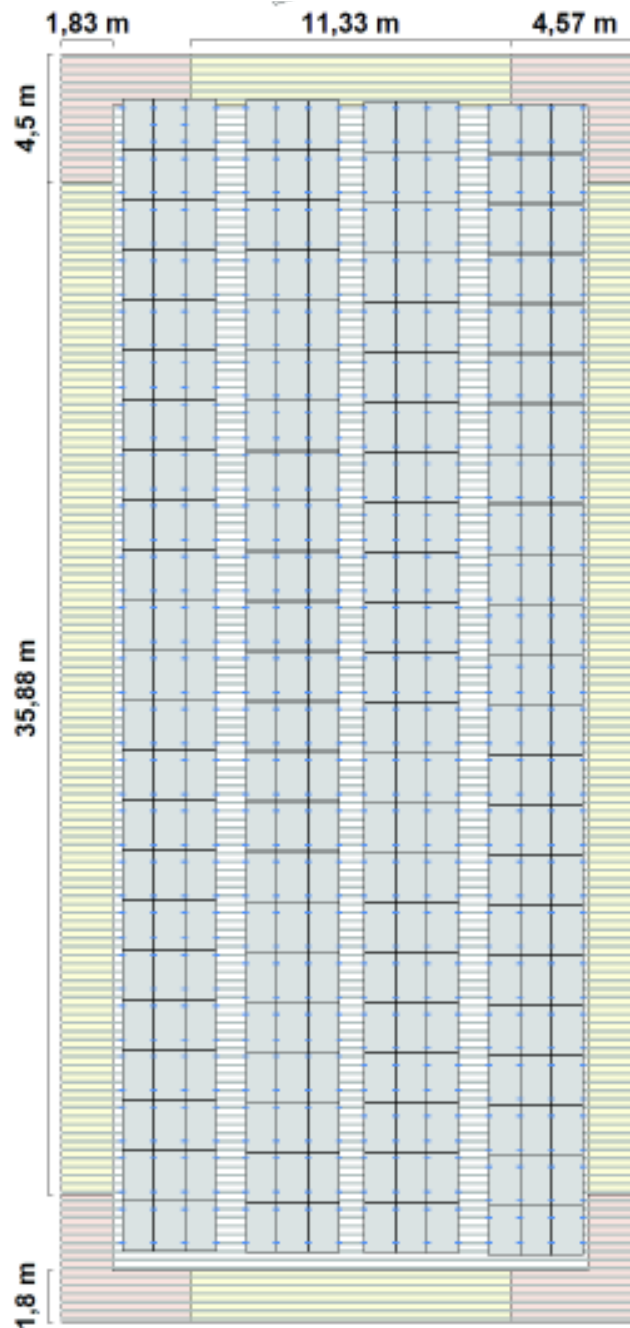
10 ESTUDI I RECOMANACIONS DE LES FIXACIONS PROPOSADES

10.1 PROPOSTA DE PLAQUES FOTOVOLTAIQUES I FIXACIONS SEGONS KMO

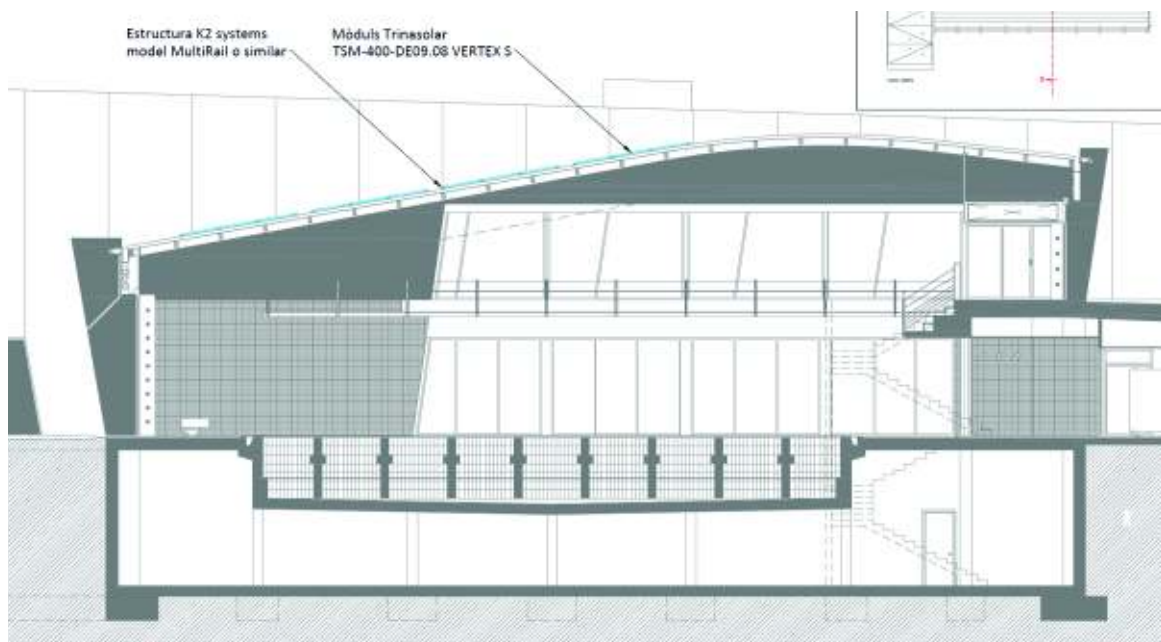
A continuació es mostren unes imatges amb el plantejament de la posició dels mòduls fotovoltaics en planta i secció, la posició de les seves fixacions a la coberta així com alguns detalls dels elements utilitzats per a les fixacions.



Vista en planta de la coberta amb la indicació dels camps de mòduls de plaques fotovoltaïques



Vista en planta dels punts de fixació dels mòduls fotovoltaics



Vista en secció de la coberta amb la indicació dels camps de mòduls de plaques fotovoltaïques

Dates tècniques	
Compte aplicable	MultiRail DE 400 R30
Tipus d'aplicació	• Instal·lació de panells fotovoltaics • MultiRail DE 400 R30
Tipus d'aplicació / Material de base	• Panells de plaques fotovoltaïques • MultiRail DE 400 R30
Requisits	• Plaques de plaques fotovoltaïques • MultiRail DE 400 R30 • Plaques de plaques fotovoltaïques • MultiRail DE 400 R30
Materials	• MultiRail DE 400 R30 • MultiRail DE 400 R30
Altura mínima [mm]	30
Amplada mínima [mm]	30
Tipus de material	• MultiRail DE 400 R30 • MultiRail DE 400 R30 • MultiRail DE 400 R30
Tipus de material	• MultiRail DE 400 R30

Fig. 1.120: Detall de la estructura proposada

Componentes



Tornillos para chapa fina
Con discos obturadores



RailUp Set
/ Mejora la ventilación trasera
/ Simplifica la instalación de microinversores

Modelos de MultiRail



MultiRail 10
/ Longitud 100 mm
/ Montaje horizontal



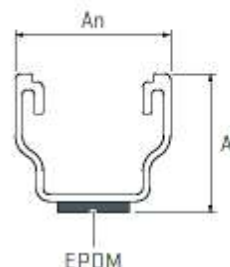
MultiRail 25
/ Longitud 250 mm
/ Para mayor flexibilidad y requerimientos de grandes cargas



MultiRail 4,20
/ Longitud 4.200 mm
/ Perfil largo para cortar a longitudes personalizadas
/ Sin junta EPDM; pegado manual

Datos técnicos

	MultiRail 10, 25, 4,20
Campo de aplicación	Tejados inclinados 5 - 75° con chapa trapezoidal o chapa sándwich
Tipo de fijación / anclaje al techo	Fijación con tornillos para chapa auto-taladrantes
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> Grosor de chapa: ≥ 0,4 mm acero y ≥ 0,5 mm acero aluminio Chapa sándwich; Necesaria autorización del fabricante Anchura de la greca: como mínimo 22 mm Separación entre grecas: independiente
Material	Aluminio [EN AW-6063 T66]; EPDM
An = anchura [mm]	39
Al = Altura [mm]	35
L = longitud de perfil [mm]	<ul style="list-style-type: none"> MultiRail 10: 100 MultiRail 25/4: 250 MultiRail 4,20: 4200
Unión en cruz con	SingleRail



10.2 DIMENSIONAMENT DE LES FIXACIONS SEGONS EL PROJECTE DE KMO AMB EL SISTEMA K2 SYSTEMS

A continuació es mostra la justificació de càlcul facilitada per KMO utilitzant el sistema de fixacions a coberta de K2 SYSTEMS.

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre	Espai blau
Sistema de montaje	MultiRail
Autor	Aitor Diaz de Basurto

UBICACIÓN

Dirección	Passeig de Circumvallació, s/n, 08810 Sant Pere de Ribes, Barcelona, España	
Elevación de terreno	31,08 m	
Tipo de tejado	Tejado a un agua	
Método de fijación	Cubierta del tejado	
Cubierta	Trapezoidal	
Altura del edificio	9,00 m	
Inclinación del tejado	10 °	
Distancia mínima al borde	0,00 m	Calidad de la chapa Acero S235
Distancia entre crestas	300,0 mm	Grosor de la lámina 0,800 mm
Anchura de la cresta	22,0 mm	
Altura de cresta o altura panel sandwich	40,0 mm	

CARGAS

Código de Diseño	UNE EN	Vida útil	25 años
Categoría de daños	CC1		

Presión de velocidad de ráfagas $q_{0,25} = 0,794 \text{ kN/m}^2$

Carga de nieve en suelo $s_k = 0,416 \text{ kN/m}^2$

MÓDULOS

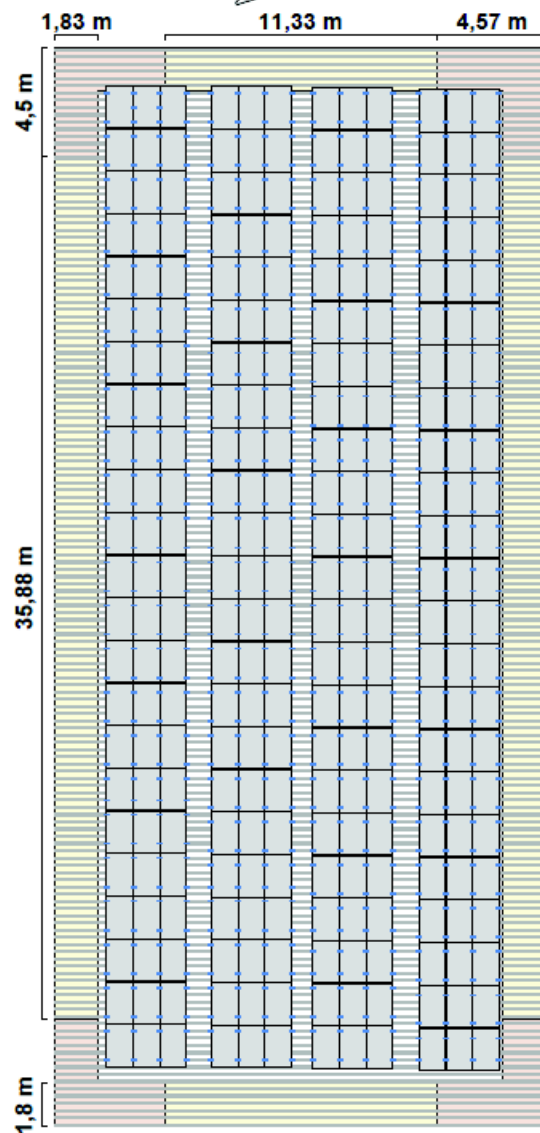
Fabricante	Trina Solar Energy	Cantidad	276
Nombre	TSM-400DE09.08 (Vertex S)	Rendimiento global	110,400 kWp
Dimensiones LaxAnxAI	1754 x 1096 x 30,00 mm		
Peso	21,0 kg		
Rendimiento	400 W		

LEYENDA

- 2,51 Distancia al borde del techo [m]
- Fijación
- Guías de base

CAMPOS DE MÓDULOS

Campo de módulos	Ancho [m]	Longitud [m]	Anchura en módulos	Largo en módulos
1	40,78	3,31	23	3
2	40,78	3,31	23	3
3	40,78	3,31	23	3
4	40,78	3,31	23	3



COMPONENTES

Fijación Thread-forming metal screw 6.0x25
 Guía de base K2 MultiRail

CARGAS EN LOS MÓDULOS

Zona	A-TiA (m²)	Verificación de seguridad estructural (Pa)				Verificación de idoneidad de uso (Pa)			
		Presión Perpendicular	Presión Paralela	Succión Perpendicular	Succión Paralela	Presión Perpendicular	Presión Paralela	Succión Perpendicular	Succión Paralela
Area de campo	1,92	575,7	90,8	-1005,4	19,3	456,7	72,1	-764,9	19,3
Saliente del tejado	1,92	575,7	90,8	-2054,7	19,3	456,7	72,1	-1587,9	19,3
Zona de esquina (cumbrea)	1,92	575,7	90,8	-2532,4	19,3	456,7	72,1	-1962,8	19,3
Zona de esquina (canalón)	1,92	575,7	90,8	-2163,5	19,3	456,7	72,1	-1673,2	19,3

RESULTADO DE LA UTILIZACIÓN

Zona	Tipo de MultiRail	Platina central		Platina final	
		Utilización Platina de módulo	Capacidad de carga Torsión (%)	Utilización Platina de módulo	Capacidad de carga Torsión (%)
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	19,2	22,3
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	38,5	45,2
Zona de esquina (cumbrea)	3 x 100/2	37,9	83,3	47,3	55,5
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	19,2	22,3
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	38,5	45,2
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	19,2	22,3
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	38,5	45,2
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	19,2	22,3
Zona de esquina (canalón)	2 x 100/2	43,4	95,0	40,5	47,5
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	38,5	45,2

INDICACIONES

- Las normas de diseño corresponden a los fundamentos del diseño estructural: UNE-EN 1990:2010.
- Las cargas de nieve se determinan de acuerdo con la norma LST EN 1991-1-3: 2012.
- Las cargas de viento se determinan de acuerdo con la norma LST EN 1991-1-4: 2012.
- La vida útil fue determinada conforme a la norma DIN EN 1991: Acciones en estructuras, cargas de nieve, y la norma DIN EN 1991: Acciones en estructuras, acciones de viento.
- La categoría de daños fue determinada conforme a la norma DIN EN 1990: Bases del diseño estructural.
- Los datos y resultados tienen que ser verificados in situ en cuanto a las condiciones y comprobados por una persona con la cualificación técnica suficiente. Por favor, tenga en cuenta nuestras <http://k2-systems.com/es/base-cgu> condiciones generales de uso (CGU) disponibles, especialmente el Art. 2 ("Condiciones técnicas y profesionales en las instalaciones del cliente"), Art. 7 ("Exclusión de garantías") y Art. 8 ("Exclusión de responsabilidad").

INFORME DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre	Espai blau
Sistema de montaje	MultiRail
Autor	Aitor Diaz de Basurto

UBICACIÓN

Dirección	Passeig de Circumvallació, s/n, 08810 Sant Pere de Ribes, Barcelona, España	
Elevación de terreno	31,08 m	
Tipo de tejado	Tejado a un agua	
Método de fijación	Cubierta del tejado	
Cubierta	Trapezoidal	
Altura del edificio	9,00 m	
Inclinación del tejado	10 °	
Distancia mínima al borde	0,00 m	Calidad de la chapa Acero S235
Distancia entre crestas	300,0 mm	Grosor de la lámina 0,800 mm
Anchura de la cresta	22,0 mm	
Altura de cresta o altura pa nel sandwich	40,0 mm	

CARGAS

Código de Diseño	UNE EN	Vida útil	25 años
Categoría de daños	CC1		

CARGA DE VIENTO

Presión de velocidad de ráfagas	$q_{p,50} = 0,863 \text{ kN/m}^2$
Factor de ajuste de la vida útil	$f_w = 0,921$
Presión de velocidad de ráfagas	$q_{p,25} = 0,794 \text{ kN/m}^2$

ZONAS DEL TEJADO

Zona	Superficie de carga [m ²]	$C_{pe\max}$	$C_{pe\min}$	Presión del viento [kN/m ²]	Acción viento [kN/m ²]
Area de campo	1,92	0,100	-1,101	0,079	-0,874
Saliente del tejado	1,92	0,100	-2,136	0,079	-1,697
Arista de esquina (cumbre)	1,92	0,100	-2,608	0,079	-2,072
Arista de esquina (canal)	1,92	0,100	-2,244	0,079	-1,783

CARGA DE NIEVE

Entorno	Terreno ordinario
Carga de nieve en suelo	$s_k = 0,416 \text{ kN/m}^2$
Rejilla de nieve	No
Coefficiente de forma para nieve	$\mu_i = 0,800$
Factor de inclinación del tejado	$d_i = 0,985$
Carga de nieve en el tejado	$s_{k,50} = 0,327 \text{ kN/m}^2$
Factor de ajuste de la vida útil	$f_t = 0,929$
Carga de nieve en el tejado	$s_{k,25} = 0,304 \text{ kN/m}^2$

CARGA NETA

Peso módulos	$G_M = 21,0 \text{ kg}$		Peso neto módulo	$= 10,92 \text{ kg/m}^2$
Peso del sistema de montaje por área del módulo	$= 0,8 \text{ kg}$		Peso neto sistema de montaje	$= 0,42 \text{ kg/m}^2$
Superficie de módulo	$A_M = 1,92 \text{ m}^2$		Carga neta total (excluyendo lastre)	$= 0,11 \text{ kN/m}^2$

COMBINACIONES DE CARGA

CAPACIDAD DE CARGA

Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente desfavorable (STR)	$\gamma_{G,sup}$	1,35
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente favorable (STR)	$\gamma_{G,inf}$	1,00
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente desestabilizadora (EQU)	$\gamma_{G,dst}$	1,10
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente estabilizadora (EQU)	$\gamma_{G,stab}$	0,90
Coefficiente parcial de seguridad para primera carga variable	γ_Q	1,50
Coefficiente parcial de seguridad para n cargas variables	γ_Q	1,50
Coefficiente de combinación para viento	$\psi_{0,W}$	0,60
Coefficiente de combinación para viento (otras acciones variables)	$\psi_{1,W}$	0,20
Coefficiente de combinación para nieve	$\psi_{0,S}$	0,50
Factor de importancia variable	$k_{FI,Q}$	0,85
Peso muerto característico	G_k	
Carga de nieve característica en el techo	$S_{k,n}$	
Carga de viento característica	W_k	

Combinación de caso de carga 00:	$E_d = \gamma_{G,sup} * k_{FI,G} * G_k + \gamma_Q * k_{FI,Q} * S_{k,n}$
Combinación de caso de carga 02:	$E_d = \gamma_{G,sup} * k_{FI,G} * G_k + \gamma_Q * k_{FI,Q} * W_{k,Presión}$
Combinación de caso de carga 03:	$E_d = \gamma_{G,sup} * k_{FI,G} * G_k + \gamma_Q * k_{FI,Q} * (W_{k,Presión} + \psi_{0,S} * S_{k,n})$
Combinación de caso de carga 04:	$E_d = \gamma_{G,sup} * k_{FI,G} * G_k + \gamma_Q * k_{FI,Q} * (S_{k,n} + \psi_{0,W} * W_{k,Presión})$
Combinación de caso de carga 05:	$E_d = k_{FI,G} * G_k + \gamma_A * k_{FI,A} * S_{k,n} + k_{FI,Q} * \psi_{1,W} * W_{k,Presión}$
Combinación de caso de carga 06:	$E_d = \gamma_{G,inf} * G_k + \gamma_Q * k_{FI,Q} * W_{k,Succión}$

IDONEIDAD DE USO

Coefficiente de combinación para viento	$\psi_{0,W}$	0,60
Coefficiente de combinación para nieve	$\psi_{0,S}$	0,50

Combinación de caso de carga 00:	
Combinación de caso de carga 01:	$E_d = G_k + S_{k,n}$
Combinación de caso de carga 02:	$E_d = G_k + W_{k,Presión}$
Combinación de caso de carga 03:	$E_d = G_k + W_{k,Presión} + \psi_{0,S} * S_{k,n}$
Combinación de caso de carga 04:	$E_d = G_k + S_{k,n} + \psi_{0,W} * W_{k,Presión}$
Combinación de caso de carga 06:	$E_d = G_k + W_{k,Succión}$

IMPACTO MÁXIMO

Zona	Verificación de seguridad estructural [kN/m ²]				Verificación de idoneidad de uso [kN/m ²]			
	Presión Perpendicular	Presión Paralelo	Succión Perpendicular	Succión Paralelo	Presión Perpendicular	Presión Paralelo	Succión Perpendicular	Succión Paralelo
Area de campo	0,576	0,091	-1,005	0,019	0,457	0,072	-0,765	0,019
Saliente del tejado	0,576	0,091	-2,055	0,019	0,457	0,072	-1,588	0,019
Area de esquina (cumbre)	0,576	0,091	-2,532	0,019	0,457	0,072	-1,963	0,019
Area de esquina (canal)	0,576	0,091	-2,163	0,019	0,457	0,072	-1,673	0,019

VALORES DE RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES

PLETINA DE MÓDULO

No. mpo de módulo	Pletina de módulo	R _{0,Succión Perpendicular} [kN]	R _{0,Presión Perpendicular} [kN]	R _{0,Presión Paralelo} [kN]
1	MiddleClamp XS Set 30-33	5,00	-	1,04
1	EndClamp Set 30-31	2,62	-	1,16
2	MiddleClamp XS Set 30-33	5,00	-	1,04
2	EndClamp Set 30-31	2,62	-	1,16
3	MiddleClamp XS Set 30-33	5,00	-	1,04
3	EndClamp Set 30-31	2,62	-	1,16
4	MiddleClamp XS Set 30-33	5,00	-	1,04
4	EndClamp Set 30-31	2,62	-	1,16

GUÍA DE BASE

No. mpo de módulo	Guía de base	A [cm ²]	I _y [cm ⁴]	I _x [cm ⁴]	W _y [cm ³]	W _x [cm ³]
1 - 4	K2 MultiRail	2,160	2,66	4,74	1,65	2,43

FIJACIÓN

No. mpo de módulo	Fijación	R _{0,Succión Perpendicular} [kN]	R _{0,Presión Perpendicular} [kN]	R _{0,Presión Paralelo} [kN]
1 - 4	Thread-forming metal screw 6.0x25	1,11	-	0,95

RESULTADO DE LA UTILIZACIÓN

Zona	Tipo de Pletina de módulo	Pletina central		Pletina final	
		Utilización Pletina de módulo	Capacidad de carga Tornillo (%)	Utilización Pletina de módulo	Capacidad de carga Tornillo (%)
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	19,2	22,3
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	38,5	45,2
Area de esquina (cumbre)	3 x 100/2	37,9	83,3	2 x 100/2 47,3	55,5
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	2 x 100/2 19,2	22,3
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	2 x 100/2 38,5	45,2
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	2 x 100/2 19,2	22,3
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	2 x 100/2 38,5	45,2
Area de campo	2 x 100/2	21,1	44,7	2 x 100/2 19,2	22,3
Area de esquina (canal)	2 x 100/2	43,4	95,0	2 x 100/2 40,5	47,5
Saliente del tejado	2 x 100/2	41,3	90,3	2 x 100/2 38,5	45,2

EL SISTEMA SE HA VERIFICADO CORRECTAMENTE.

10.3 COMENTARIS GENERALS RELATIUS ALS ELEMENTS DE SUPORT DE COBERTA I A LES FIXACIONS

La fixació dels panells es farà mitjançant tacs químics adients ancorats a la capa de morter i al tauler ceràmic. Aquestes fixacions hauran de perforar la làmina o panell impermeable, motiu per el qual s’hauran de segellar amb precisió cada perforació al voltant de l’element de fixació per evitar qualsevol tipus de filtracions.

Les fixacions segons el projecte de *KMO* s’han dimensionat per assolir succions de valor segons la següent taula:

Zona	Verificación de seguridad estructural [kN/m ²]				Verificación de idoneidad de uso [kN/m ²]			
	Presión Perpendicular	Presión Paralelo	Succión Perpendicular	Succión Paralelo	Presión Perpendicular	Presión Paralelo	Succión Perpendicular	Succión Paralelo
Area de campo	0,576	0,091	-1,005	0,019	0,457	0,072	-0,765	0,019
Saliente del tejado	0,576	0,091	-2,055	0,019	0,457	0,072	-1,588	0,019
ra de esquina (cumbre	0,576	0,091	-2,532	0,019	0,457	0,072	-1,963	0,019
ina de esquina (canaló	0,576	0,091	-2,163	0,019	0,457	0,072	-1,673	0,019

Donat que la posició de les plaques fotovoltaïques evitaran les posicions més desfavorables de succions, (zones de cantonades i vores) el valor a considerar serà el de “Àrea de campo” el qual es de -0765 kN/m².

Segons els valor obtingut segons el CTE SE-AE, evitant les zones més desfavorables de cantonades i vores el valor de la succió resulta de 0.39 kN/m², valor sensiblement inferior al considerat als càlculs de *KMO*. Per aquest motiu el dimensionament ha estat del costat de la seguretat.

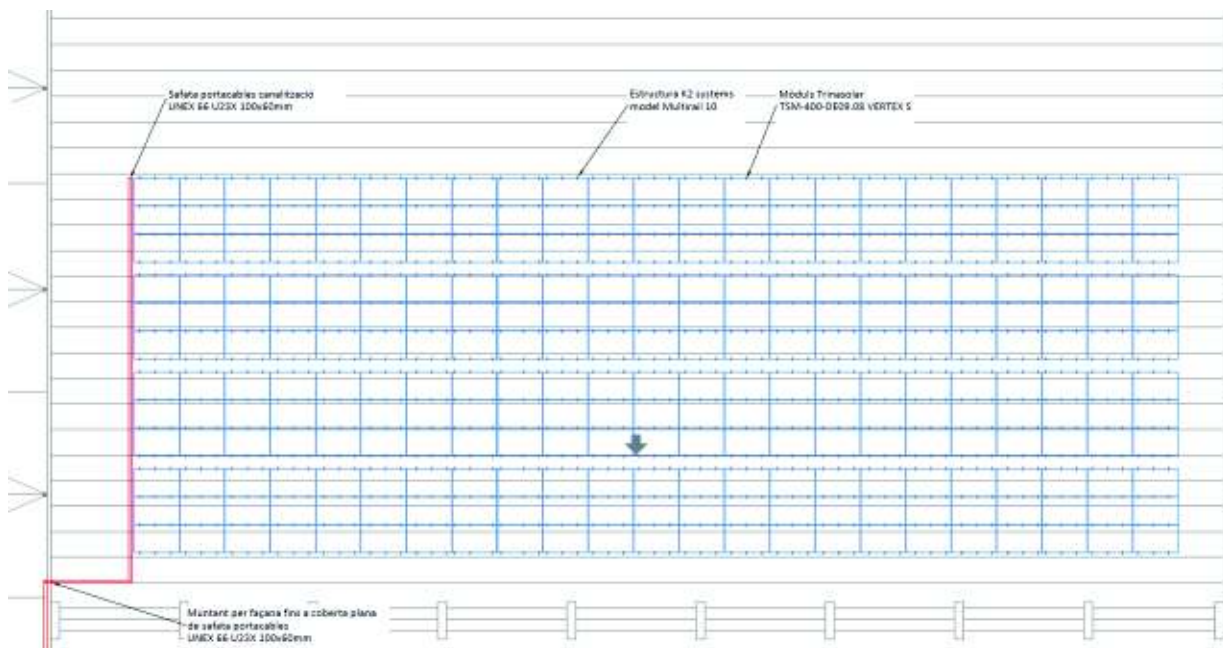
Es pot afirmar que el sistema de coberta descrit al punt 7 del present informe tècnic està en bon estat i s’ha comportat adequadament durant la seva vida útil, quan es va realitzar la reparació de la coberta (any 2006) fa més de 15 anys. Els sistema de perfils omega i xapa trapezoidal fixats ales corretges de fusta de l’estructura de la coberta ha funcionat correctament front les càrregues gravitatòries i les càrregues de vent de pressió i succió durant la seva vida útil.

La instal·lació dels panells fotovoltaics a la coberta implica l’addició d’una càrrega gravitatòria addicional a coberta d’uns 0.12 kN/m². Aquesta càrrega de pes propi dels panells s’oposa a les succions de vent a la coberta, que es l’acció més desfavorable des del punt de vista de la verificació de les fixacions existents entre els diferents elements descrits al punt 7.

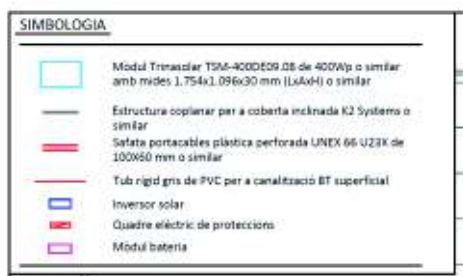
Podem afirmar, per tant, que la nova instal·lació de plaques fotovoltaïques no minvarà els factors de seguretat de les fixacions existents front les succions de vent.

La proposta inicial de fixacions segons els càlculs de *KMO* amb el sistema *K2SYSTEMS* era de 4 fixacions per panell. Del costat de la seguretat, es va proposar la disposició de 6 fixacions per panell de manera que les forces d’arrencament puntuals a cada fixació treballin amb uns factors de seguretat més elevats.

La disposició de la proposta final de fixació dels panells es mostra a la figura següent:



Vista en planta dels punts de fixació dels mòduls fotovoltaics



Els amidaments d'elements de fixació inicials i modificats es mostren a les següents taules:

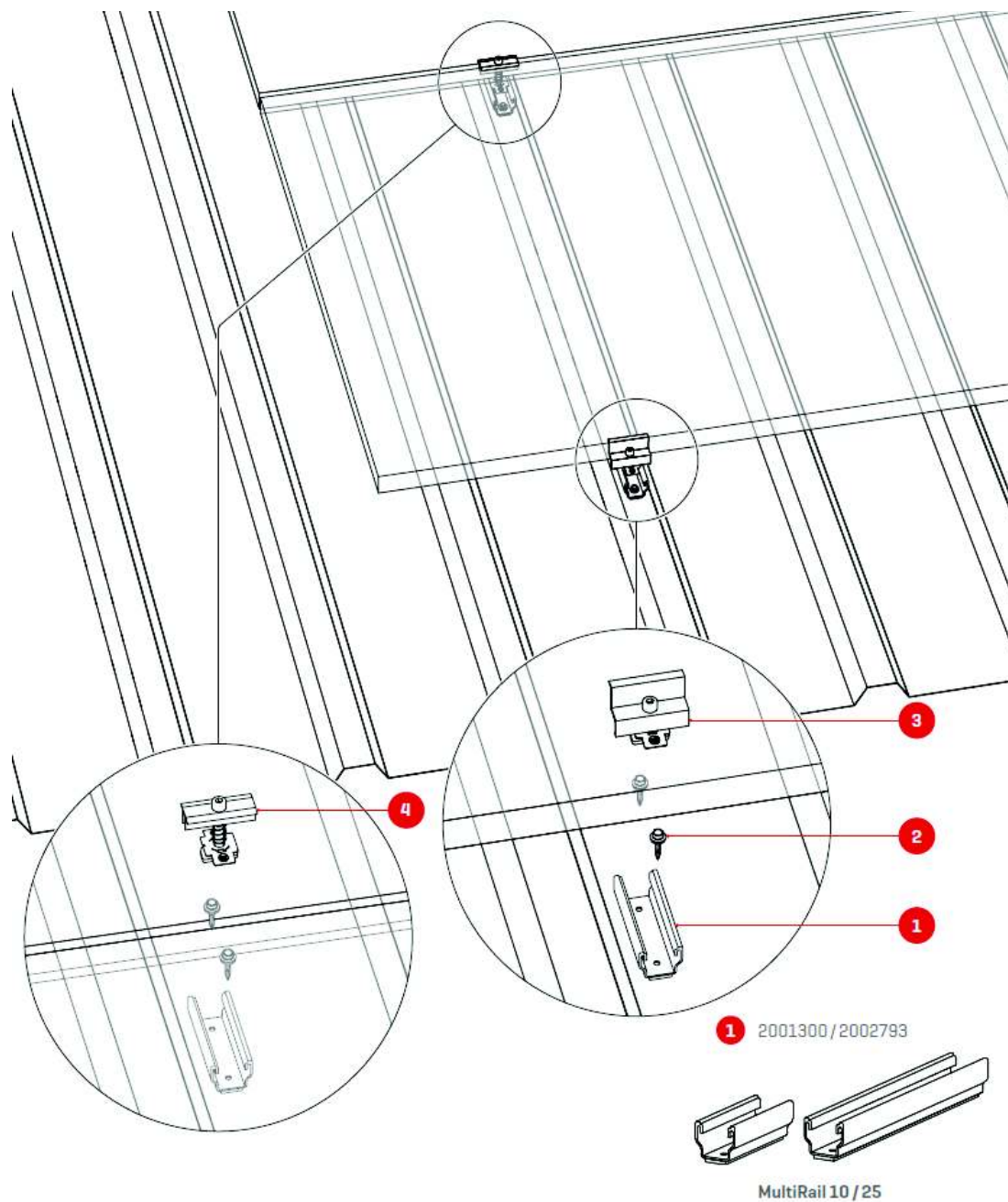
PROPOSTA INICIAL DE PROJECTE		
Articles	Quantitat	
Thread-forming metal screw 6.0x25	1600	
End clamp Set 30-31	368	
Middle Clamp XS Set 30-33	370	
MultiRail 10	750	

PROPOSTA REFORZADA AMB FIXACIONS ADDICIONALS			
Articles	Quantitat	Adicionals	Totals
Thread-forming metal screw 6.0x25	1600	732	2332
End clamp Set 30-31	368	184	552
Middle Clamp XS Set 30-33	370	182	552
MultiRail 10	750	366	1116

10.4 DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE MUNTATGE SEGONS SISTEMA K2 SYSTEMS

El muntatge general de les fixacions i els altres elements de suport dels panells fotovoltaics es descriu a continuació segons el fabricant K2 SYSTEMS.

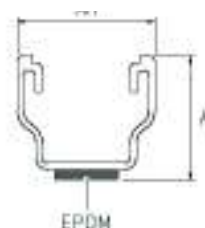
Vista 3D dels diferents components del sistema de fixació:



<p>2 1005207</p>  <p>Tornillo autotrajador con disco obturador</p>	<p>3 N.º de artículo específico de la instalación</p>   <p>Pinza lateral de módulos estándar Alternativ OneEnd</p>	<p>4 N.º de artículo específico de la instalación</p>   <p>Pinza intermedia de módulos XS Alternativ OneMid</p>
--	---	--

Els elements *Multirail* disposen a la seva cara inferior una banda d'EPDM per adaptar-se millor a la superfície de la xapa de coberta així com per millorar la impermeabilitat:

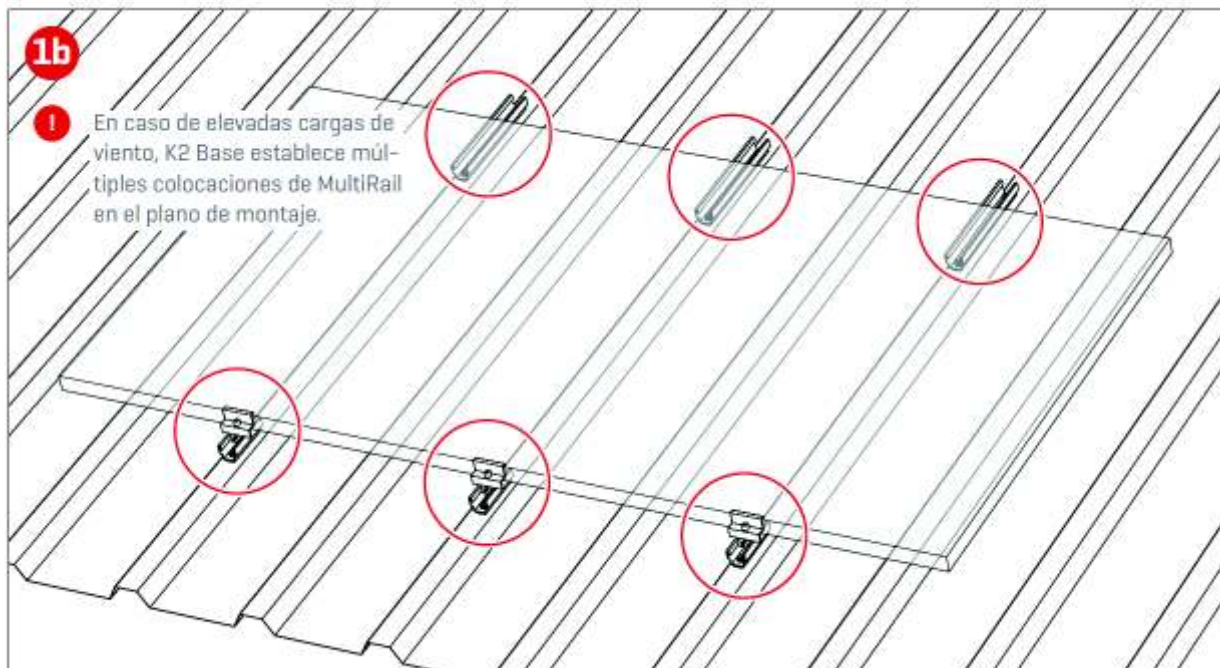
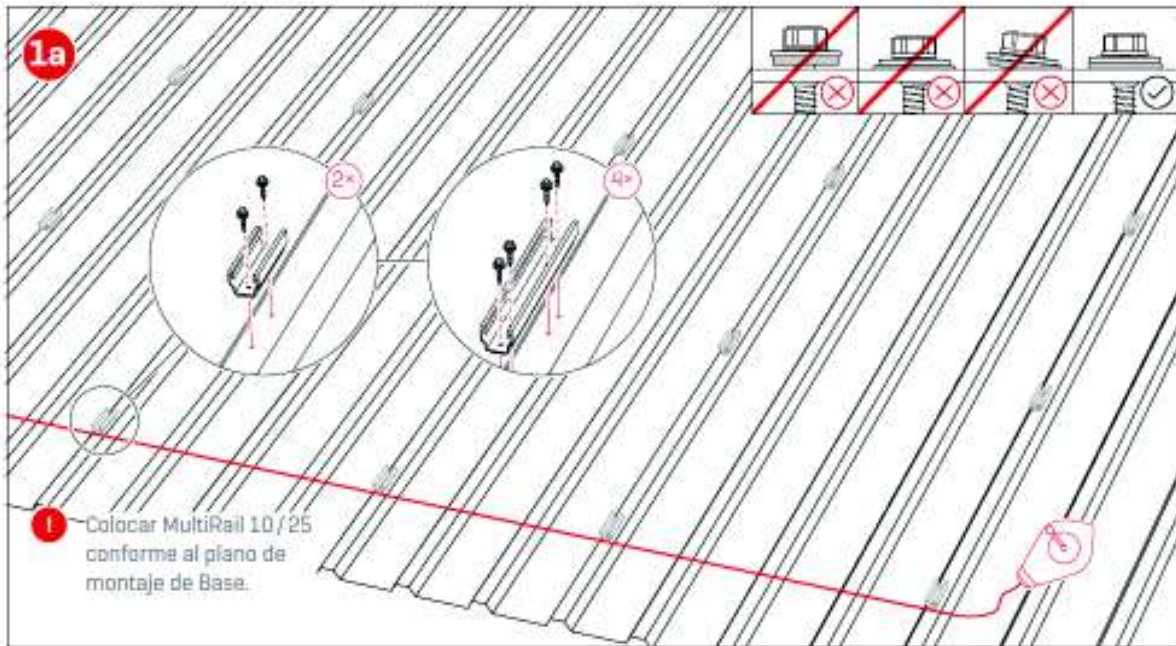
MultiRail 10, 25, 4,20	
Campo de aplicación	Tejados inclinados 5 - 75° con chapa trapezoidal o chapa sandwich
Tipo de fijación / anclaje al techo	Fijación con tornillos para chapa auto-taladrantes
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Grosor de chapa: ≥ 0,8mm acero y ≥ 0,5mm acero aluminio • Chapa sandwich: Necesaria autorización del fabricante • Anchura de la grieta: como máximo 22mm • Separación entre grietas: independiente
Material	Aluminio (EN AW-6063 T66); EPDM
An = anchura [mm]	39
Al = Altura [mm]	35
L = longitud de perfil [mm]	<ul style="list-style-type: none"> • MultiRail 10: 100 • MultiRail 25/4: 250 • MultiRail 4,20: 4200
Unión en cruz con	SingleRail

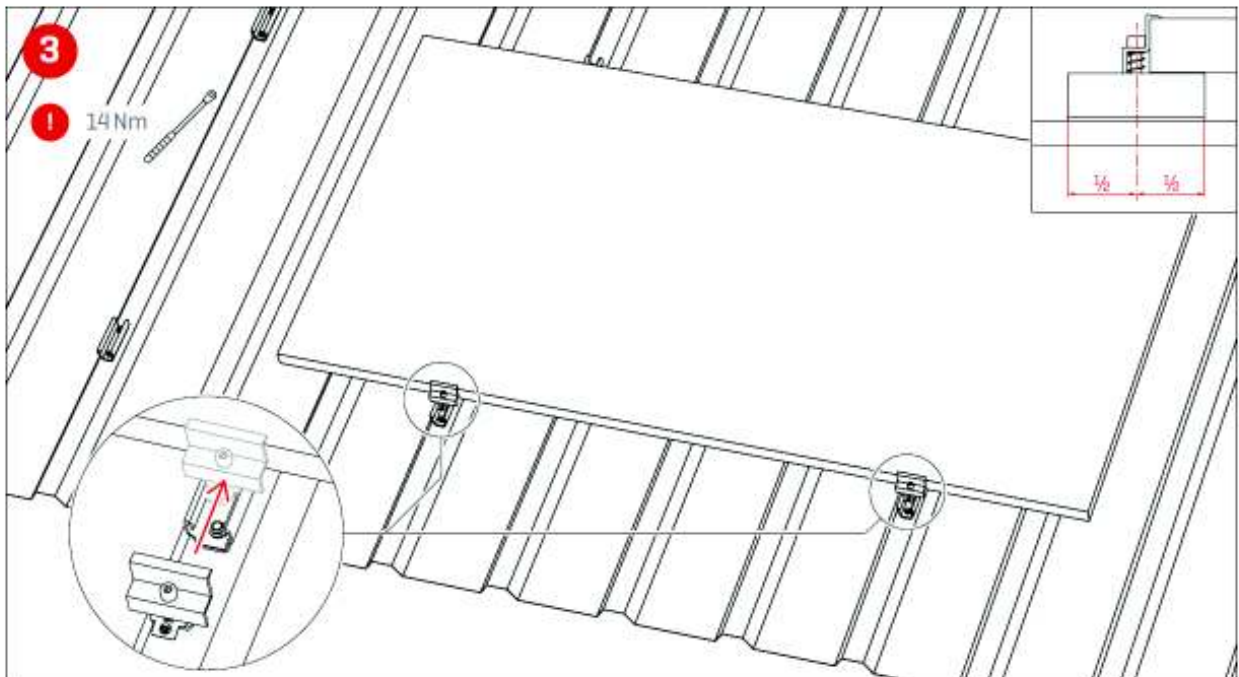
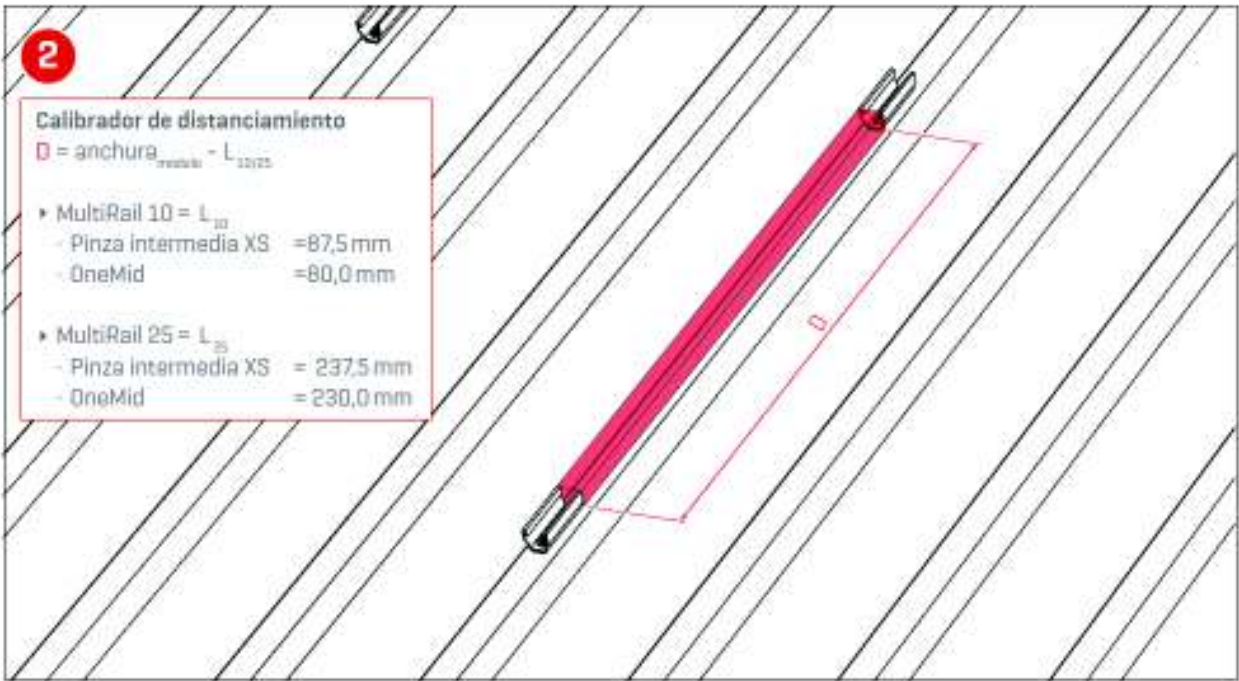


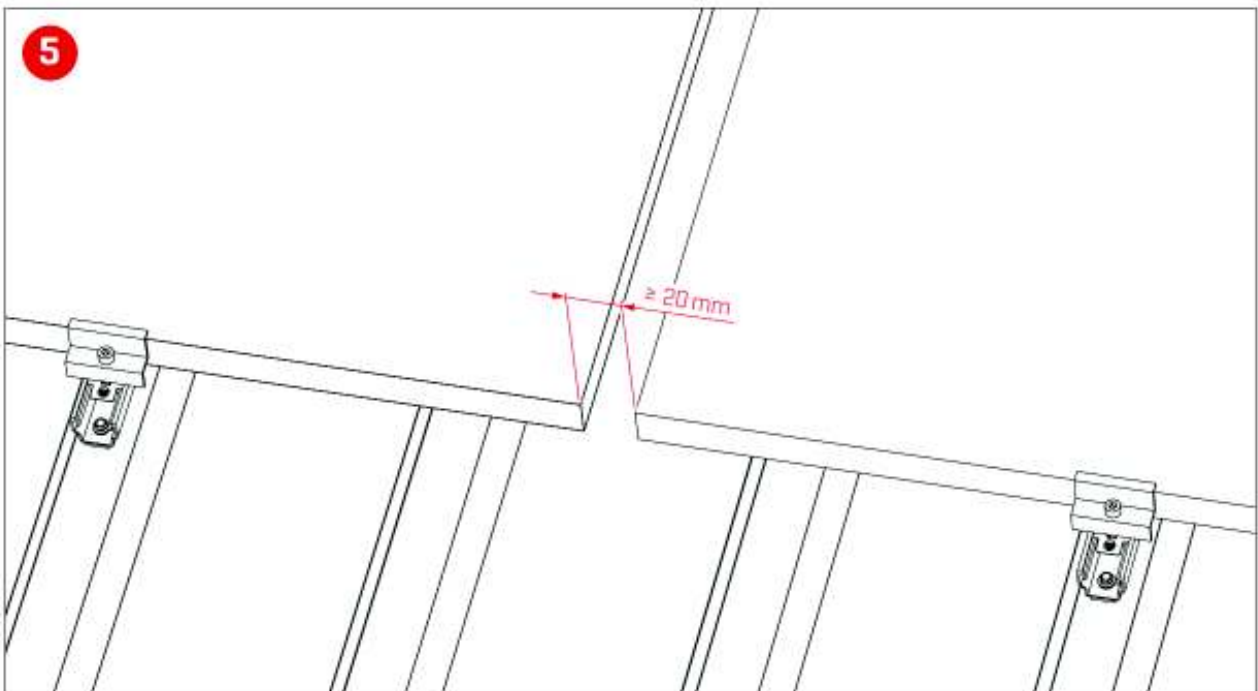
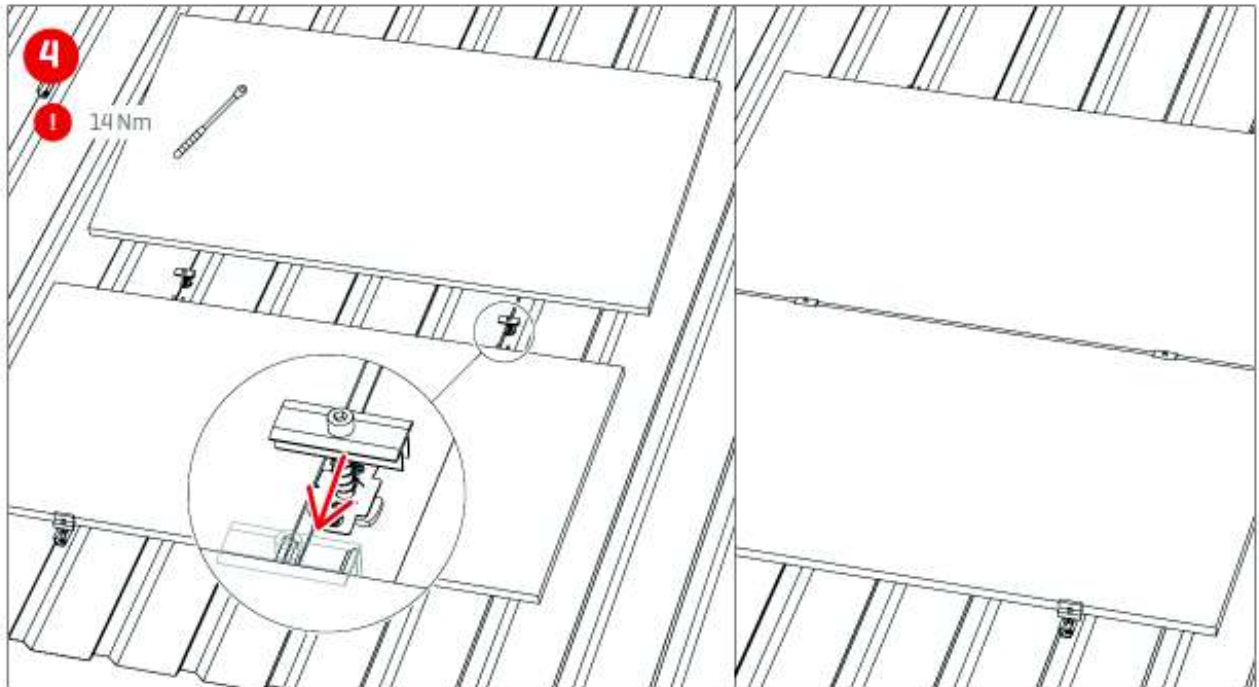
La banda EPDM Standard del sistema K2 te unes mides mínimes de 30x3mm

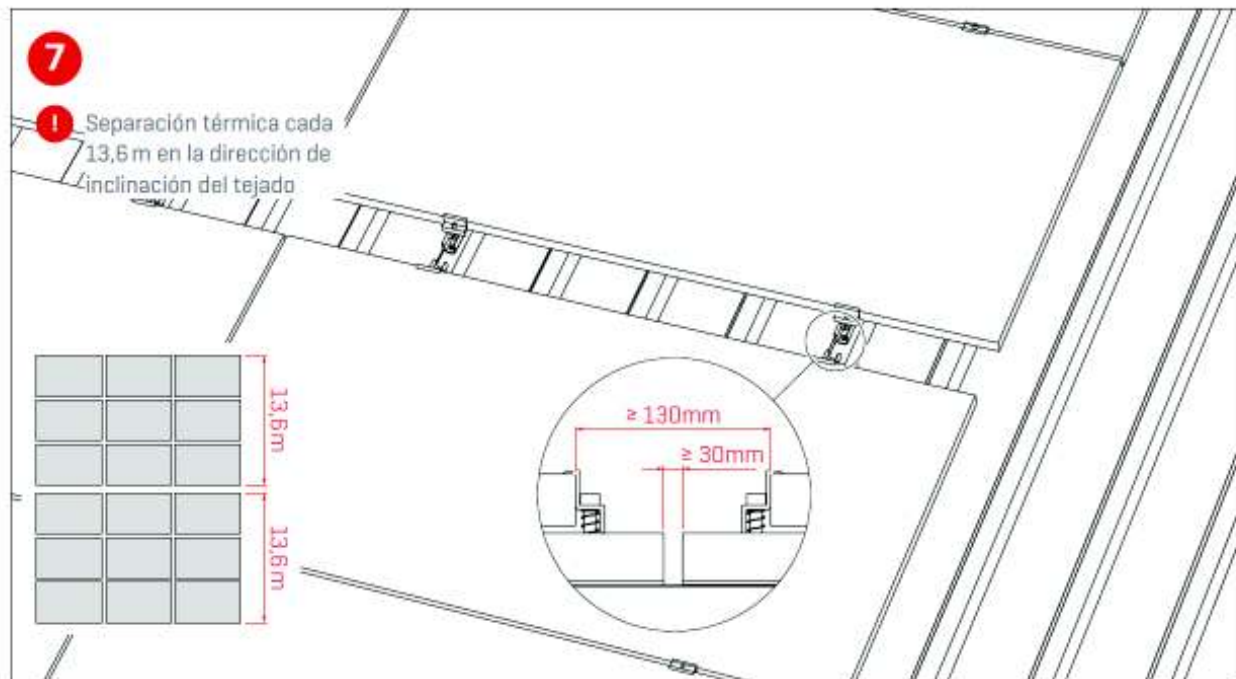
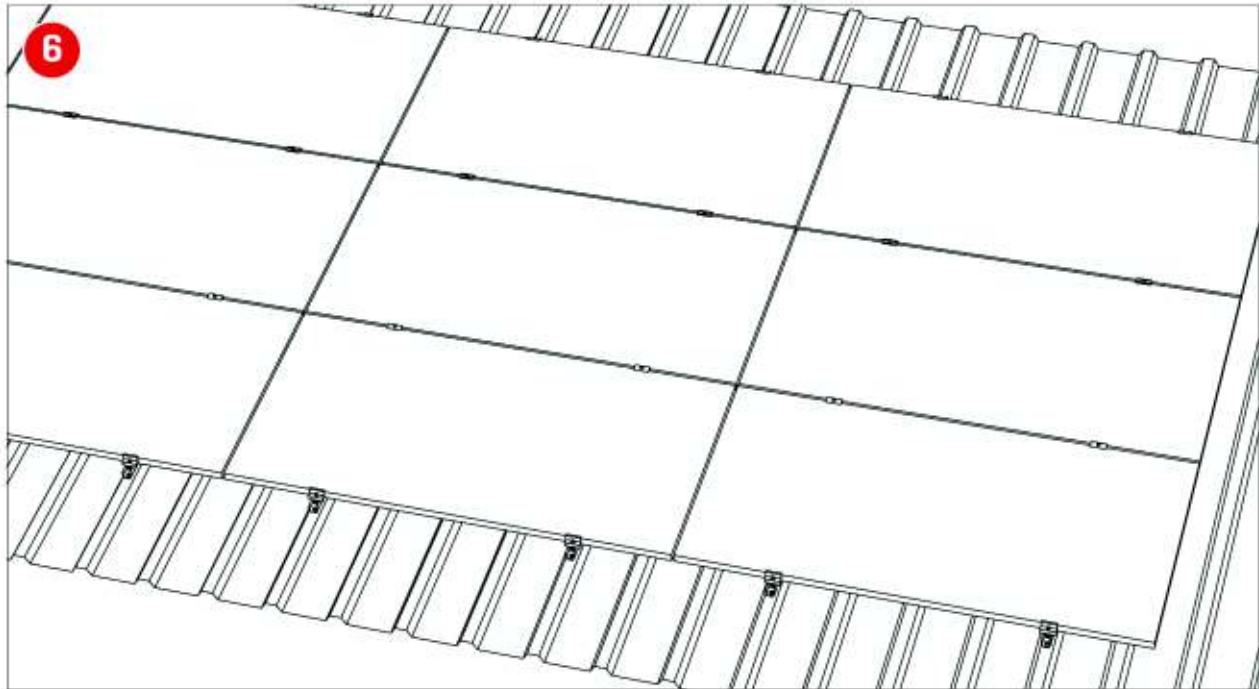


Vista 3D de les diferents fases de muntatge:









11 NORMATIVA.

11.1 NORMATIVA BÀSICA

- DB-SE, "Documento Básico SE Seguridad estructural"
- DB-SE-AE, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acciones en la edificación"
- DB-SE-M, "Documento Básico SE Seguridad estructural Madera"
- 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".

A Barcelona, a 10 de novembre de 2022

**FELEZ
GARCIA
CARLOS
JAVIER -
46142398M**

Firmado
digitalmente por
FELEZ GARCIA
CARLOS JAVIER -
46142398M
Fecha: 2022.11.10
03:25:57 +01'00'



Carlos Félez García
Enginyer Industrial
Col·legiat nº 13828