

Informe estructural **CONTENIDORS MARITIMS.**
Departament d'Infraestructures i Equipaments
Àrea de Drets Socials, Ajuntament de Barcelona



Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP
www.diagonalarquitectura.cat
Tel. 93.284.02.24

INFORME
PER A LA COMPROVACIÓ ESTRUCTURAL DELS CONTENIDORS MARITIMS TIPUS
PER A LA SEVA UTILITZACIÓ COM A HABITATGE AMB APILAMENT DE FINS A 7
ALÇADES.

INFORME

Informe estructural per a la comprovació i càlcul dels contenidors tipus STEEL DRY CARGO CONTAINER, per a la seva utilització com a habitatge amb apilament de fins a 7 alçades.

Encàrrec:

Aquest informe ha estat encarregat per :
Departament d'Infraestructures i Equipaments
Àrea de Drets Socials
Ajuntament de Barcelona
Passeig de Sant Joan, 75, 8 pl.
Barcelona 08009

Objecte:

L'objecte d'aquest informe és verificar els elements estructurals que conformen un contenidor estàndard de mercaderies segons la normativa ISO/TC-104 "General purpose containers" i les seves derivades:

ISO 830 *Freight containers-Terminology.*
ISO 668 *Series 1 freight containers-Classification, external dimensions and ratings.*
ISO 6346 *Freight containers-Coding, identification and marking.*
ISO 1161 *Series 1 freight containers-Corner castings-specification.*
ISO 1496-1 *Series 1 freight containers-Specification and testing- Part 1 : General cargo containers*

Per poder verificar el seu ús com habitatge en alçada amb un apilament de fins a set plantes, d'acord amb les accions i coeficients de seguretat establerts en el CTE (Código técnico de la Edificación).

Redactors:

Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP.
Romà Crespiera i Ollé, arquitecte. Col. 30071/3
Eduard Simó i González, arquitecte. Col. 30091/8

Barcelona 2018

ÍNDEX

INFORME..... 2

1. Antecedents:..... 4

2. Modelització:..... 5

3. Accions considerades:..... 11

4. Normes considerades..... 12

5. Mètode de càlcul.- 13

6. Procediment de càlcul.- 13

7. Deformacions:..... 14

8. Esforços:..... 16

 8.1. Comprovació perfils anteriors de cantonada:..... 19

 8.2. Comprovació perfils posteriors de cantonada: 20

9. Fonaments:..... 21

 9.1. Can Batlló:..... 21

 9.2. Ciutat Vella..... 22

 9.3. Plaça de Les Glòries 23

10. Conclusions:..... 24

1. Antecedents:

El projecte APROP sorgeix del fet que Barcelona requereix solucions urgents per abordar la crisi d'emergència habitacional que està patint, en mig d'un cicle alcista dels preus de lloguer sense precedents que està molt per sobre de les capacitats econòmiques d'una àmplia part del veïnat de la ciutat. A fi d'augmentar de forma urgent les solucions d'allotjament provisional de la ciutat, l'àrea de Drets Socials de l'Ajuntament de Barcelona impulsa nous formats d'allotjament que puguin estar en servei abans que l'obra convencional i permetin planificar i executar la substitució de forma progressiva dels models d'allotjament temporal menys idonis per als processos d'inclusió social.

El projecte APROP – Allotjaments de Proximitat temporal –consisteix en la instal·lació de grups de mòduls o cabines prefabricades i mòbils per a allotjament temporal en espais d'oportunitats situats als entorns allà on les persones veïnes en procés d'exclusió residencial fan la seva vida quotidiana.

Persegueix els següents objectius socials:

- a) permetre l'allotjament de forma ràpida i pròxima als espais d'origen de la població exclosa i en perill d'exclusió residencial, garantint-ne per tant el dret al barri i afavorint el seu arrelament.
- b) La substitució d'altres models d'allotjament temporal menys eficients tant per la distància de les persones usuàries al seu barri d'origen com per la major precarietat de les solucions actuals.
- c) barreja de persones. Al ser solucions individuals a baix cost permeten barrejar diferents tipus de persones.

Per altra banda, persegueix els següents objectius en l'entorn urbà:

- d) L'ús temporal d'espais d'oportunitat vacants, permetent-ne la seva activació provisional per a garantir el dret al barri de la població exclosa i afavorint el seu procés d'inserció.
- e) La combinació amb altres elements, com horts urbans, cobertes verdes i energies renovables.
- f) La reducció de l'impacte ambiental, reduint al màxim l'ús d'elements i components que s'hagin de descartar en el moment en el qual els mòduls d'allotjament han de ser transportats a una nova ubicació.

A més a més planteja afavorir en la participació ciutadana i comptar amb una viabilitat econòmica vinculada al reduït cost de la promoció.

A partir d'aquestes premisses es planteja la utilització de contenidors marítims com els elements modulars i prefabricats, que amb diferents agrupacions conformin els edificis que donin resposta als objectius que el projecte APROP planteja.

S'estableixen tres emplaçaments possibles i es realitzen tres avantprojectes que defineixen la disposició i agrupació dels contenidors i les solucions arquitectòniques per conformar els edificis. Aquest són els que serveixen com a base del present estudi per valorar la viabilitat estructural de la utilització dels contenidors marítims per conformar edificis de pisos d'entre 4 i 7 plantes sense una estructura de suport addicional.

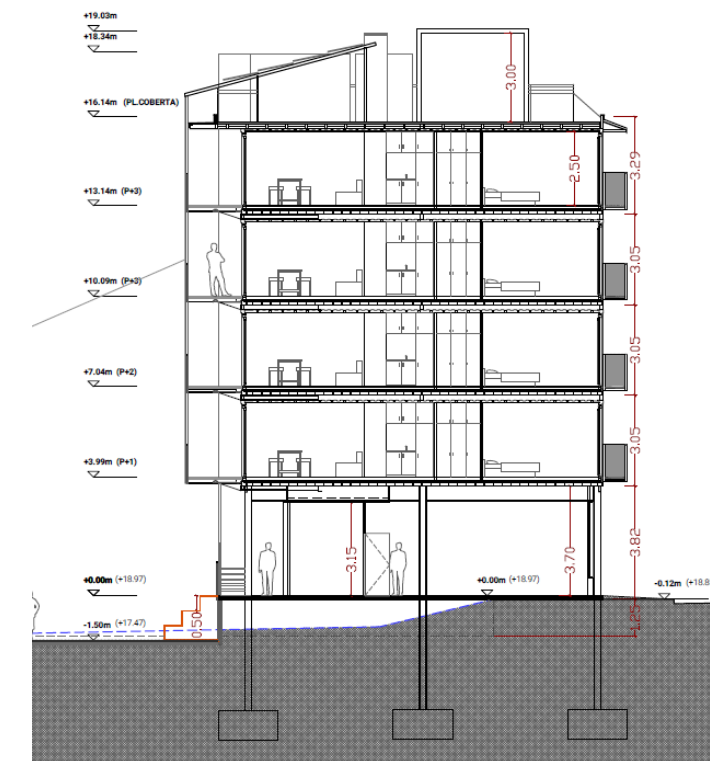
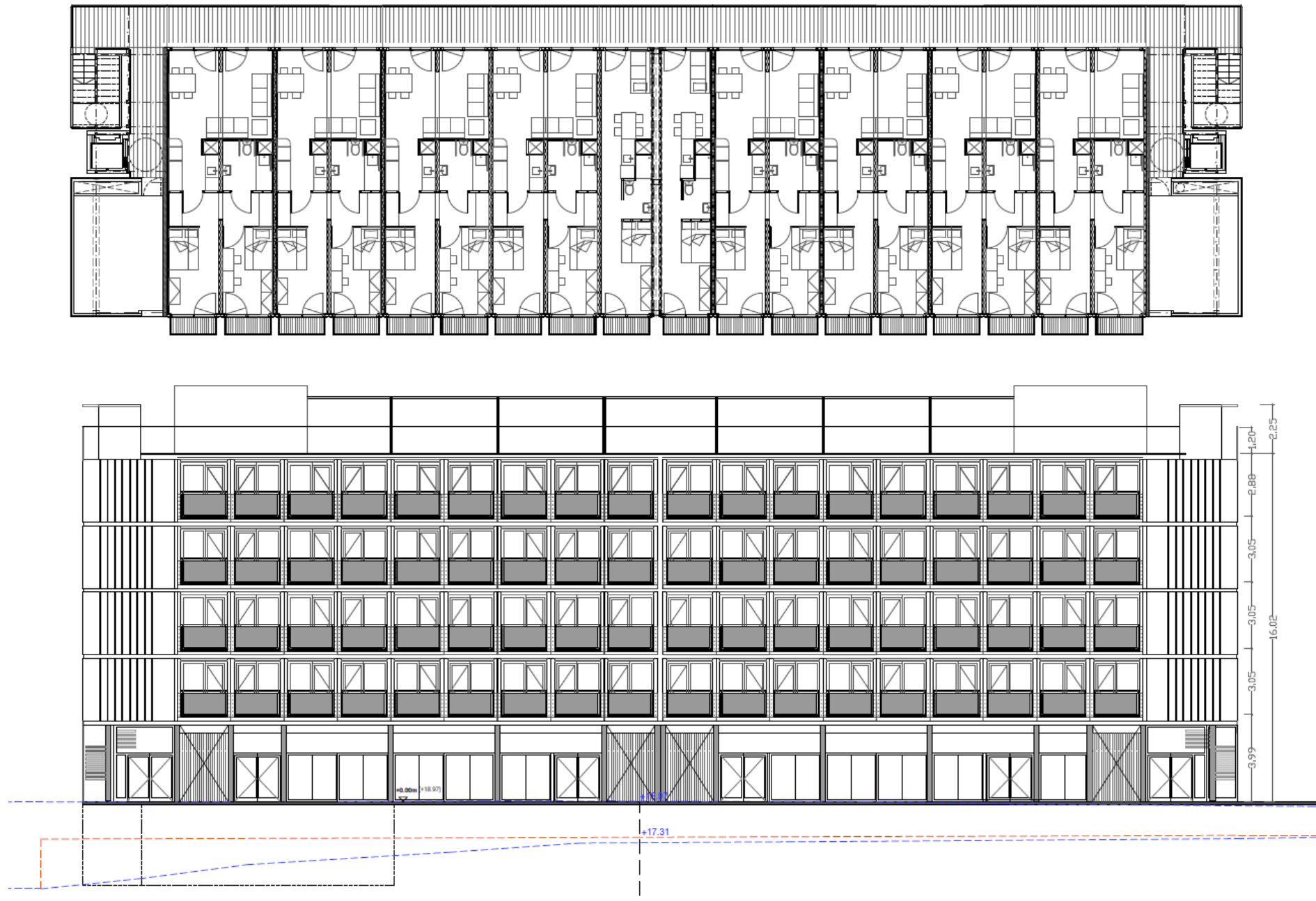
Totes tres propostes parteixen d'unes premisses bàsiques pel que fa referència a l'estructura:

- Els contenidors marítims seran els existents en el mercat de dimensió gran es a dir 12x2.4x2.9 metres
- Les unitats d'habitatge seran d'un sol contenidor o amb agrupació de dos.
- La unitat d'un habitatge senzill, un sòl contenidor, únicament modificarà pel que fa a la xapa de tancament, les dues façanes curtes.
- La unitat de d'un habitatge doble, dos contenidors agrupats per la seva cara llarga, modificarà mínimament la xapa d'una de les cares llargues per permetre la connexió entre els dos contenidors i les dues façanes curtes.
- Els contenidors es situaran a partir d'una estructura metàl·lica que conformarà la planta baixa de l'edifici.
- Els nuclis de comunicacions verticals també es conformaran a partir d'una estructura metàl·lica

Els tres projectes realitzats són:

AVANTPROJECTE 40 ALLOTJAMENTS DE PROXIMITAT TEMPORALS
EMPLAÇAMENT CARRER MOSSÈN AMADEU OLLER 17-21, LA BORDETA
08014 BARCELONA

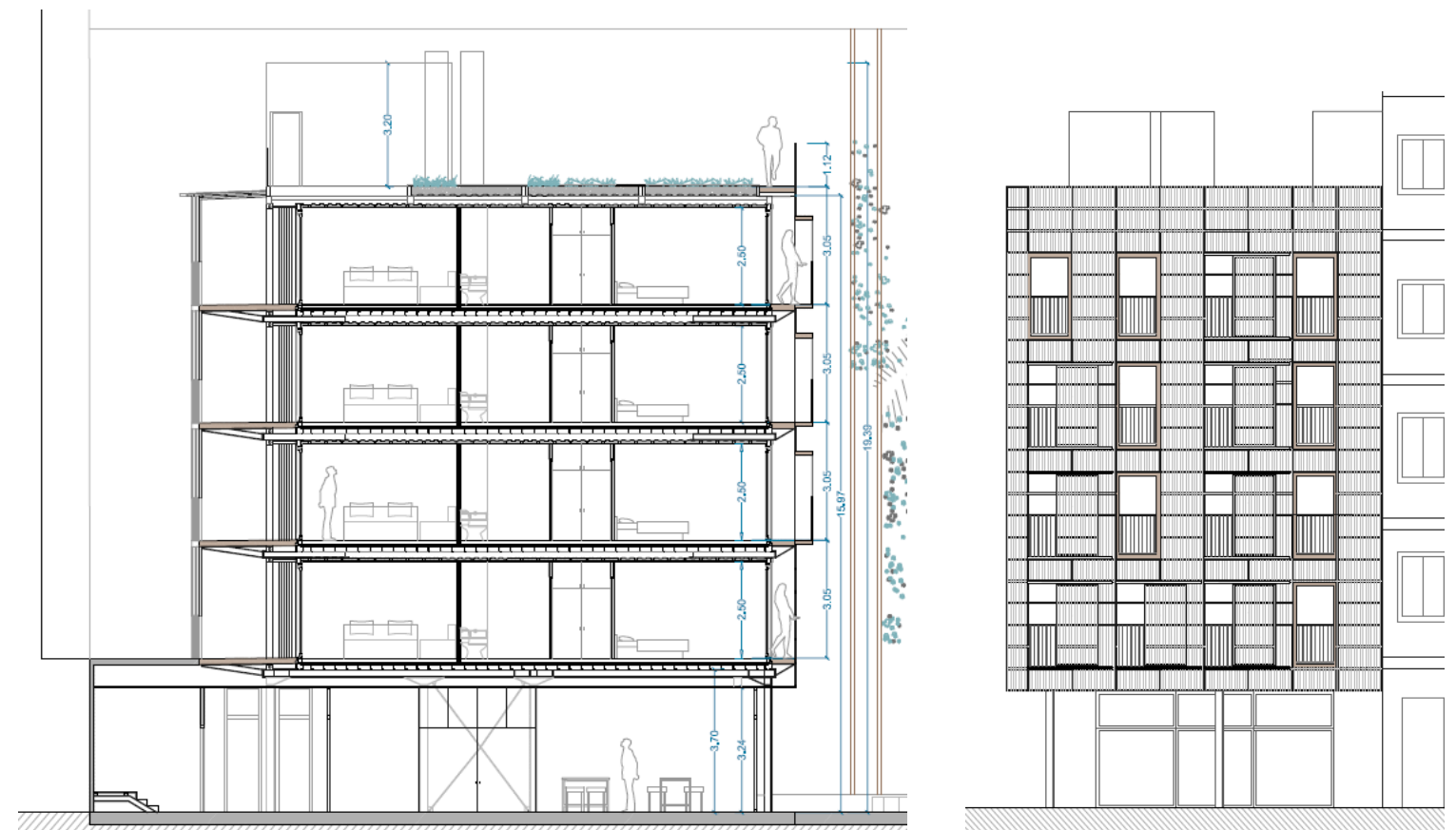
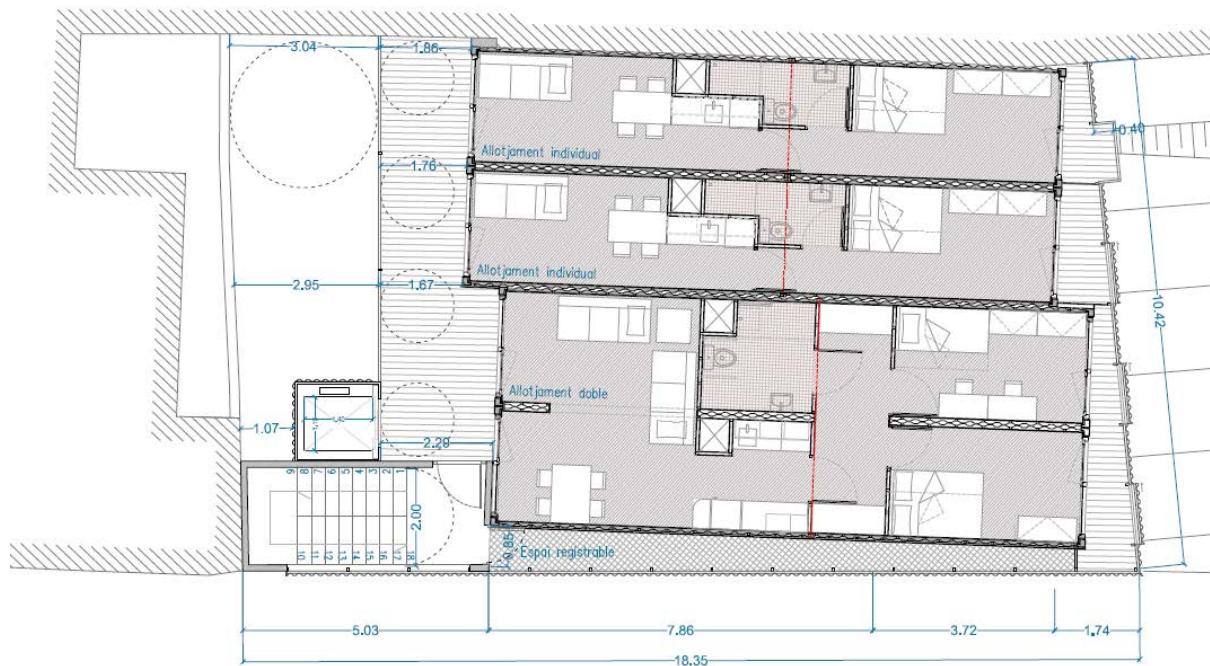
A l'espai de Can Batlló es preveu un edifici de PB+4. Consta de 40 allotjaments formats per 8 mòduls individuals i 32 dobles. Els allotjaments es distribueixen a partir de la planta primera, deixant la planta baixa pels usos més comunitaris i de servei cap al barri. D'aquesta manera s'hi s'hi ubiquen els espais d'usos comunitaris de barri, l'espai d'entitats, la bugaderia col·lectiva, l'espai d'acollida i la recepció de l'edifici. Mantenint una volumetria compacte de la combinació dels mòduls, es disposen els dos nuclis verticals a les testes, connectats entre ells a través d'una passera que alhora fa d'accés als allotjaments. Els nuclis simètrics conformats per una escala protegida i una cabina d'ascensors respectivament es situen als extrems, testers de l'edifici. L'edifici es conforma amb 18x4 mòduls.



AVANTPROJECTE 15 ALLOTJAMENTS DE PROXIMITAT TEMPORALS
EMPLAÇAMENT CARRER NOU DE SANT FRANCESC, NÚM. 10. CIUTAT VELLA
08002 BARCELONA

Es tracta del projecte de nova construcció d'un equipament d'allotjaments col·lectius protegits de proximitat temporals situat al districte de Ciutat Vella, Carrer Nou de Sant Francesc, núm 10 a Barcelona.
Es projecta un edifici de planta baixa més quatre i coberta verda. Consta de 15 allotjaments per 8 mòduls individuals i 4 dobles. Els allotjaments es distribueixen a partir de la planta primera, deixant la planta baixa pels usos més comunitaris i de servei cap al barri.

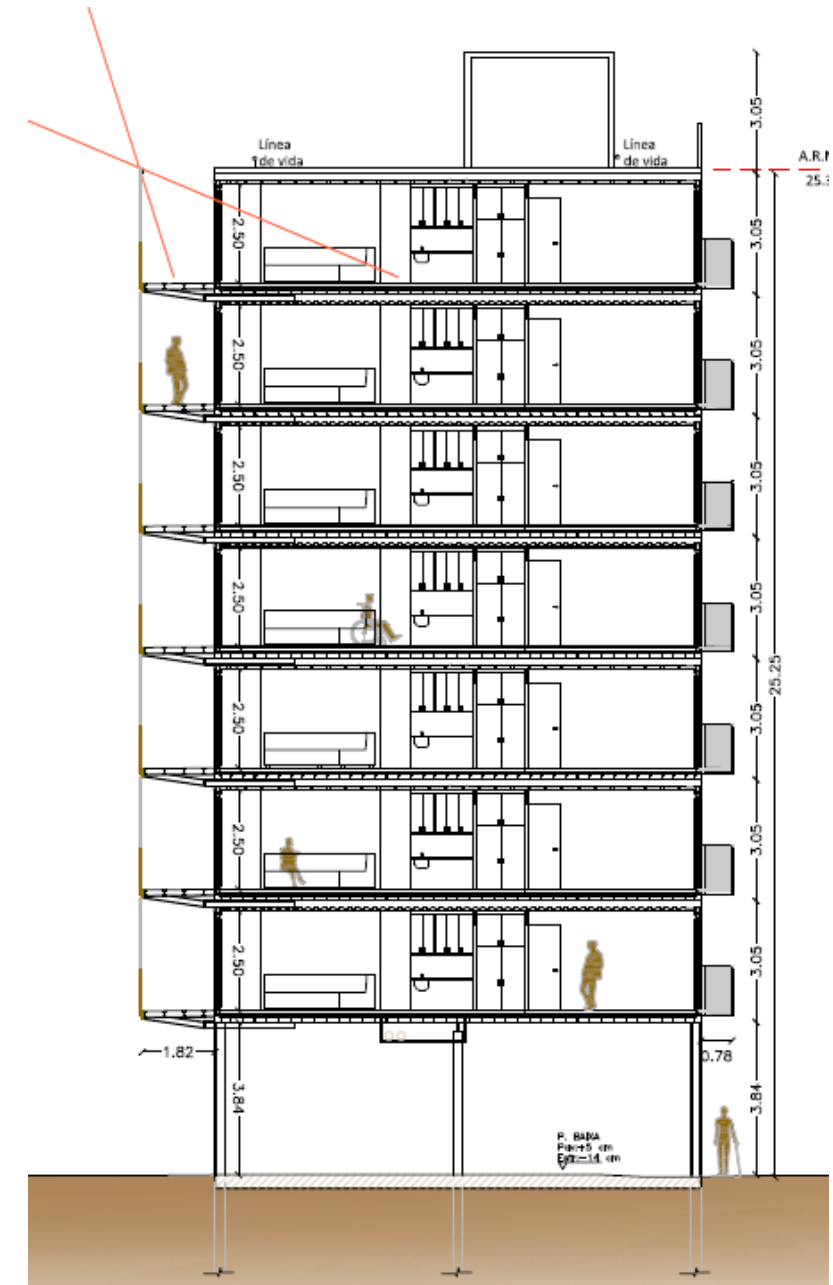
L'edifici es compon dels mòduls de contenidors que es combinen formant un volum compacte al voltant del qual es projecta una façana de policarbonat per respectar les alineacions de la parcel·la.
El nucli vertical d'escala i ascensor, es situa al tester i l'accés als allotjaments es fa a través d'una passera, aquest espai és una zona de convivència de les usuàries. Tots els allotjaments tenen dues façanes, en aquest cas, amb orientació nord-est i sud-est, que permeten la ventilació creuada, alhora que afavoreixen la captació solar a les èpoques fredes.
L'edifici es conforma amb 4x4 mòduls.



AVANTPROJECTE 42 ALLOTJAMENTS DE PROXIMITAT TEMPORALS
EMPLAÇAMENT C/ BOLÍVIA 33-41 INTERIOR.
08018 BARCELONA

L'edifici, tal i com contempla el planejament, està previst de planta baixa més 7 plantes pis i coberta. L'edifici està situat entre mitgeres, tot i que la situació actual encara no estan construïdes les finques veïnes. Consta de 42 allotjaments per 8 mòduls individuals i 4 dobles

El conjunt d'allotjaments temporals s'estructuren amb un accés des de passera de 1,9m de profunditat situat a la façana sud-est. Aquesta passera d'accés també fa la funció de control solar de la part més assolellada de l'edifici. S'accedeix a través de la zona d'estar dels allotjaments i, per les pròpies mides generoses de la passera, es pot entendre aquest espai com una possible extensió dels allotjaments a nivell comunitari. L'edifici es conforma amb 11x7 mòduls.



Tots els perfils s'han modelitzat amb la seva secció real o equivalent i amb el seu tipus d'acer característic, ja que en un contenidor trobem fins a quatre tipus diferents. Les xapes laterals s'han modelitzat triangulant amb barres per simular la funció estructural que tenen.

Barres de tancament de la porta Tubs rodons d'acer estructural: STK400 (STK41) Y.P.: 235 N/mm² T.S.: 402 N/mm²
Perfils de cantonada en acer soldable: SCW480 (SCW49) Y.P.: 275 N/mm² T.S.: 480 N/mm²
Engranatges de tancament: S20C Y.P.: 245 N/mm² T.S.: 402 N/mm²
Frontisses de porta: S25C Y.P.: 265 N/mm² T.S.: 441 N/mm²

Acers d'acord amb el CTE i amb el programa de càlcul:

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico			Tensión de rotura	
	f _y (N/mm ²)				
	f _u (N/mm ²)				
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40 J

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

Las siguientes son características comunes a todos los aceros:

- módulo de Elasticidad: E 210.000 N/mm²
- módulo de Rigidez: G 81.000 N/mm²
- coeficiente de Poisson: ν 0,3
- coeficiente de dilatación térmica: α 1,2·10⁻⁵ (°C)⁻¹
- densidad: ρ 7.850 kg/m³

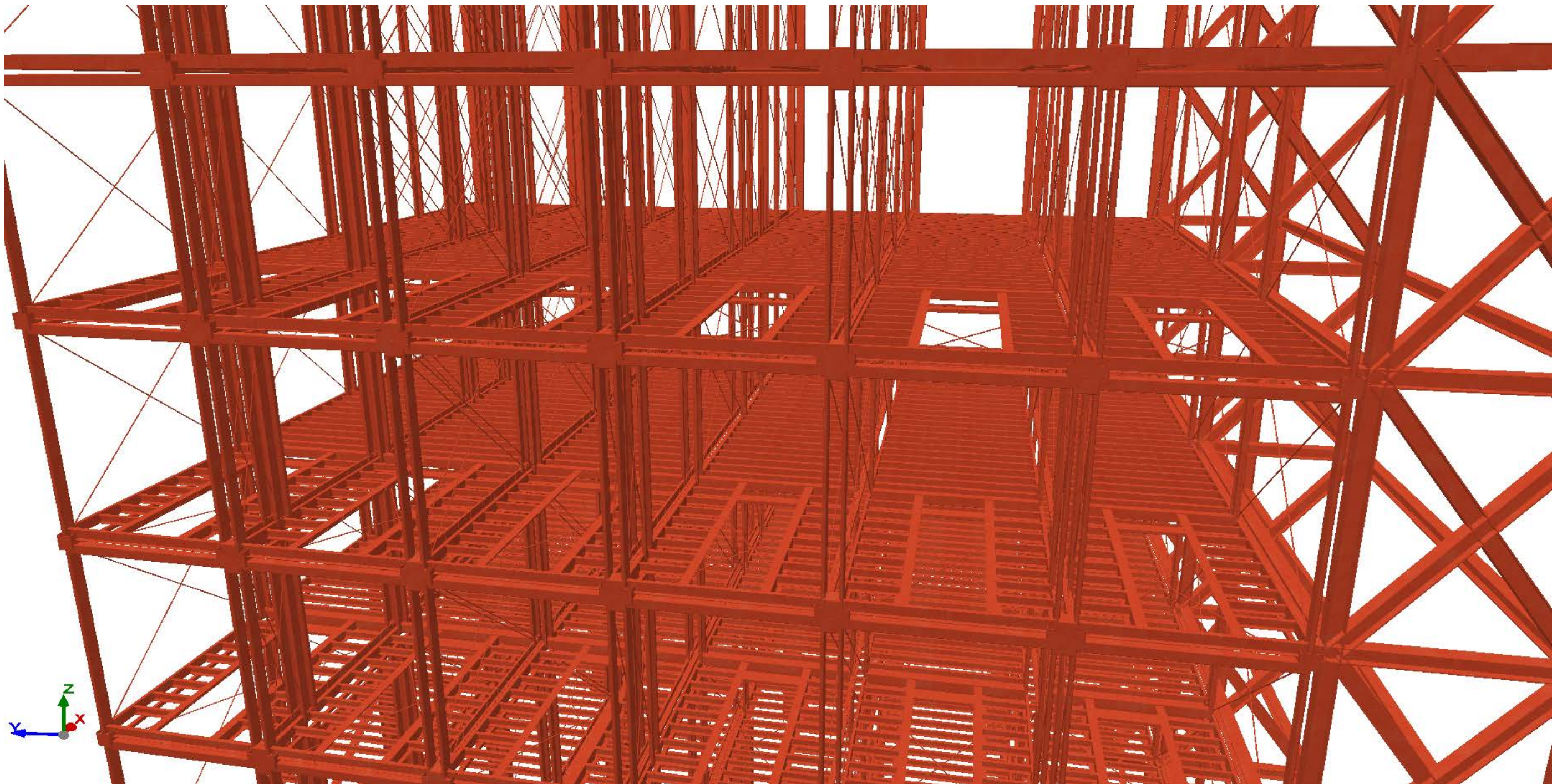
Acer utilitzat per al càlcul:

Els perfils principals d'un contenidor estan fabricats amb acer SCW480 (SCW49) que te un límit elàstic de 275 N/mm² i una tensió de trencament de 480 N/mm²

En el motel de càlcul s'ha utilitzat acer S275 d'acord amb el CTE que te un límit elàstic de 275 N/mm² i una tensió de trencament de 410 N/mm²

Per tant ens quedem pel costat de la seguretat, ja que l'acer S275 te una tensió de trencament lleugerament inferior al utilitzat en el contenidor, tot i tenir el mateix límit elàstic.

El model en tres dimensions realitzat, inclou un conjunt de de 6 mòduls de contenidor apilats en sis plantes més l'estructura metàl·lica de la planta baixa i el nucli central d'escala, el qual té la funció de recollir les empentes horitzontals produïdes pel vent.



3. Accions considerades:

Totes les accions s'han considerat d'acord al CTE (Código Técnico de la Edificación).

Pes propi del contenidor: 37,60 KN.
Sobrecàrrega d'ús: 2,00 KN/m².
Envans i paviments: 1,50 KN/m².

Accions de vent considerades:

$$Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Presió dinàmica del vent: $Q_b = 0,52 \text{ KN/mm}^2$.

Coeficient d'exposició: $C_e = 2,4$

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

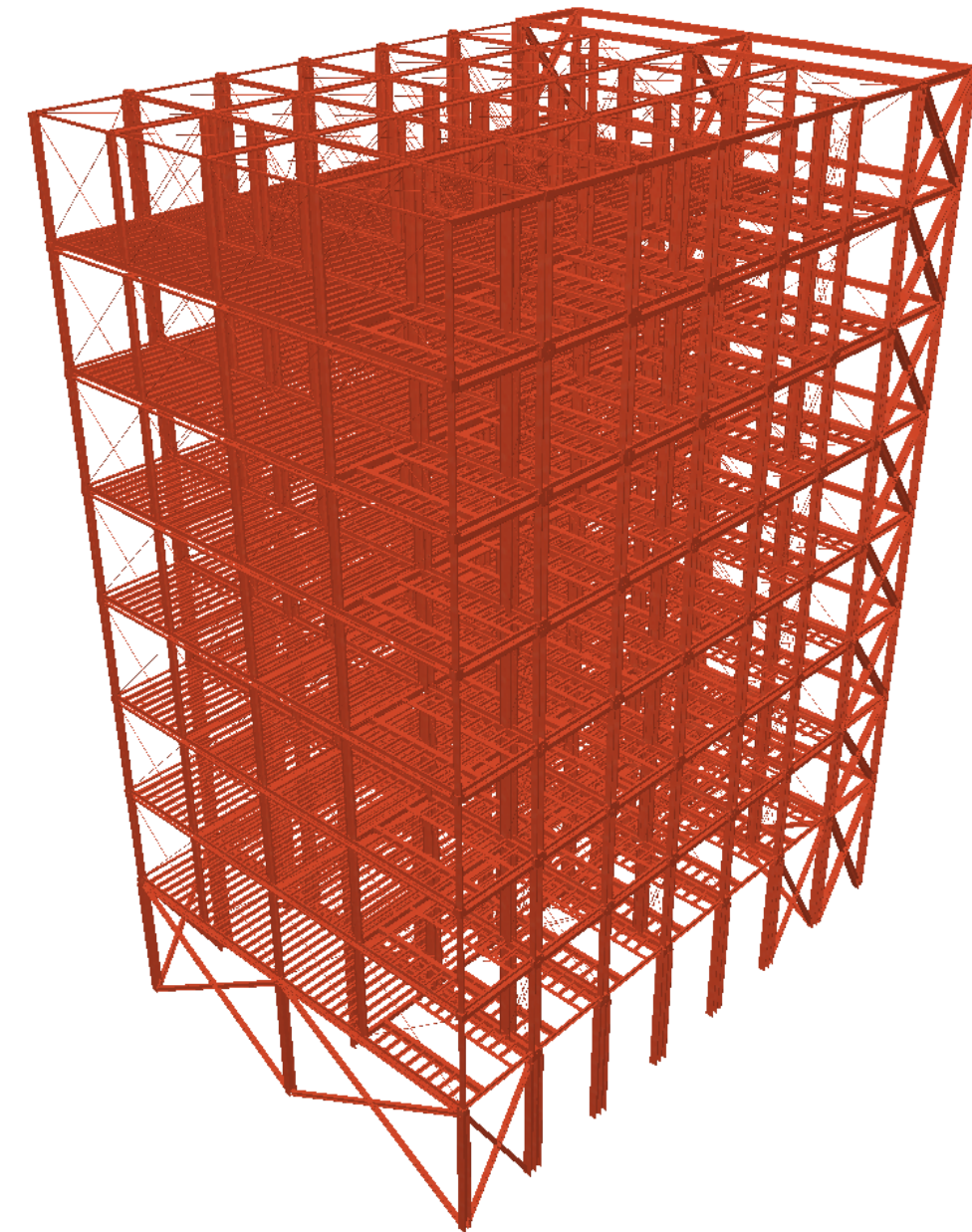
Coeficient eòlic de presió sobre façanes: $C_p = 0,8$ (principal) $C_p = 0,8$ (lateral)

Coeficient eòlic de succió sobre façanes: $C_p = -0,7$ (principal) $C_p = -0,4$ (lateral)

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Acció de neu considerada: 0,40 KN/m². (no concomitant amb la sobrecàrrega d'ús de la coberta accessible només per manteniment, 1,0 KN/m²).



4. Normes considerades

Acer conformat: CTE DB SE-A

Acers laminats i armats: CTE DB SE-A

Categoria d'ús: A. Zones residencials

1.2.- Estats límit

E.L.U. de ruptura. Acer conformat	CTE
E.L.U. de ruptura. Acer laminat	Cota de neu: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplaçaments	Accions característiques

1.2.1.- Situacions de projecte

Per a les diferents situacions de projecte, les combinacions d'accions es definiran d'acord amb els següents criteris:

- Amb coeficients de combinació

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

G_k Acció permanent

P_k Acció de pretesat

Q_k Acció variable

γ_G Coeficient parcial de seguretat de les accions permanents

γ_P Coeficient parcial de seguretat de l'acció de pretesat

$\gamma_{Q,1}$ Coeficient parcial de seguretat de l'acció variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficient parcial de seguretat de les accions variables d'acompanyament

$\Psi_{p,1}$ Coeficient de combinació de l'acció variable principal

$\Psi_{a,i}$ Coeficient de combinació de les accions variables d'acompanyament

- Sense coeficients de combinació

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Per a cada situació de projecte i estat límit els coeficients a utilitzar seran:

E.L.U. de ruptura. Acer conformat: CTE DB SE-A

E.L.U. de ruptura. Acer laminat: CTE DB SE-A

Persistent o transitòria				
	Coeficients parcials de seguretat (γ)		Coeficients de combinació (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompanyament (ψ_a)
Càrrega permanent (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecàrrega (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Vent (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600

Desplaçaments

Accions variables sense sisme		
	Coeficients parcials de seguretat (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Càrrega permanent (G)	1.000	1.000
Sobrecàrrega (Q)	0.000	1.000
Vent (Q)	0.000	1.000

5. Mètode de càlcul.-

Les accions que es sol·liciten a cadascun dels elements que componen l'estructura, estan d'acord amb el que diu El CTE DB SE-AE, tant en el que es refereix a càrregues gravitatòries i d'ús, com en el referent a accions eòliques, empentes del terreny,...

Els elements d'estructura metàl·lica d'acer laminat s'han calculat segons la normativa vigent Documento Básico SE-A Seguridad estructural Acero, considerant el comportament elàstic del material.

El càlcul de les sol·licitacions ha estat realitzat mitjançant el mètode matricial espacial de la rigidesa, suposant una relació lineal entre esforços i deformacions en les barres i considerant els sis graus de llibertat possibles de cada nus.

En base a aquest mètode s'ha plantejat i resolt el sistema d'equacions o matriu de rigidesa de l'estructura, determinant els desplaçaments dels nusos per l'actuació del conjunt de les càrregues, per posteriorment obtenir els esforços en els nusos en funció dels desplaçaments calculats.

En el cas de que l'estructura es calculi sota els efectes de les accions sísmiques definides per la Norma NCSE-02 es realitza el càlcul de l'estructura mitjançant el mètode de l' "Anàlisi Modal Espectral", recomanat per la mateixa. D'aquesta forma poden obtenir-se els modes i períodes de vibració propis de l'estructura, dades que poden ésser utilitzades per a la combinació de l'estructura amb càrregues harmòniques i la possibilitat d'entrada en ressonància' de la mateixa.

6. Procediment de càlcul.-

En termes generals l'edifici es modelitza amb un sistema tridimensional alàmbic (simplificació per barres) la qual admet en combinació una modelització més acurada de les superfícies contínues pel Mètode dels Elements Finites.

Els elements, ja siguin bigues, pilars, diagonals o fonamentació es modelitzen com elements lineals tipus barra amb secció transversal adaptada a la realitat.

Una biga, un pilar o una diagonal està formada per dos nusos units mitjançant una 'barra'; un forjat reticular o una llosa de forjat està constituït per una retícula de 'nervis' que, amb les seves interseccions, formen un conjunt de 'nusos' i 'barres'. De forma similar, un mur resistent està format per un conjunt d'elements finits juxtaposats definits per els seus nodes o vèrtex.

Quan en una estructura es defineixen bigues, pilars, diagonals, forjats i murs resistents, el mètode de càlcul d'esforços consisteix a formar un sistema d'equacions lineals que relacionen els graus de llibertat que es desitgen obtenir, els desplaçaments i girs dels nusos i dels nodes, amb les accions exteriors, les càrregues, i les condicions de vora, suports i encastaments.

De forma matricial, es tracta de l'equació

$$[K] \cdot \{D\} = \{F\}$$

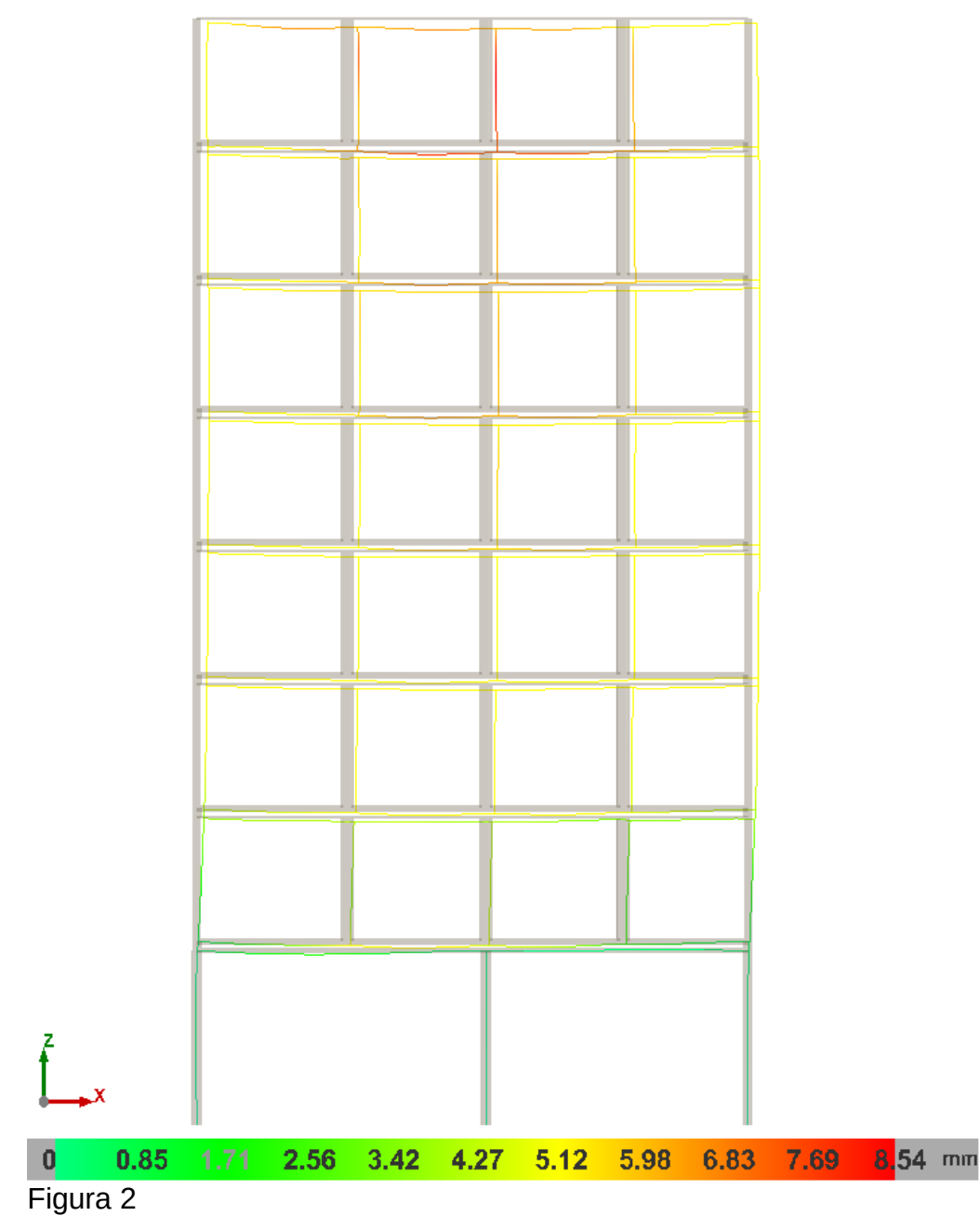
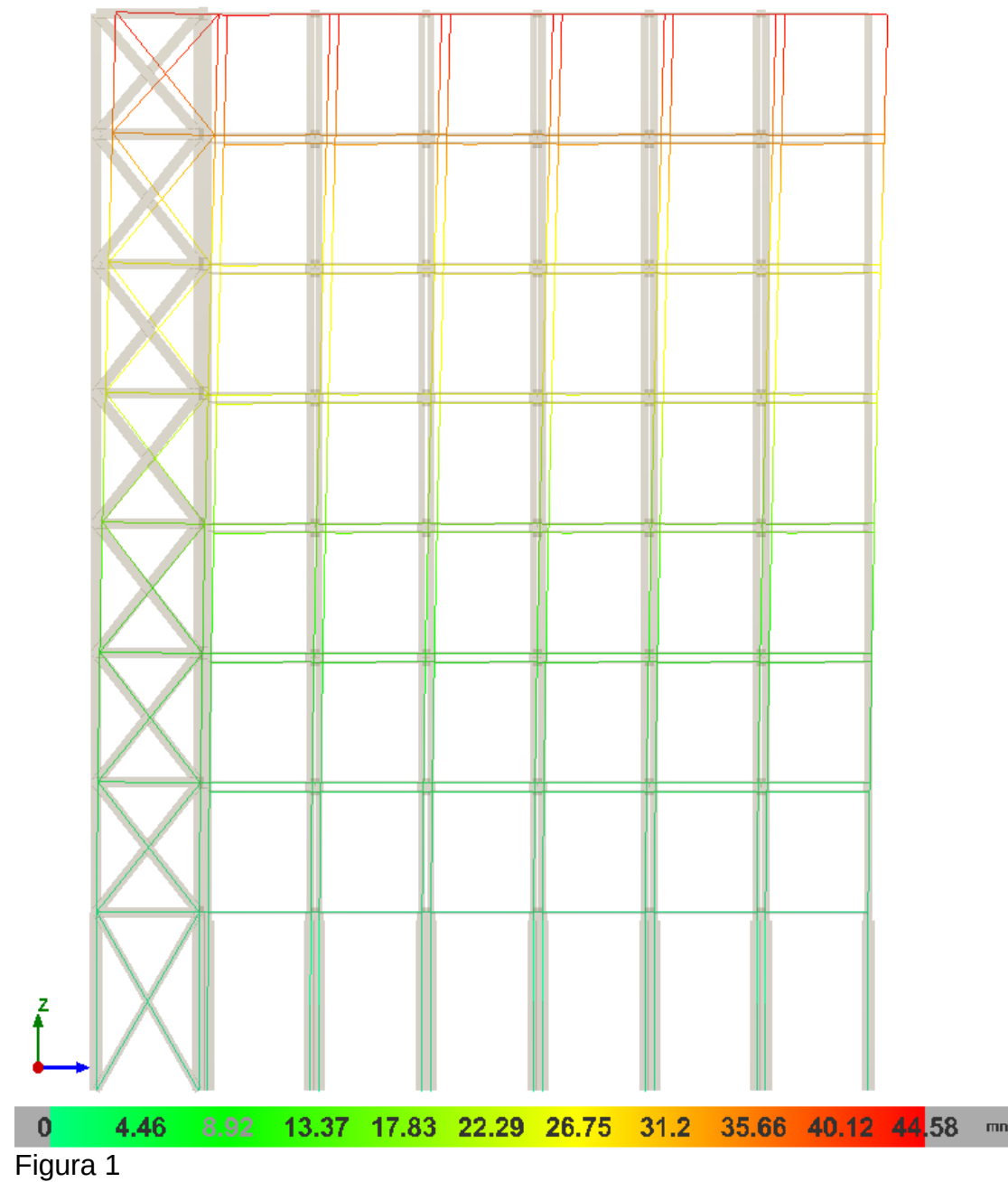
on '[K]' es la matriu de rigidesa de la estructura, '{D}' es el vector de desplaçaments i girs dels nusos i nodes, i '{F}' es el vector de forces exteriors. Una vegada resolt el sistema d'equacions, i per tant, obtinguts els desplaçaments i girs dels nusos i nodes de la estructura, es possible obtenir els esforços (en el cas de les bigues, pilars, diagonals i nervis dels forjats i lloses) i les tensions (en el cas dels murs resistents) de tota l'estructura.

Per obtenir el sistema '[K] · {D} = {F}', s'opera d'igual forma que amb una estructura formada exclusivament per nusos i barres: cada part de la estructura (barra, tros de nervi o element finit) posseeix una matriu de rigidesa elemental, $[K]^e$, que després de transformar-la al sistema d'eixos generals de la estructura, es pot sumar o ensamblar en la matriu general de la estructura. L'única diferència entre les barres i els elements finits es la dimensió i significat de cada fila o columna de les seves matrius de rigidesa elementals (a l'apartat '5.18.2 Característiques geomètriques i mecàniques dels perfils' apareix la matriu de la rigidesa elemental d'una barra). Es pot, per tant, que el mètode matricial espacial de càlcul d'estructures de barres es un cas particular del mètode d'elements finits, en el que l'element finit es una barra.

7. Deformacions:

Deformada per els Estats Límits de Servei més desfavorables deguts a accions de vent:

Deformació en mil·límetres, factor d'escala de la deformació x50.



Les deformacions màximes per a la combinació més desfavorable obtingudes en el càlcul son les següents:
44,6 mm. En el pla paral·lel a la façana principal (figura 1) i 8,6 mm. En el pla paral·lel a la façana lateral (figura 2).

Segons l'article "4.3.3.2 Desplazamientos horizontales" del CTE "Documento Básico SE Seguridad Estructural", les màximes deformacions admissibles per desplom són les següents:

- 1 Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome (véase figura 4.1) es menor de:
 - a) desplome total: 1/500 de la altura total del edificio;
 - b) desplome local: 1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.
- 2 Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo (véase figura 4.1) es menor que 1/250.
- 3 En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta.

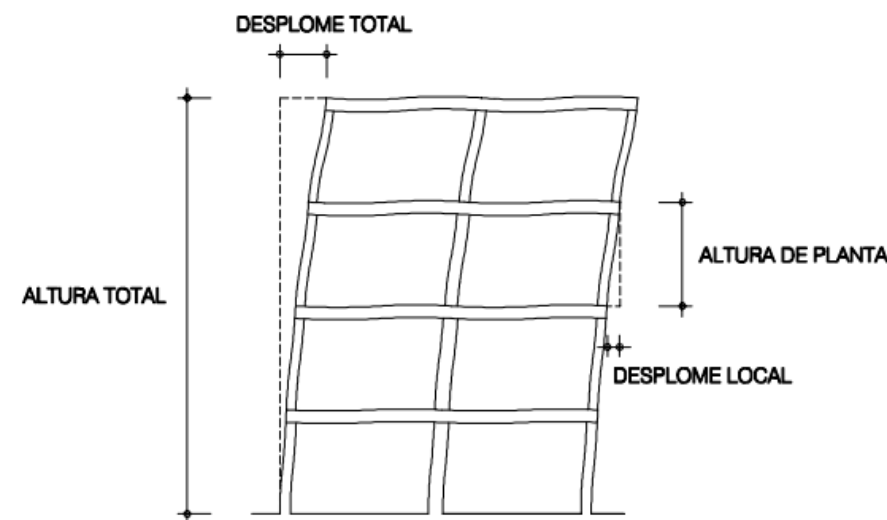


Figura 4.1 Desplomes

Per tant, quan considerem la integritat dels elements constructius el desplom màxim de l'edifici serà de $L/500$ ($2.400\text{cm}/500=4,8\text{cm}$ en el nostre cas)
I quan considerem l'aparença de l'obra el desplom màxim de l'edifici serà $L/250$ ($2.400\text{cm}/250=9,6\text{cm}$ en el nostre cas).

Així doncs, donat que la màxima deformació produïda en els estats límits de servei per a la combinació d'accions més desfavorable de totes és 4,46 cm, en cap cas es supera ninguna de les limitacions imposades per el Codi tècnic de l'Edificació.

Cal remarcar però, que en el pla paral·lel a la façana principal, la rigidesa necessària per absorbir les deformacions produïdes pel vent s'aconsegueix gràcies al nucli d'escala, per tant caldrà fer-ne el disseny tenint cura d'aquest aspecte.

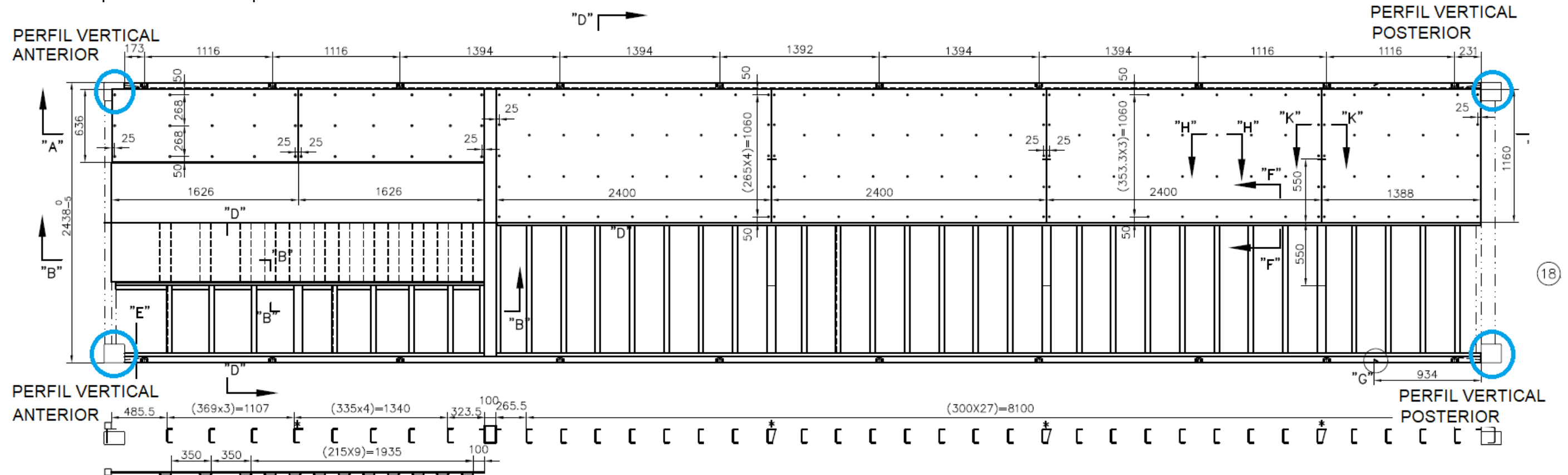
8. Esforços:

En el model informàtic s'han fet tres supòsits, en el primer es van modelitzar els contenidors sencers amb els perfils originals i amb les rigideses que comporten les xapes grecades de tancament i amb les portes tancades (les portes dels contenidors tenen 8 punts de fixació que garanteixen l'estabilitat dels seus muntants quan estan tancades), en aquest model es va comprovar que l'estructura funcionava correctament, tant a deformacions com tensionalment.

En el segon model es van eliminar les portes i les xapes grecades del fons (en el projecte es substitueixen per finestres), en aquest model es produïa la fallada dels perfils de cantonada posteriors per pandeig a partir de la tercera planta (al perdre l'efecte rigiditzador de la xapa grecada) i es produïa un desplom general de l'edifici inadmissible segons la normativa actual.

Finalment en el tercer supòsit s'eliminen les portes i les xapes del fons (tal com preveu el projecte bàsic) però es modelitza la caixa d'escala amb un pòrtic triangulat en el pla paral·lel a la façana principal capaç d'absorbir l'empenta del vent i els perfils originals de les cantonades posteriors (figura 3.1) es substitueixen per perfils reforçats a totes les plantes (figura 3.2) que eviten el seu col·lapse per pandeig; al igual que els perfils originals de les cantonades anteriors que fan de muntant de la porta (figura 3.3) es substitueixen per perfils reforçats a totes les plantes (figura 3.4) que eviten el seu col·lapse per pandeig.

Situació en planta inferior dels perfils de cantonada:



Figures corresponents als perfils de cantonada, en blau perfil original del container, en vermell reforç addicional modelitzat:

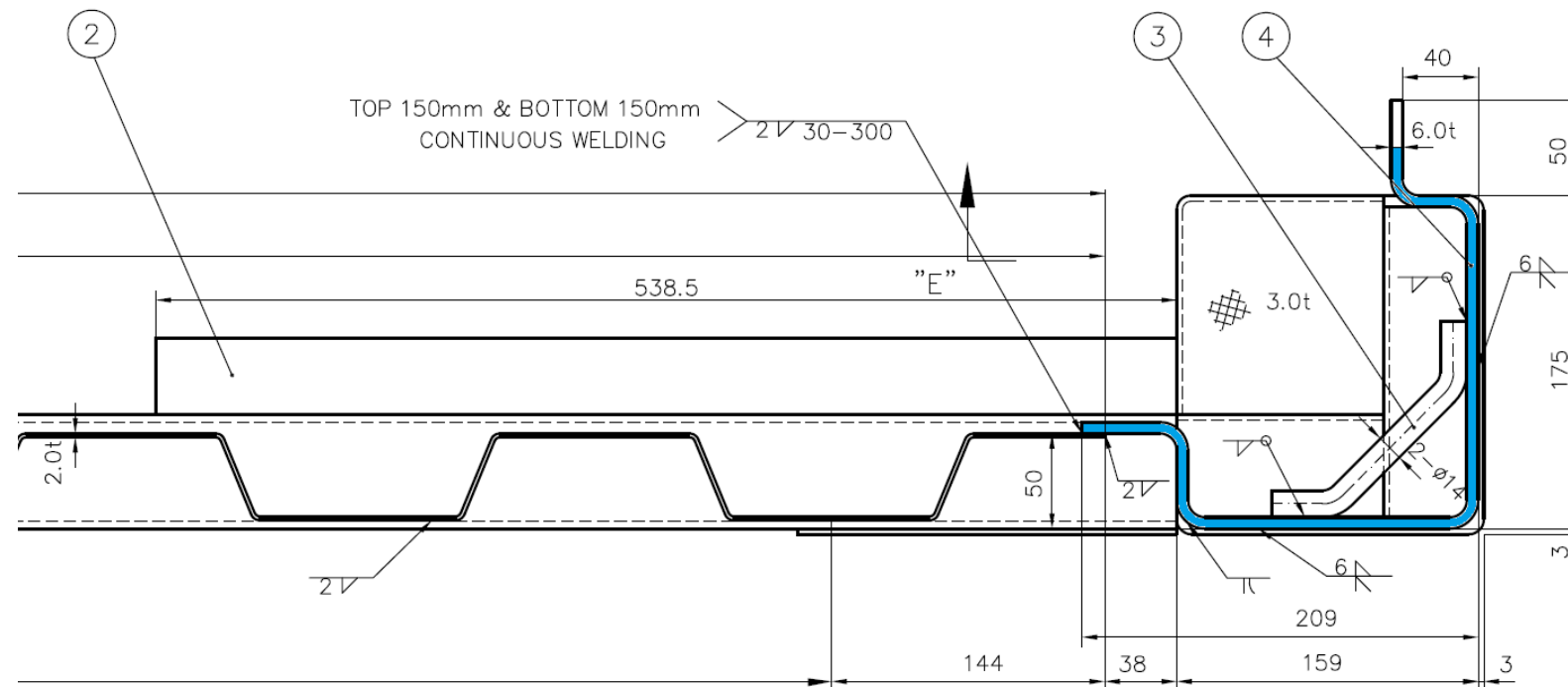


Figura 3.1

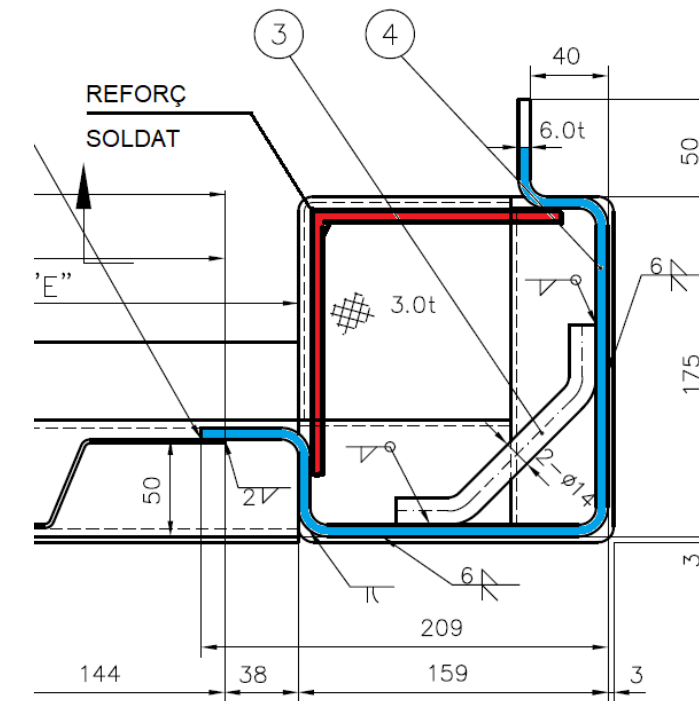


Figura 3.2

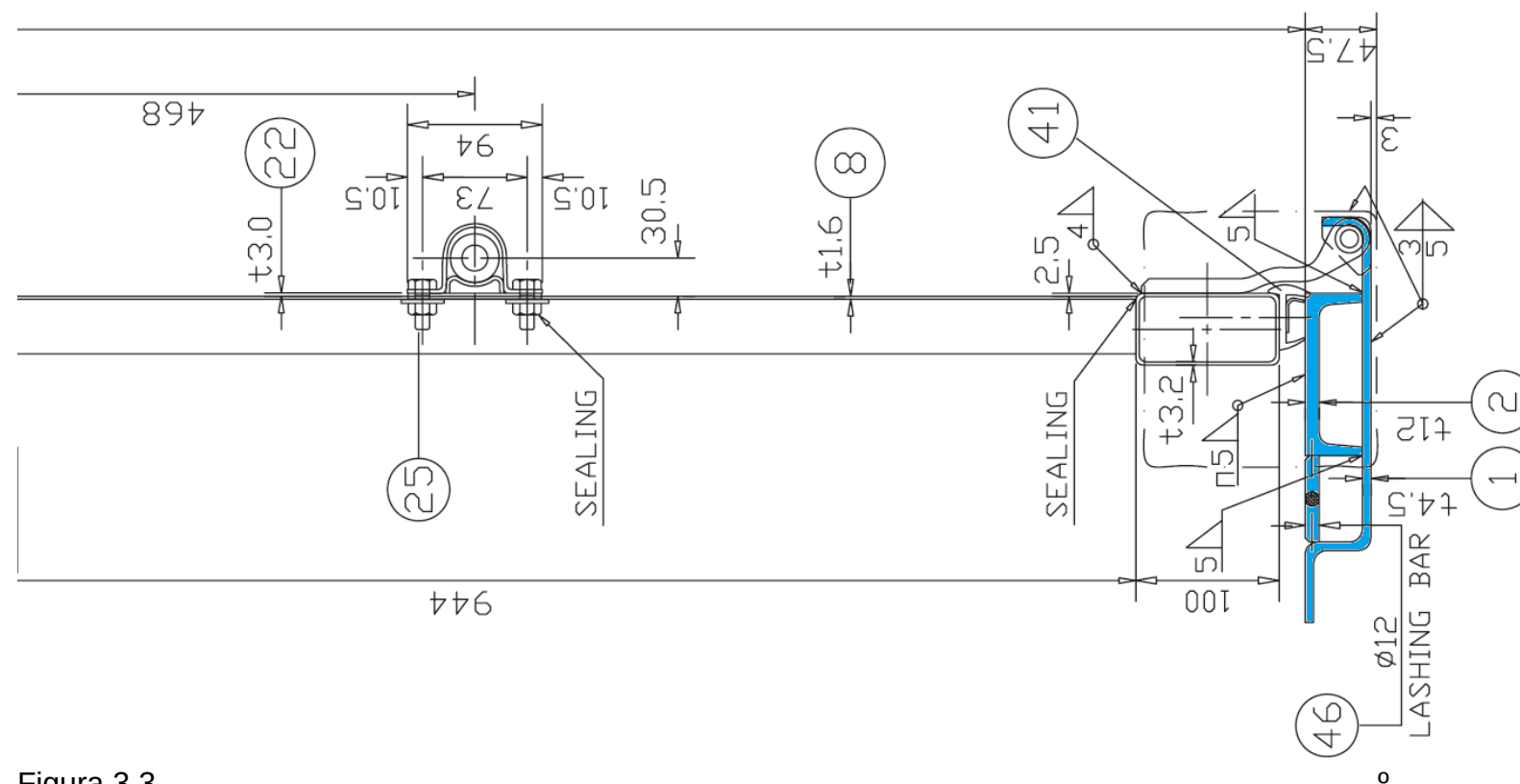


Figura 3.3

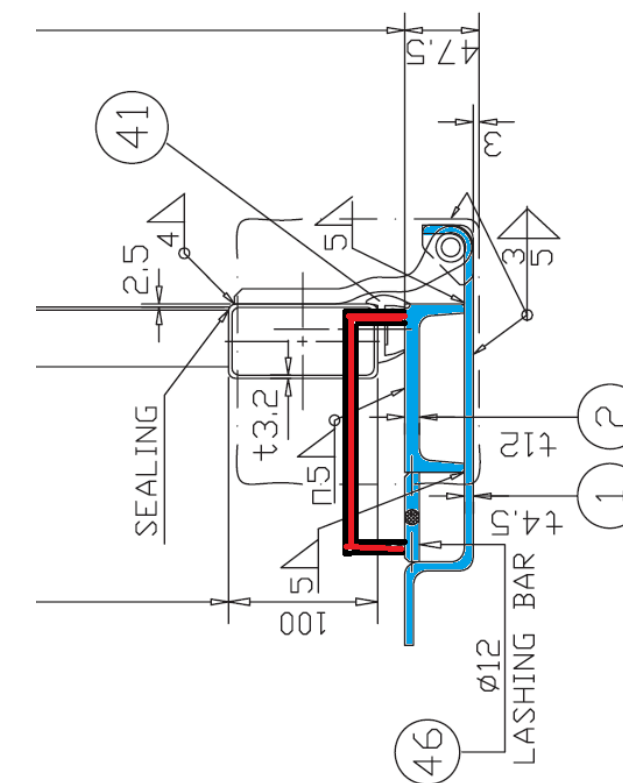
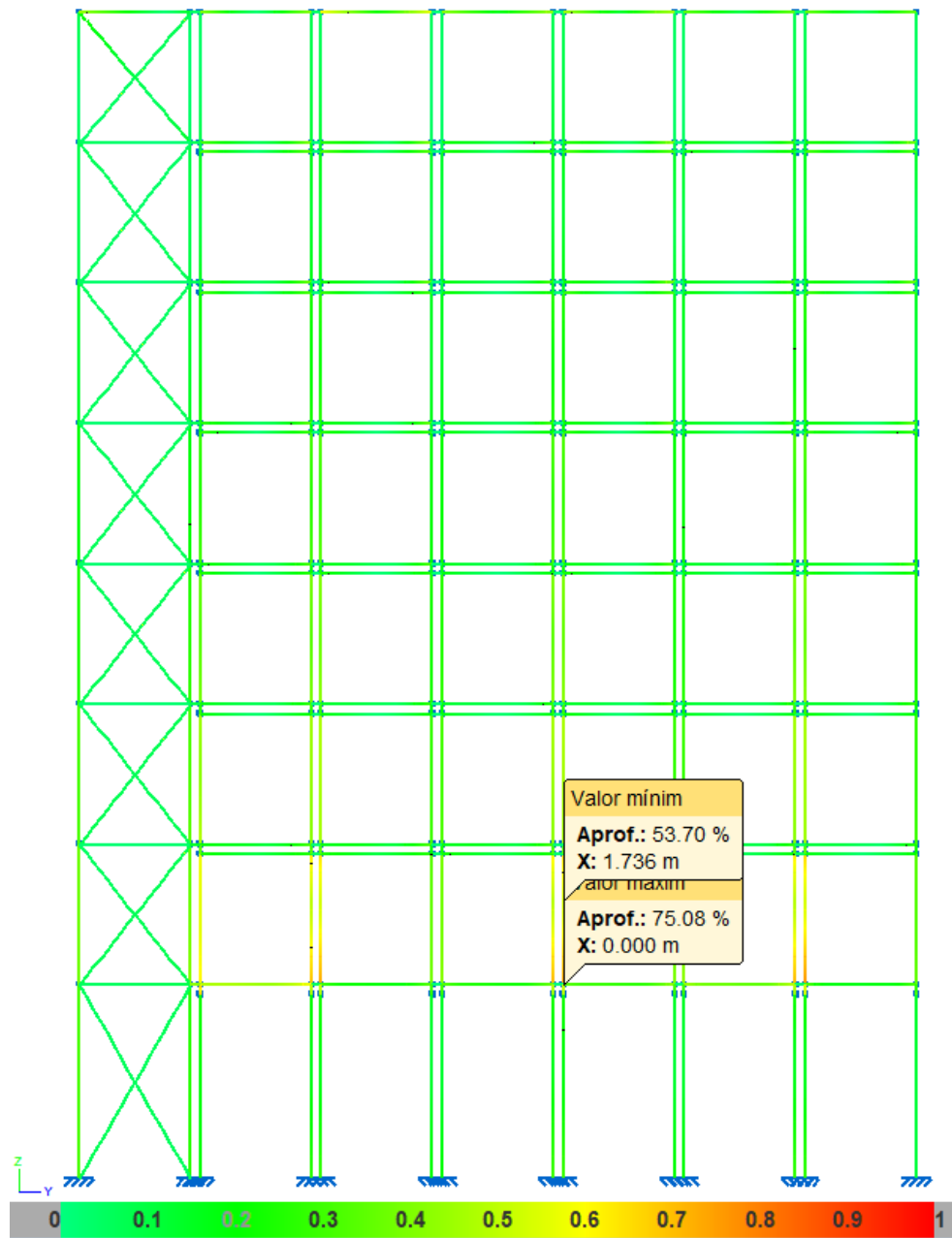
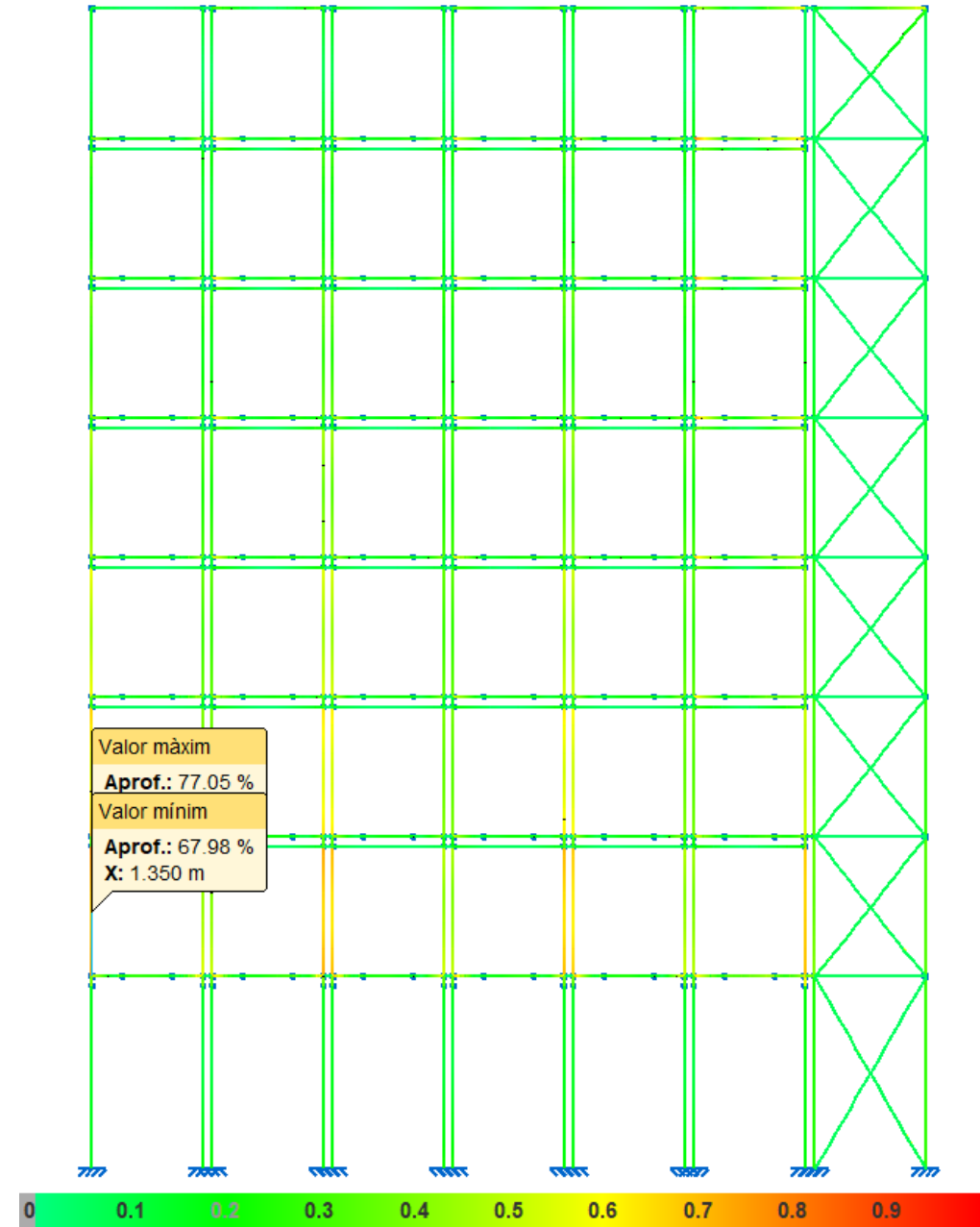


Figura 3.4

Els gràfics i justificacions de càlcul que segueixen corresponen sempre al tercer model, en el qual totes les comprovacions son favorables.



Façana posterior



Façana anterior (corresponent a les portes del container).

Diagrames de tensions per a l'envoltant corresponent als estats límits últims, on cap dels perfils supera un aprofitament màxim del 80%.

8.1. Comprovació perfils anteriors de cantonada:

Limitació d'esveltesa (CTE DB SE-A, Articles 6.3.1 i 6.3.2.1 - Taula 6.3)

L'esveltesa reduïda $\bar{\lambda}$ de les barres comprimides ha de ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.98} \quad \checkmark$$

On:

Classe: Classe de la secció, segons la capacitat de deformació i de desenvolupament de la resistència plàstica dels elements plans comprimits d'una secció.

A: Àrea de la secció bruta per les seccions de classe 1, 2 i 3.

f_y: Límit elàstic. (CTE DB SE-A, Taula 4.1)

N_{cr}: Axial crític de vinclament elàstic.

L'axial crític de vinclament elàstic **N_{cr}** és el menor dels valors obtinguts en a), b) i c)

a) Axial crític elàstic de vinclament per flexió respecte a l'eix Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axial crític elàstic de vinclament per flexió respecte a l'eix Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axial crític elàstic de vinclament per torsió.

$$N_{cr,t} = \frac{1}{I_0} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

On:

I_y: Moment d'inèrcia de la secció bruta, respecte l'eix Y.

I_z: Moment d'inèrcia de la secció bruta, respecte l'eix Z.

I_t: Moment d'inèrcia a torsió uniforme.

I_w: Constant de guèrra de la secció.

E: Mòdul d'elasticitat.

G: Mòdul d'elasticitat transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de vinclament per flexió, respecte l'eix Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de vinclament per flexió, respecte l'eix Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de vinclament per torsió.

I₀: Radi de gir polar de la secció bruta, respecte al centre de torsió.

$$I_0 = (I_y^2 + I_z^2 + Y_0^2 + Z_0^2)^{0.5}$$

Essent:

i_y, i_z: Ràdies de gir de la secció bruta, respecte als eixos principals d'inèrcia Y i Z.

Y₀, Z₀: Coordenades del centre de torsió en la direcció dels eixos principals Y i Z, respectivament, relatives al centre de gravetat de la secció.

Classe : 1

A : 38.30 cm²

f_y : 275.00 MPa

N_{cr} : 1107.28 kN

N_{cr,y} : 3994.15 kN

N_{cr,z} : 1107.28 kN

N_{cr,t} : ∞

I_y : 1404.86 cm⁴

I_z : 389.46 cm⁴

I_t : 1038.31 cm⁴

I_w : 0.00 cm⁶

E : 210000 MPa

G : 81000 MPa

L_{ky} : 2.700 m

L_{kz} : 2.700 m

L_{kt} : 0.000 m

i₀ : 6.84 cm

i_y : 6.06 cm

i_z : 3.19 cm

Y₀ : 0.00 mm

Z₀ : 0.00 mm

Resistència a flexió i axial combinats (CTE DB SE-A, Article 6.2.8)

S'ha de satisfer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.473} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\gamma_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.549} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.771} \quad \checkmark$$

Els esforços sol·licitants de càlcul pèssims es produeixen en el nus N22, per a la combinació d'accions 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2.

On:

N_{c,Ed}: Axial de compressió sol·licitant de càlcul pèssim.

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Moments flectors sol·licitants de càlcul pèssims, segons els eixos Y i Z, respectivament.

Classe: Classe de la secció, segons la capacitat de deformació i de desenvolupament de la resistència plàstica dels seus elements plans, per a axial i flexió simple.

N_{pl,Rd}: Resistència a compressió de la secció bruta.

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistència a flexió de la secció bruta en condicions plàstiques, respecte als eixos Y i Z, respectivament.

Resistència a vinclament: (CTE DB SE-A, Article 6.3.4.2)

A: Àrea de la secció bruta.

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Mòduls resistents plàstics corresponents a la fibra comprimida, al voltant dels eixos Y i Z, respectivament.

f_{yd}: Resistència de càlcul de l'acer.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Essent:

f_y: Límit elàstic. (CTE DB SE-A, Taula 4.1)

γ_{M1}: Coeficient parcial de seguretat del material.

k_y, k_z: Coeficients d'interacció.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.14}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.51}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factors de moment flector uniforme equivalent.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

γ_y, γ_z: Coeficients de reducció per vinclament, al voltant dels eixos Y i Z, respectivament.

$$\gamma_y : \underline{0.84}$$

$$\gamma_z : \underline{0.55}$$

λ_y, λ_z: Esvelteses reduïdes amb valors no més grans que 1.00, amb relació als eixos Y i Z, respectivament.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.98}$$

α_y, α_z: Factors dependents de la classe de la secció.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

8.2. Comprovació perfils posteriors de cantonada:

Limitació d'esveltesa (CTE DB SE-A, Articles 6.3.1 i 6.3.2.1 - Taula 6.3)

L'esveltesa reduïda $\bar{\lambda}$ de les barres comprimides ha de ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.45} \quad \checkmark$$

On:

Classe: Classe de la secció, segons la capacitat de deformació i de desenvolupament de la resistència plàstica dels elements plans comprimits d'una secció.

A: Àrea de la secció bruta per les seccions de classe 1, 2 i 3.

f_y : Límit elàstic. (CTE DB SE-A, Taula 4.1)

N_{cr} : Axial crític de vinclament elàstic.

L'axial crític de vinclament elàstic N_{cr} és el menor dels valors obtinguts en a), b) i c)

a) Axial crític elàstic de vinclament per flexió respecte a l'eix Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axial crític elàstic de vinclament per flexió respecte a l'eix Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axial crític elàstic de vinclament per torsió.

$$N_{cr,t} = \frac{1}{6} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

On:

I_y : Moment d'inèrcia de la secció bruta, respecte l'eix Y.

I_z : Moment d'inèrcia de la secció bruta, respecte l'eix Z.

I_t : Moment d'inèrcia a torsió uniforme.

I_w : Constant de guerdexa de la secció.

E: Mòdul d'elasticitat.

G: Mòdul d'elasticitat transversal.

L_{ky} : Longitud efectiva de vinclament per flexió, respecte l'eix Y.

L_{kz} : Longitud efectiva de vinclament per flexió, respecte l'eix Z.

L_{kt} : Longitud efectiva de vinclament per torsió.

i_0 : Radi de gir polar de la secció bruta, respecte al centre de torsió.

$$i_0 = (\bar{i}_y^2 + \bar{i}_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Essent:

$\bar{i}_y, \bar{i}_z$: Ràdies de gir de la secció bruta, respecte als eixos principals d'inèrcia Y i Z.

y_0, z_0 : Coordenades del centre de torsió en la direcció dels eixos principals Y i Z, respectivament, relatives al centre de gravetat de la secció.

Classe : 1

$$A : \underline{37.21} \text{ cm}^2$$

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$N_{cr} : \underline{4393.94} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{4393.94} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{4393.94} \text{ kN}$$

$$N_{cr,t} : \underline{\infty}$$

$$I_y : \underline{1545.48} \text{ cm}^4$$

$$I_z : \underline{1545.48} \text{ cm}^4$$

$$I_t : \underline{2461.80} \text{ cm}^4$$

$$I_w : \underline{20.21} \text{ cm}^6$$

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$$L_{ky} : \underline{2.700} \text{ m}$$

$$L_{kz} : \underline{2.700} \text{ m}$$

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

$$i_0 : \underline{9.11} \text{ cm}$$

$$\bar{i}_y : \underline{6.44} \text{ cm}$$

$$\bar{i}_z : \underline{6.44} \text{ cm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistència a flexió i axial combinats (CTE DB SE-A, Article 6.2.8)

S'ha de satisfer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.675} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\gamma_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.745} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.693} \quad \checkmark$$

Els esforços sol·licitants de càlcul pèssims es produeixen en el nus N183, per a la combinació d'accions 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2.

On:

$N_{c,Ed}$: Axial de compressió sol·licitant de càlcul pèssim.

$$N_{c,Ed} : \underline{374.82} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Moments flectors sol·licitants de càlcul pèssims, segons els eixos Y i Z, respectivament.

$$M_{y,Ed} : \underline{8.72} \text{ kN·m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{2.76} \text{ kN·m}$$

Classe: Classe de la secció, segons la capacitat de deformació i de desenvolupament de la resistència plàstica dels elements plans, per a axial i flexió simple.

Classe : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistència a compressió de la secció bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{832.82} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistència a flexió de la secció bruta en condicions plàstiques, respecte als eixos Y i Z, respectivament.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{50.95} \text{ kN·m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{50.95} \text{ kN·m}$$

Re sistència a vinclament: (CTE DB SE-A, Article 6.3.4.2)

A: Àrea de la secció bruta.

$$A : \underline{37.21} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Mòduls resistents plàstics corresponents a la fibra comprimida, al voltant dels eixos Y i Z, respectivament.

$$W_{pl,y} : \underline{227.64} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{227.64} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistència de càlcul de l'acer.

$$f_{yd} : \underline{223.81} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Essent:

f_y : Límit elàstic. (CTE DB SE-A, Taula 4.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficient parcial de seguretat del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z : Coeficients d'interacció.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.13}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.13}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factors de moment flector uniforme equivalent.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

γ_y, γ_z : Coeficients de reducció per vinclament, al voltant dels eixos Y i Z, respectivament.

$$\gamma_y : \underline{0.87}$$

$$\gamma_z : \underline{0.87}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esvelteses reduïdes amb valors no més grans que 1.00, amb relació als eixos Y i Z, respectivament.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.45}$$

α_y, α_z : Factors dependents de la classe de la secció.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

9. Fonaments:

S'han realitzat 3 estudis geotècnics, per poder fer una estimació de la tipologia de fonamentació, un per cada emplaçament previst: Can Batlló, Ciutat Vella i Plaça de les Glòries.

9.1. Can Batlló:

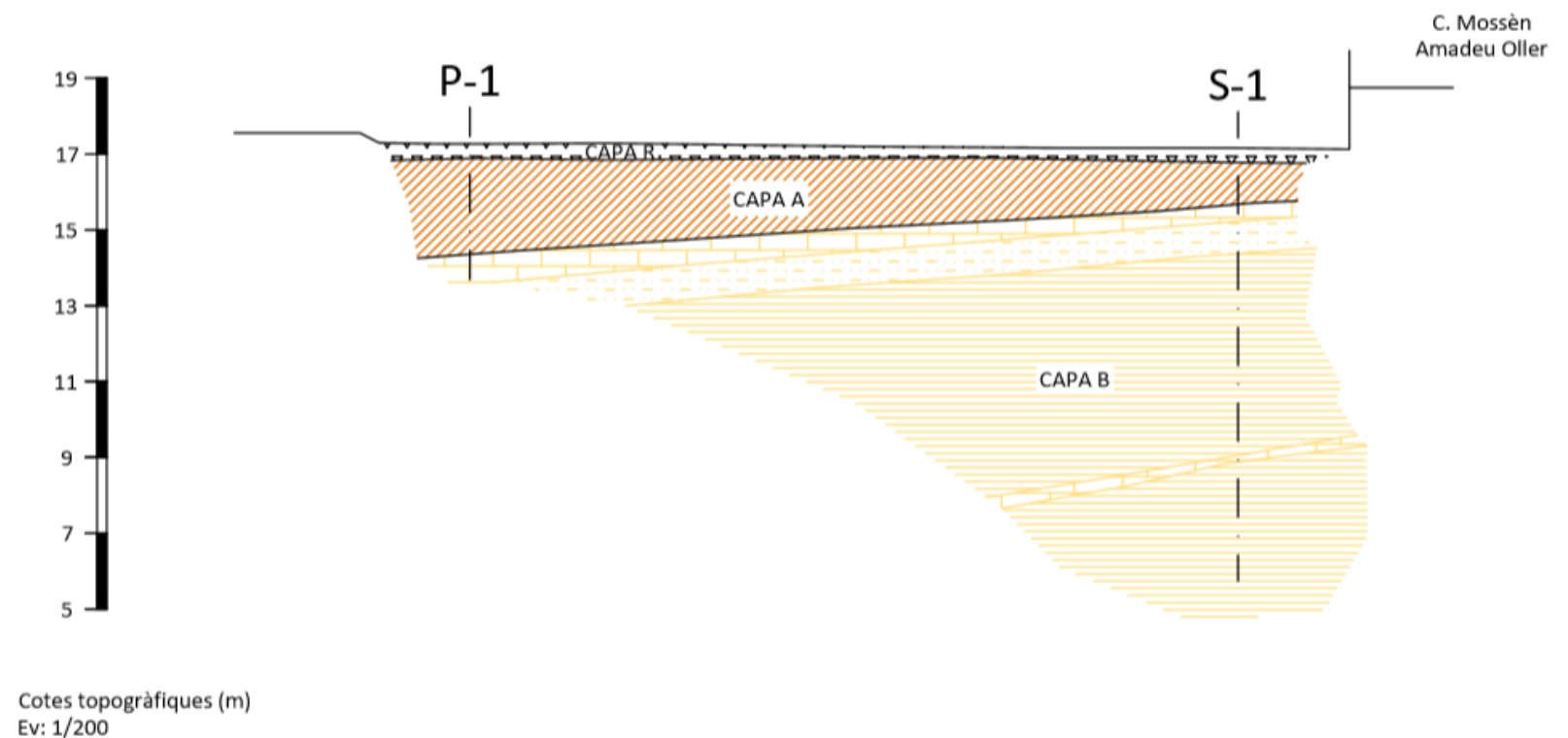
En aquest emplaçament es projecta un edifici de quatre nivells de contenidors i es preveu una càrrega màxima de 40 tones per suport, per tant serà factible una fonamentació superficial mitjançant sabates aïllades sobre la capa A formada per argiles vermelloses de consistència rígida a molt rígida, d'aproximadament 1,5 x 1,5 metres d'amplada.

Llegenda

<u>Capa R</u>	
	Rebliment superficial.
<u>Capa A</u>	
	Argiles vermelloses de consistència rígida a molt rígida.
<u>Capa B</u>	
	Nivell cimentat de carbonat. Roca dura.
	Llims sorrenca carbonatats. Consistència molt rígida.
	Argiles carbonatades i sorra fina. Consistència molt rígida a dura.

Recomanacions de fonamentació

- Fonamentació directa amb sabates en la capa A.
- Fonamentació semiprofunda amb pous en la capa B.



9.2. Ciutat Vella

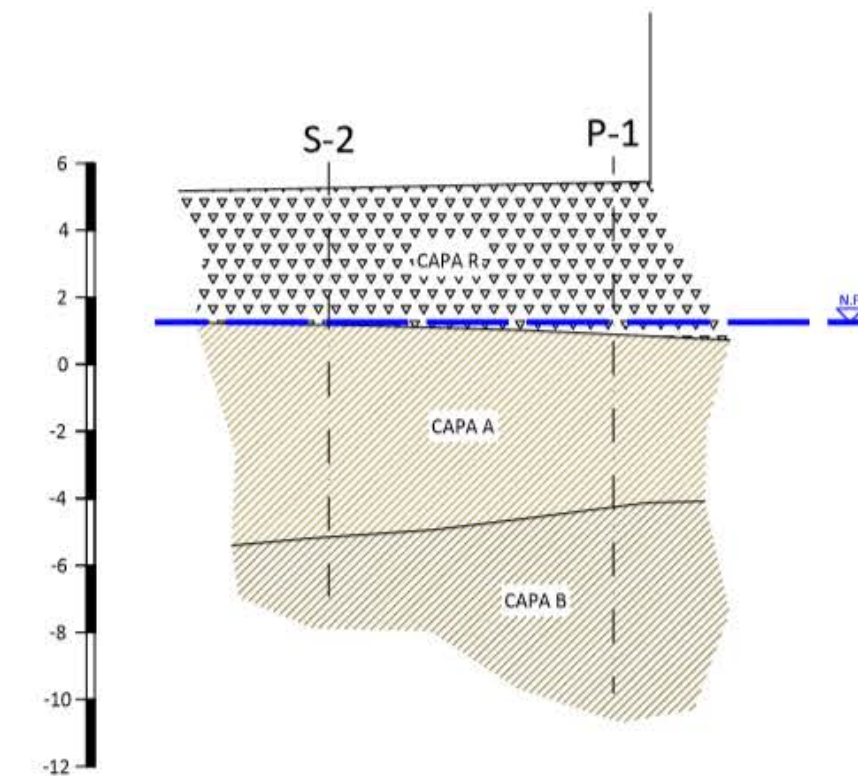
En aquest emplaçament es projecta un edifici de quatre nivells de contenidors i es preveu una càrrega màxima de 40 tones per suport, no es considera viable l'opció proposada en el geotècnic de realitzar una fonamentació directa a la capa A mitjançant llosa, donada l'existència d'edificacions veïnes amb fonamentació incerta i l'important gruix de la capa de reblert, amb el nivell freàtic just per sota d'aquesta, per tant s'haurà de preveure una fonamentació mitjançant pilots (CPI-8 de diàmetre 35cm preferiblement) que hauran d'arribar fins a la capa B i treballaran per fust. Es descarten els pilots prefabricats per les molèsties i vibracions que poden provocar a les edificacions de l'entorn.

Llegenda

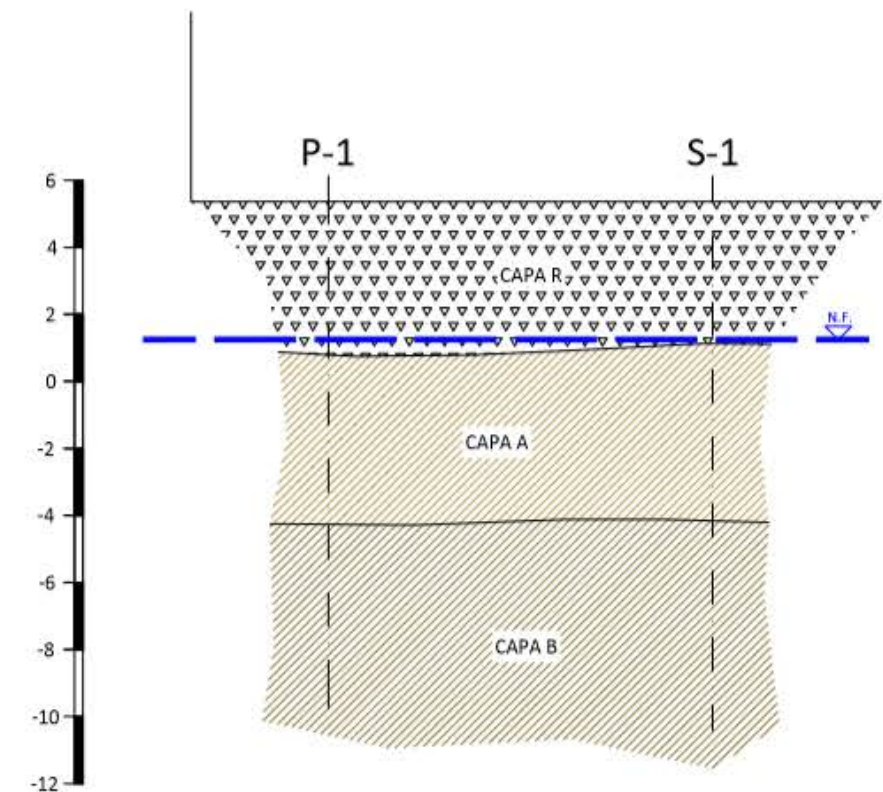
- Capa R**
 Rebliment antròpic.
- Capa A**
 Argiles de color marró a gris marronós. Saturades, plàstiques i de consistència mitjana a rígida.
- Capa B**
 Argiles orgàniques gris fosc amb nivells de turba. Consistència tova a mitjana.

Recomanacions de fonamentació

- Fonamentació directa amb llosa en la capa A (excavant la capa R).
- Fonamentació profunda amb pilots o micropilots flotants.



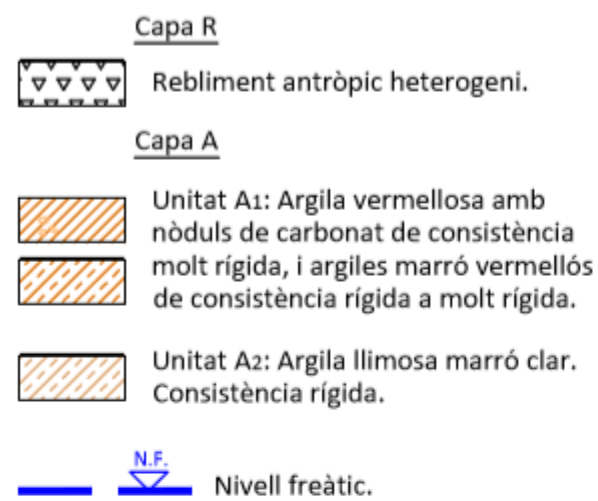
Cotes topogràfiques (m)
 Ev: 1/200



9.3. Plaça de Les Glòries

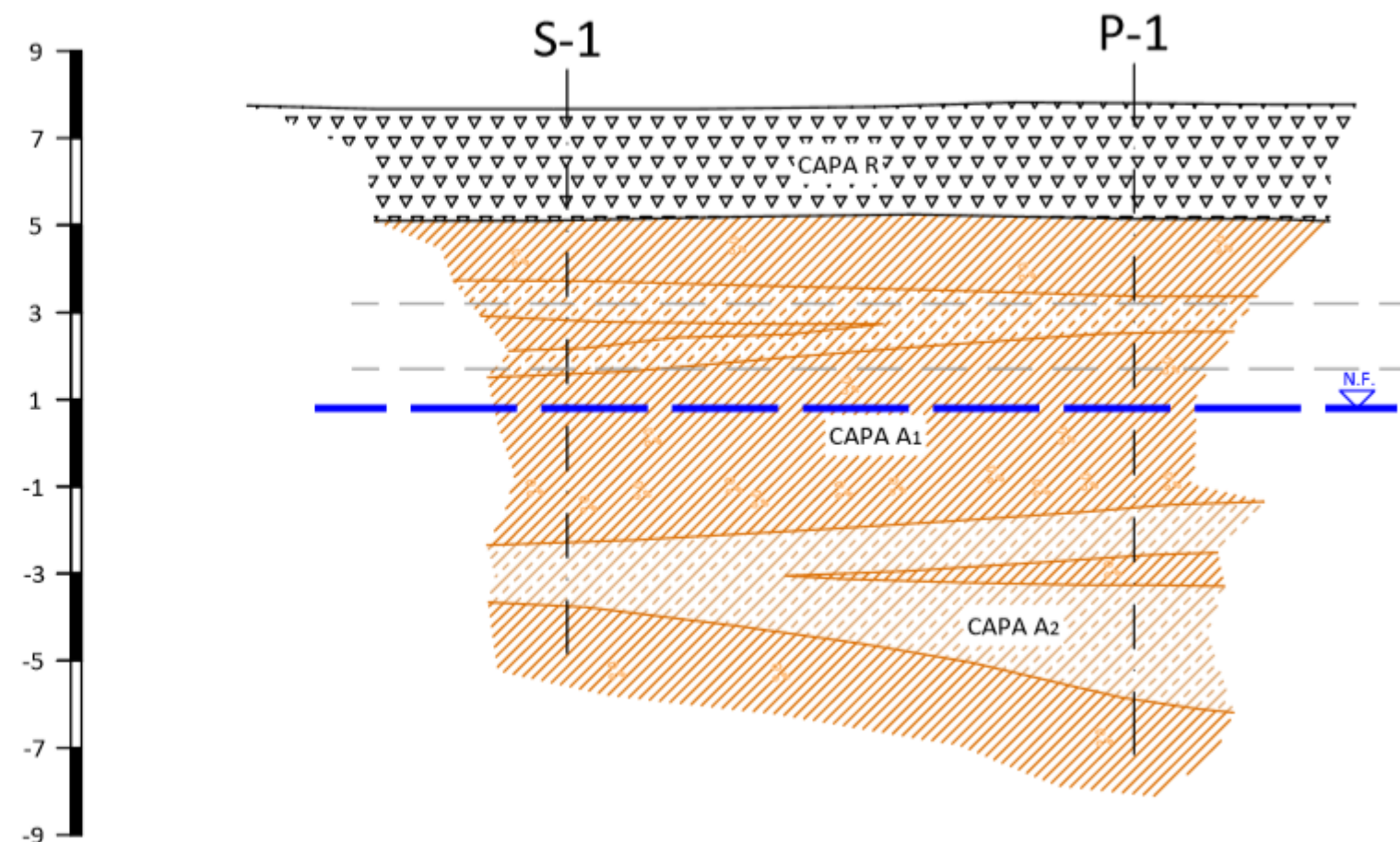
En aquest emplaçament es projecta un edifici de set nivells de contenidors i es preveu una càrrega màxima de 65 tones per suport, per tant serà factible una fonamentació superficial mitjançant sabates aïllades, d'aproximadament 2 x 2 metres, sobre la capa A formada per argiles vermelloses amb nòduls de carbonat de consistència molt rígida, tot i que en aquest cas, per arribar fins a la capa A, caldrà utilitzar pous de formigó sota les sabates per tal de superar els tres metres de reblert existent.

Llegenda



Recomanacions de fonamentació

- Fonamentació semiprofunda amb pous en la capa A.
- Fonamentació profunda amb bastaixos en la capa A.



Cotes relatives (m)
 Ev: 1/200

10. Conclusions:

En l'estructura dels contenidors de càrrega, les xapes de tancament en son una part fonamental, li donen rigidesa longitudinal i eviten el pandeig dels perfils de cantonada, el fet d'eliminar les portes i la xapa posterior en debilita la seva capacitat portant, en els model realitzats (de quatre i set plantes) observem com aquets perfils son insuficients en les plantes inferiors per suportar les càrregues exigides amb els coeficients de seguretat imposats pel Codi tècnic de l'edificació.

En l'edifici de set nivells s'hauria de reforçar els quatre inferiors i en el de quatre nivells només el de sota, però donada la voluntat de transitorietat del projecte que comporta el seu reaprofitament i recol·locació en nous emplaçaments recomanem que es reforcin tots els contenidors independentment del nivell en el qual es situïn.

El fet d'eliminar portes i xapes dels extrems dels contenidor també provoca un excés de les deformacions màximes admeses pel Codi Tècnic de l'Edificació en l'article 4.3.3.2 del DBSE degudes a l'acció del vent en el pla de la façana on hi ha les finestres, per tant s'haurà d'utilitzar l'estructura dels nuclis d'escala per tal de reduir-ne la seva magnitud.

Caldrà tenir en compte la resistència al foc de l'estructura per tal de complir amb el "*Documento básico SI 6 Resistencia al fuego de la estructura*" segons aquest per edificis d'ús residencial i alçades d'evacuació entre 15 i 28 metres, la resistència al foc suficient dels elements estructurals ha de ser R90, per tant s'haurà de dotar d'aquesta resistència a traves de capes de protecció ignífuga a tota l'estructura incloent-hi les xapes de tancament que conformen el contenidors.

Respecte a les fonamentacions constatem que al tractar-se d'estructures lleugeres, respecte als sistemes de construcció tradicionals, en la majoria dels casos es podrà resoldre mitjançant sabates aïllades superficials sobre la majoria de sols argilosos de Barcelona, en casos excepcionals com el de Ciutat Vella, l'edifici s'emplaça sobre una zona d'antics aiguamolls i caldrà per tant emprar una fonamentació profunda.

Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP
BARCELONA, juny de 2018

Eduard Simó González
arquitecte

Romà Crespiera Ollé
arquitecte

Informe estructural per a la comprovació estructural des contenidors tipus STEEL DRY CARGO CONTAINER, per a la seva utilització com a habitatge i apilament de fins a 7 alçades.

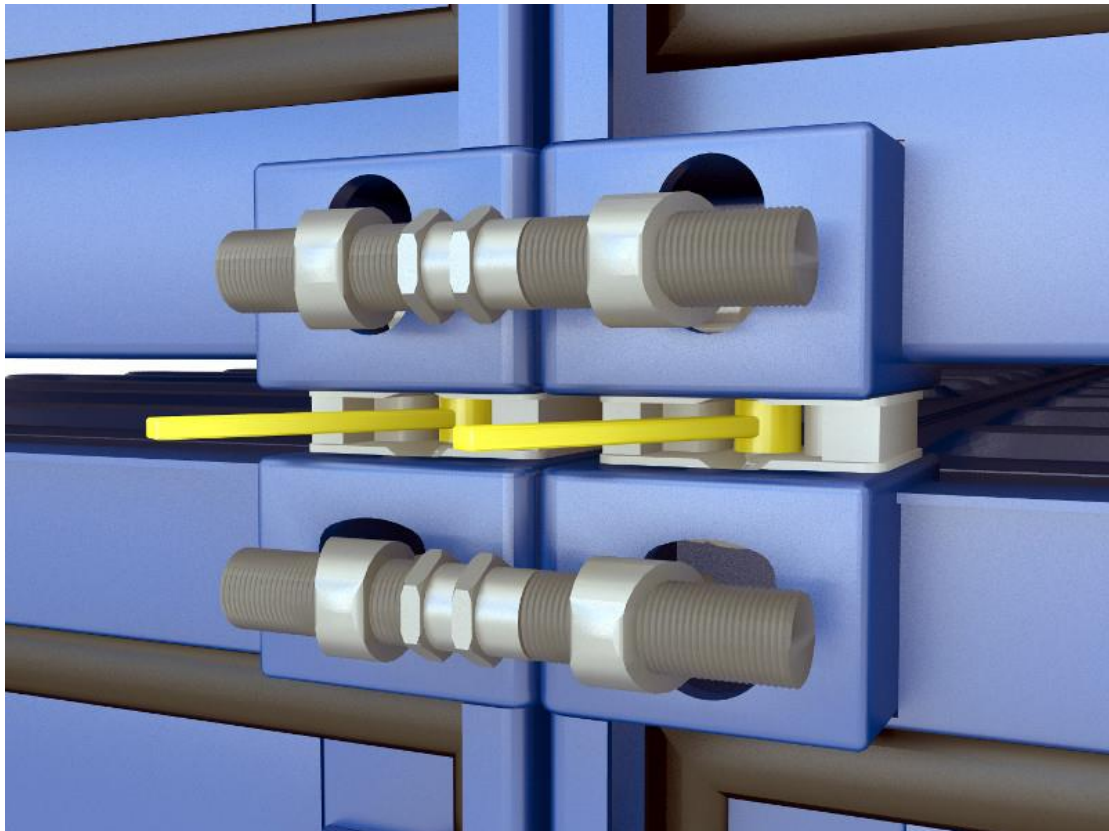
ANNEX A

En aquest annex es detallen el tipus d'unions modelitzades, així com els tipus de perfils utilitzats en el model informàtic.

- **Unions entre contenidors**

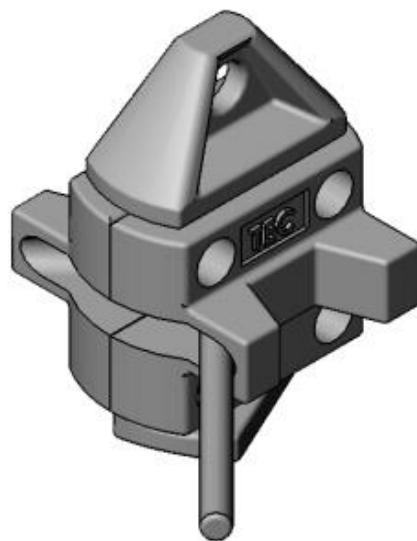
Les unions entre contenidors s'han realitzat com a semi-articulacions (encastament del 15%) ja que si és modelitzen con a articulacions pures el comportament general de l'estructura esdevé un mecanisme i no es pot realitzar el seu càlcul numèric.

Model d'unió estimat:



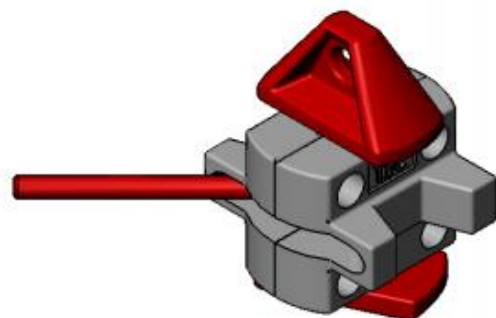
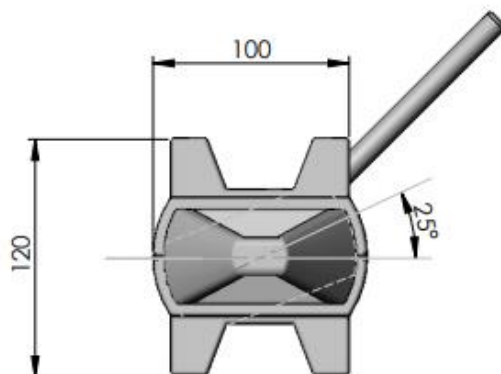
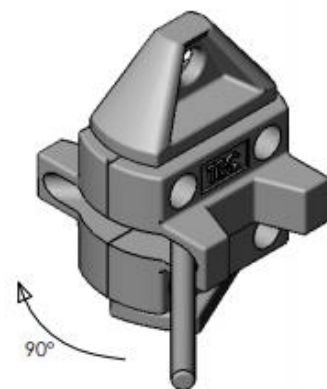
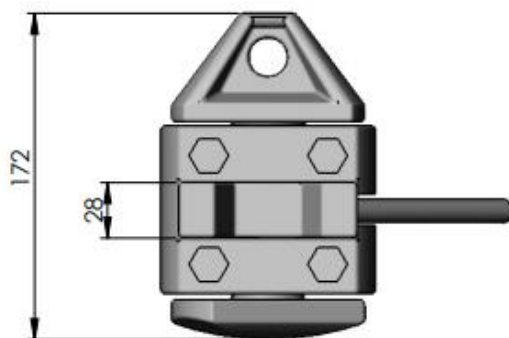
Les unions entre quatre containers s'han previst mitjançant dos Twist Locks pel la transició vertical i dos Bridge Fitting per l'unió horitzontal.

Descripció del Twist lock standar:



Max. Tension: 500 kN
Max. Shear: 420 kN
Max. Compression: 2000 kN

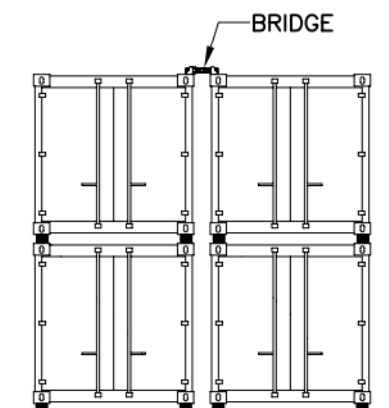
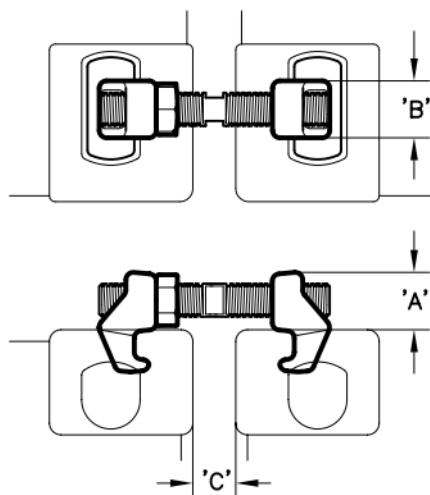
Weight: 4,5 Kg.



Descripció del Twist Bridge Fitting:



DIMENSIONAL DATA
 COMMERCIAL TOLERANCE APPLIES



APPLICATION

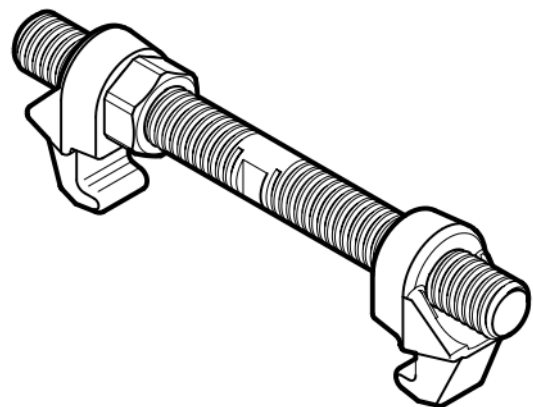
SPECIFICATIONS

MATERIAL:
 STEEL

STRENGTH:
 MINIMUM BREAK-13 TONNES

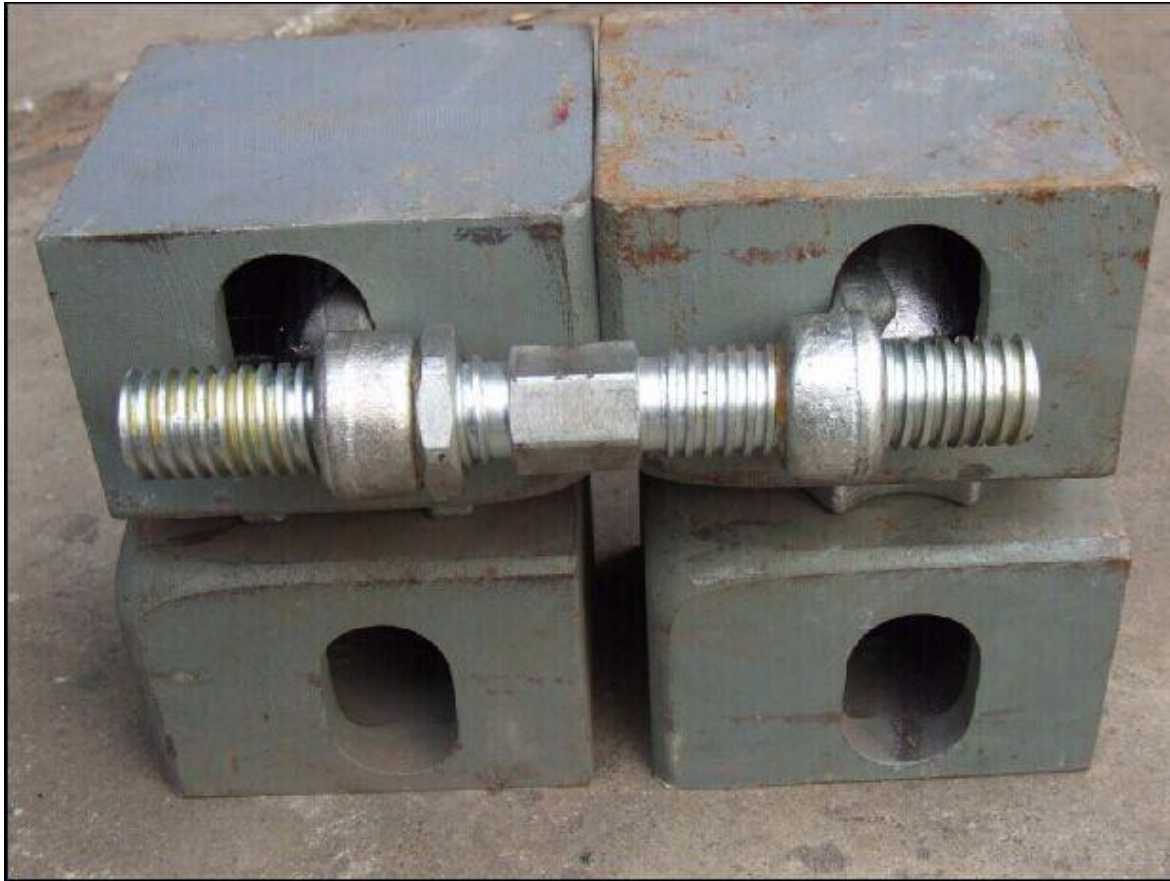
FINISH:
 GALVANIZED

WEIGHT:
 PH2703-13-1N: 5.1 KGS. (11.2 LBS.)
 PH2703-13-3N: 4.3 KGS. (9.5 LBS.)



MODEL NO.	DIM.	'A'	'B'	'C' CONTAINER SPACING
PH2703-13-1N	MM	63.0	62.0	0 TO 229.0
	(INCH)	(2.48)	(2.44)	(0) TO (9.0)
PH2703-13-3N	MM	63.0	62.0	0 TO 102.0
	(INCH)	(2.48)	(2.44)	(0) TO (4.0)

Exemples fotogràfics:

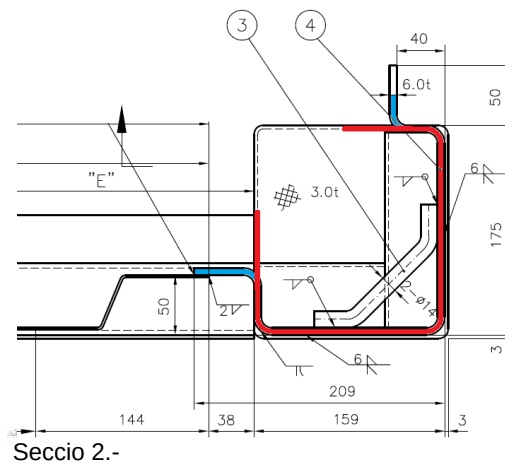
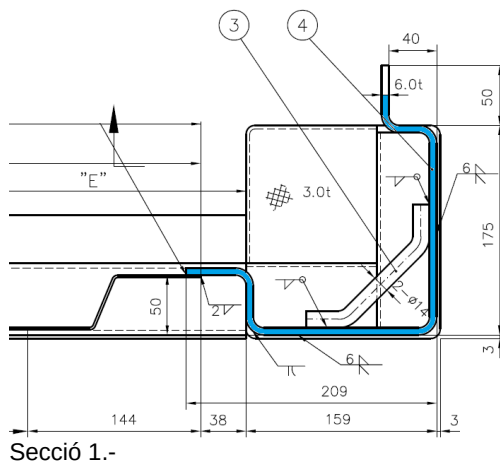


• Perfils modelitzats

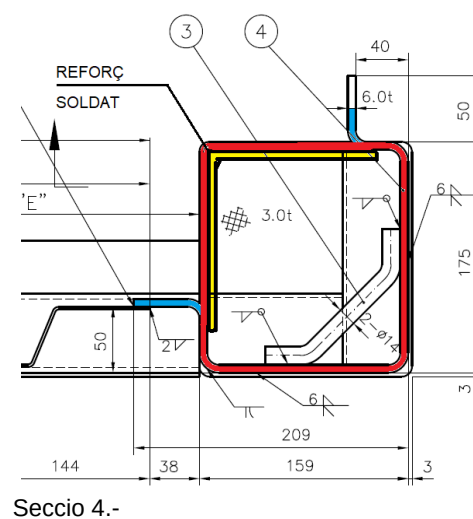
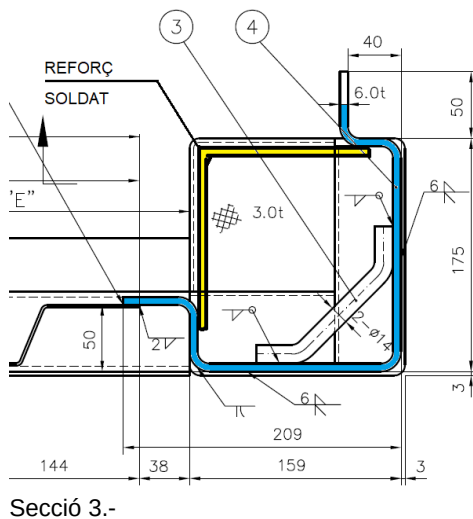
Respecte als perfils en el model de càlcul s'han considerat seccions amb la mateixa forma àrea i secció o en el seu defecte amb la mateixa equivalència.

- Perfil corresponent al muntant posterior:

En les seccions 1 i 2, es pot veure el perfil original de l'estructura del container i al costat en color vermell la secció equivalent introduïda en el primer model del programa de càlcul (que correspon al container sense reforçar), amb la mateixa àrea i el mateix gruix d'ànima :

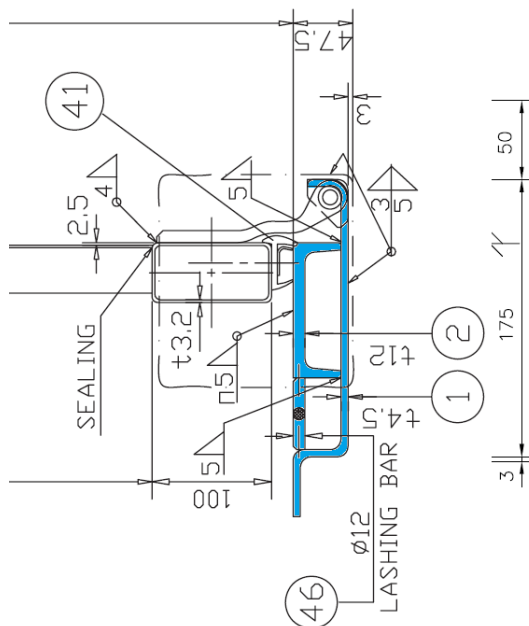


En les seccions 3 i 4, es pot veure el perfil del container amb el reforç proposat (color groc) i al costat en color vermell la secció equivalent introduïda en el segon model del programa de càlcul (que correspon al container reforçat), amb la mateixa àrea i el mateix gruix d'ànima :

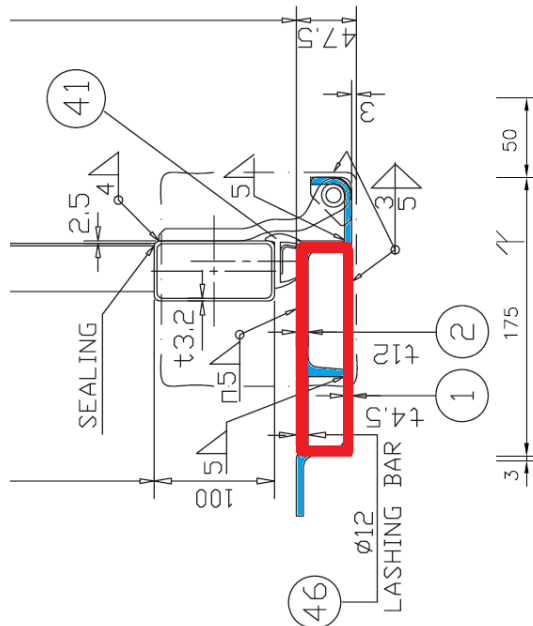


- **Perfil corresponent al muntant de la porta:**

En les seccions 5 i 6, es pot veure el perfil original de l'estructura del container, format per un conjunt de tres peces soldades entre elles i al costat en color vermell la secció equivalent introduïda en el primer model del programa de càlcul (que correspon al container sense reforçar), amb la mateixa àrea però amb un moment d'inèrcia lleugerament inferior i el gruix d'ànima constant mantenint l'àrea total igual al de l'original:

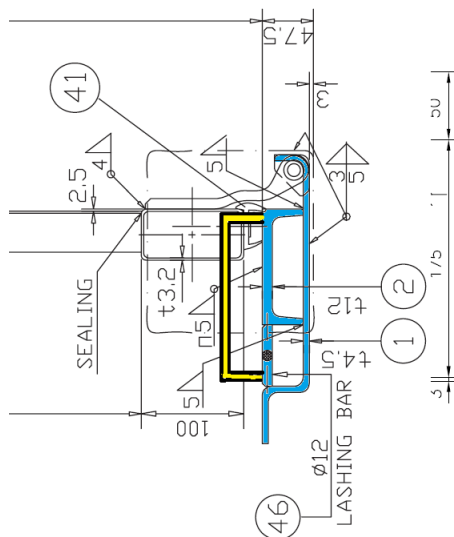


Secció 5.-

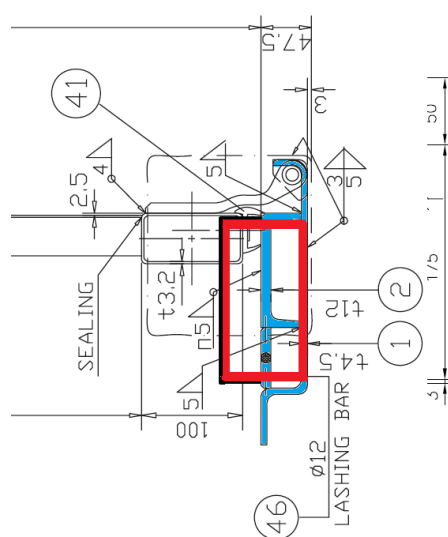


Secció 6.-

En les seccions 7 i 8, es pot veure el perfil del container amb el reforç proposat (de color groc) i al costat en color vermell la secció equivalent introduïda en el segon model del programa de càlcul (que correspon al container reforçat).



Secció 7.-



Secció 8.-

- **Resta de perfils:**

La resta de perfils que conformen el container corresponen a perfils estàndards, per tant s'han modelitzat de forma fidedigna en el model de càlcul realitzat.

- **Xapa de tancament:**

La xapa de tancament és un element estructural rellevant en l'estructura d'un contenidor ja que li dona una gran resistència a flexió longitudinal, en els models de càlcul s'ha modelitzat com a barres verticals amb la secció d'un tram de xapa, que s'han triangulat per tal d'obtenir la rigidesa en el seu pla de treball i simular el seu comportament com a placa plana.

Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP.
Barcelona, Octubre 2018

