MEMÒRIA*

EDIFICI D'USOS MIXTES

AL CARRER CIUTAT DE GRANADA

Dinamització dels espais intersticials al 22@

Pol Clusella Arimany

PFG setembre

BREU INTRODUCCIÓ

El projecte aborda una problemàtica de caràcter urbà (l'abandonament d'alguns espais intersticials de les illes obertes al 22@) des de l'arquitectura, la densificació i la mixtura d'usos. Aquestes i altres qüestions es canalitzen en un edifici que, a través de l'encaix urbà, accentua la permeabilitat de l'illa per tal de dinamitzar-ne els espais intersticials, així com les plantes baixes dels edificis que conformen l'interior d'illa, tot incorporant nous usos que van des del terciari (a carrer) fins al co-habitatge i les oficines (plantes superiors). L'edifici, de planta baixa +6, s'articula entorn d'un atri central que, a més d'optimitzar-ne la despesa energètica, dota els seus diversos usos i usuaris d'un espai semi-exterior habitable tot l'any, juntament amb una franja contínua d'espais exteriors que se situen en aquelles façanes orientades a sud, mirant així de respondre a altres problemàtiques de caràcter global, com l'eminent crisi climàtica, entre d'altres.

***TOT EL MATERIAL CONTINGUT EN AQUEST DOCUMENT, LLEVAT DEL DETALL DELS CÀLCULS D'ESTRUCTURA, ES TROBA AMPLIAT AL DOCUMENT**

SITUACIÓ

L’emplaçament se situa al bell mig del 22@, al Poblenou, cruïlla entre els carrers Sancho de Àvila i Ciutat de Granada. El lloc fou la seu de les ntigues cotxeres d’autobusos de Barcelona, ara ja enderrocades, però de les quals encara en resta de peu una façana. Aquesta, protegida per la llei de patrimoni, és colindant amb un edifici industrial no protegit del qual se’n preveu l’enderroc. Entre d’altres pre-existencies, hi tenim en cos present una de les polèmiques més candents d’ aquests últims anys a la ciutat de Barcelona: la superilla del Poblenou. En el treball l’entendrem, doncs, com una pre-existencia més que no podem obviar, tenint en compte que el projecte tractarà per força -en abordar la dinamització d’ espais interstisials- sobre l’espai públi

ANALISI

A l'anàlisi s'identifiquen dos paràmetres que són condicionants per tal d'encarar l'estratègia: densitat i morfologia

DENSITAT

Observant el mapa de densitat d'habitants de Barcelona al plànol de la ciutat, veiem molt clarament que al Poblenou, i més concretament al 22@ la proporció d'habitatge és molt baixa en relació a la resta de la ciutat. L'ajuntament va suspendre llicències al 22@ el febrer passat per tal de modificar el pla i augmentar l'habitatge. És en aquest context on se situa l'àmbit del projecte, i s'hi mira de donar resposta programàtica aprofitant la suspensió.

MORFOLOGIA

El Poblenou té una morfologia molt diferent de la resta de l'Eixample. Com bé sabem, això es deu a que quan l'Eixample arriba al Poblenou a principis del segle passat, topa amb poca cosa més que amb una munió de cases entorn de l'actual eix Marià Aguiló i Pere 4t, en un teixit principalment agrícola. I el que en resulta d'aquest procés és que, per superposició de parcel·laris, obtenim un teixit molt complex, però també molt ric.

Veiem que hi ha, doncs, també en els teixits, un abisme la morfologia del teixit del Poblenou i la de l'Eixample esquerra. En aquelles superilles que en podem dir "naturals", com son les de Gràcia, Born o Camp de l'Arpa, veiem que el propi traçat dels carrers i la seva discontinuïtat, han fet que de manera "natural" els seus carrers deixessin de ser reservats al cotxe.

ESTRATÈGIA

Tenint en compte l' analisi urbà realitzat a les làmines anteriors, la proposta planteja una volumetria que ajudi a canalitzar els fluxes peatonals provinents de la trama urbana de l' entorn. S' identifiquen, doncs, dos itineraris clars als quals el nou edifici hi respondrà gesticulant en planta baixa, per tal de fer-los palesos a ulls del vianant, amb l' objectiu de convertir-los en itineraris drecera. Es planteja un nou espai - plaça com a part d' aquest recorregut, que se suma a una cadena d' espais intersticials existents

PROGRAMA

PS (+24,6)

SUPERFÍCIES	
HIVERNACLE	310,0m²
AULA POLIVALENT	100m²

PC (+28,6)

SUPERFÍCIES	
COBERTA DENT DE SERRA	410,0m²
COBERTA SOLAR	238,9m²
TERRASSA 1	95,2m²
TERRASSA 2	75,8m²

PT (+10,6 -> + 21,1)

SUPERFÍCIES	
CO-HABITATGE	
HABITATGE TIPUS 1	31,0m² X3
HABITATGE TIPUS 2	57,7m² X2
CUINA ESTAR MENJADOR COMÚ	49,2m²
ESPAI PASSERA-TERRASSA	65,1m²
CO-WORKING	
TALLER	18,3m²
ESPAI TREBALL 1	72,1m²
ESPAI TREBALL 3	73,7m²
NUCLIS DE COMUNICACIONS	23m²
BANYS DE PLANTA	4,6m²

PP (+7,1)

SUPERFÍCIES	
GIMNÀS	
VESTIARI HOMES	32,4m²
VESTIARI DONES	32,4m²
DESPATX 1	17,0m²
DESPATX 2	16,0²
ESPAIS DE PAS I RECEPCIÓ	35m²
SALES DE CARDIO	93,0m²
SALES D'ACTIVITATS 1	93,0m²
SALES D'ACTIVITATS 2	59m²
SALES DE MÀQUINES	72,1m²
ENFERMERIA	14m²
BAR - CAFÈ	31,0²
BANYS DE PLANTA	4,6m²

PB (+0,00) i PA (+4,10)

SUPERFÍCIES	
VESTÍBUL I ATRI	100,0m²
NUCLIS DE COMUNICACIONS	23m²
LOCAL COMERCIAL 1	
A CARRER	93m²
ALTELL	100m²
LOCAL COMERCIAL 2	
A CARRER	119,7m²
ALTELL	147m²
ESPAI POLIVALENT	96m²
SALA TÈCNICA 1	12m²
SALA TÈCNICA 2	18m²

INSTAL·LACIONS

VENTILACIÓ

Habitatge col·lectiu:

Disposaran d'un sistema de ventilació híbrida que garanteixi que l'aire circuli des dels locals secs als humits, amb obertures d'admissió a les sales que comuniquin directament amb l'ex}terior i conductes d'extracció als banys i cuines. A més a més, les cuines dels habitatges disposaran de campanes extractores de fums de cocció amb tubs individuals fins la coberta.
La ventilació híbrida consisteix en l'ús de ventilació natural quan les condicions de temperatura i pressió són favorables i ventilació forçada (conductes amb aspirador híbrid a la boca d'expulsió) només quan són desfavorables.

Locals comercials, sala polivalent i gimnàs:

Per tal de controlar la qualitat de l'aire s'utilitza la uni}tat de tractament de l'aire disposada en coberta ja que permet tant l'extracció d'aire viciat com l'apor}tació des de l'exterior d'aire primari.
El sistema consisteix en un climatitzador aerotèrmic que absorbeix aire primari de l'exterior i l'expulsa a l'interior com a aire climatitzat, a la vegada que extreu l'aire viciat de l'interior i l'expulsa a l'exterior com a aire exhaust.
Incorpora una bomba de calor reversible que pot produir fred o calor a demanda i un recuperador de calor que intercanvia els dos fluxos d'aire esmentats per tal de cedir l'energia de l'un a l'altre i així obtenir un guany energètic.

CLIMATITZACIÓ

Habitatge col·lectiu: S'escull un sistema de terra radiant/refrescant que crea un ambient més saludable al eliminar les corrents d'aire i els salts de temperatura ja que distribueix l'energia (calor/fred) uniformement.
El sistema permet una temperatura de confort de 25º amb l'escalfament o la refrigeració d'espais a partir de conductes d'aigua provinents d'una bomba de calor reversible (aerotermia). Pot arribar a temperatures de fins a 50º per tal d'escalfar l'aigua i de fins a 16º per tal de refrigerar-la. Es planeja zonificar la superfície per cada habitatge i sala comú i així independitzar circuits i atorgar el control de la temperatura a cada usuari. S'afegirà un sistema de deshumidificació per evitar el risc de condensació dels terres.

Locals comercials, gimnàs i sala polivalent: La seva climatització es planteja a través d'unitats fancoil aire-aigua, ja que l'ús d'aquests espais és més intermitent i no convé un sistema amb inèrcia. La unitat fancoil triada consta de 4 tubs, dos de impulsió i dos de retorn, d'aigua freda i calenta provinents de les bombes de calor. Aquesta aigua és l'encarregada de climatitzar l'aire que posteriorment és expulsat als espais interiors.

INCENDIS

Degut que l'ocupació no excedeix, en cap de les plantes, els límits d'ocupació, només caldria una sortida de planta però donat que la distància dels recorreguts d'evacuació fins la sortida és insuficient es projecten dues sortides protegides amb recorreguts de menys de 35m.

SUBMINISTRE ACS

L'escalfament d'aigua es realitzarà mitjançant un sistema de bomba de calor col·locada en planta baixa. Aquest sistema estarà connectat alhora a una xarxa de geotèrmia per maximitzar el rendiment dels aparells aconseguint una temperatura òptima.

La bomba de calor, els dipòsits i el grup elevador de pressió estaràn alimentats elèctricament per les plaques solars fotovoltaiques col·locades a coberta, que disposen de potència suficient per suportar la demanda energètica.

ELECTRICITAT

El subministrament provindrà de l'escomesa. Les CGP es situaran en façana registrables des de l'exterior i els comptadors en punts accessibles dels vestíbuls.

Es proposa una instal·lació fotovoltaica en coberta per a la producció d'energia que serà enregistra}da per un comptador bidireccional situat en planta baixa. Aquesta energia serà cedida a la xarxa fet que suposarà una reducció dels costos d'electricitat.

La instal·lació s'ha dimensionat amb les dades de la radiació solar a l'emplaçament del projecte.

SUBMINISTRE ACS

L'escalfament d'aigua es realitzarà mitjançant un sistema de bomba de calor coL·locada en planta baixa. Aquest sistema estarà connectat alhora a una xarxa de geotèrmia per maximitzar el rendiment dels aparells aconseguint una temperatura òptima.

La bomba de calor, els dipòsits i el grup elevador de pressió estaran alimentats elèctricament per les plaques solars fotovoltaiques col·locades a coberta, que disposen de potència suficient per suportar la demanda energètica.

ESTRATEGIA CLIMÀTICA

ESTIU

L'estratègia bioclimàtica a l'ESTIU es basa a potenciar la **ventilació natural** a través de l'atri i les façanes per dissipar la calor i l'aire viciat. L'atri situat al centre de la planta de l'edifici, al qual totes les estances s'hi aboquen, afavoreix la **ventilació creuada**, ja que, a causa de les diferències de pressió que es genera en escalfar-se l'aire de la part superior, funciona com un gran **extractor natural**.

A les façanes on hi ha incidència solar es planteja una **protecció practicable** per evitar que la radiació entri a l'espai habitable i el sobreescalfi.
Tot i això, es complementa el sistema passiu amb un terra refrigerant als habitatges i aire als locals comercials i de treball compartit.

HIVERN

L'estratègia bioclimàtica a l'HIVERN es basa en la captació solar a través d'uns espais que funcionen com **esmorteïdors tèrmics**: l'atri central i la galeria sud, tant als habitatges com a les zones comuns. Aquests espais estan tancats amb superfícies de policarbonat, de manera que la radiació solar captada s'acumula a l'interior, sent absorbida per les parets i el paviment, que, gràcies a la **inèrcia tèrmica** dels materials, aquesta calor acumulada és després cedida de nou a l'ambient. D'aquesta manera, a través de l'**efecte hivernacle** generat, s'augmenta progressivament la temperatura interior sense necessitat d'utilitzar sistemes d'escalfament actius. Tot i això, es complementa el sistema passiu amb un terra radiant als habitatges i aire als locals comercials i de treball.

ESTRUCTURES

Càrregues considerades:

Pes propi:

- Planta tipus: 4.82 kN/m^2
  - Forjat reticular h: 30+5: 4.82 kN/m^2
  - Llosa macisa h: 30: 7.50 kN/m^2
- Pèrgola policarbonat: 0.04 kN/m^2
  - Policarbonat cel·lular 40mm: 0.04 kN/m^2
- Pèrgola xapa: 0.11 kN/m^2
  - Xapa grecada d'acer galvanitzat d'intereix 20 cm i cantell 60 mm: 0.11 kN/m^2

Carregues permanents:

- Planta tipus: 2.00 kN/m^2
  - Paviment: 1.00 kN/m^2
  - Envans: 1.00 kN/m^2
- Planta tipus sota coberta: 2.00 kN/m^2
  - Coberta plana transitable: 2.00 kN/m^2
- Pèrgola xapa: 0.20 kN/m^2
  - Panell solar fotovoltaic: 0.20 kN/m^2

Sobrecàrrega d´ús:

- Planta tipus: 2.00 kN/m^2
  - A1 Zona residencial, habitatge i zona d'habitacions: 2.00 kN/m^2
- Planta tipus altell: 2.00 kN/m^2
  - C1 Zona d'accés al públic amb taules i cadires: 2.00 kN/m^2
- Planta tipus principal: 5.00 kN/m^2
  - C4 Zona d'accés al públic destinat a gimnàs o activitat física: 5.00 kN/m^2
- Pèrgoles: 0.40 kN/m^2
  - G1 Coberta lleugera sobre corretjes: 0.40 kN/m^2

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m^2]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1(7)	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1(4) (6)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5)	0.4(4)	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Vent:

Zona C: q_b = 0.52 kN/m^2
Zona urbana en general, z = 24 m: 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

Façanes de l'edifici principal

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

Vent en direcció X:

0.52 kN/m^2 · 2.4 · 0.8 = 1.00 kN/m^2

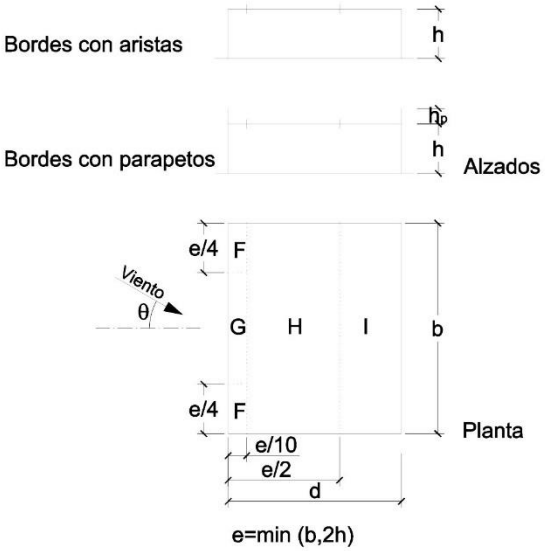
0.52 kN/m^2 · 2.4 · (-0.5) = - 0.62 kN/m^2

Vent en direcció Y:

0.52 kN/m^2 · 2.4 · 0.8 = 1.00 kN/m^2

0.52 kN/m^2 · 2.4 · (-0.4) = - 0.50 kN/m^2

Tabla D.4 Cubiertas planas



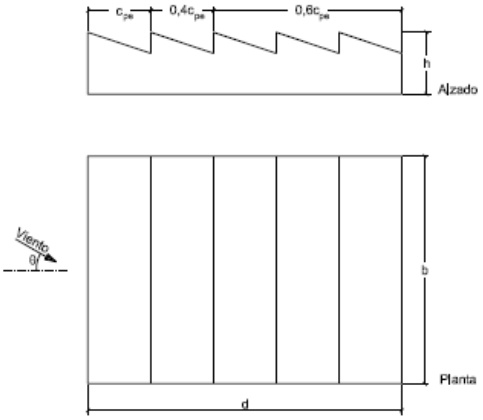
	h_p/h	A (m^2)	Zona (según figura), $-45^o < \theta < 45^o$			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,2
Con parapetos	0,025	≥ 10	-1,6	-1,1	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,2
	0,05	≥ 10	-1,4	-0,9	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,2
	0,10	≥ 10	-1,2	-0,8	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,2

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5º

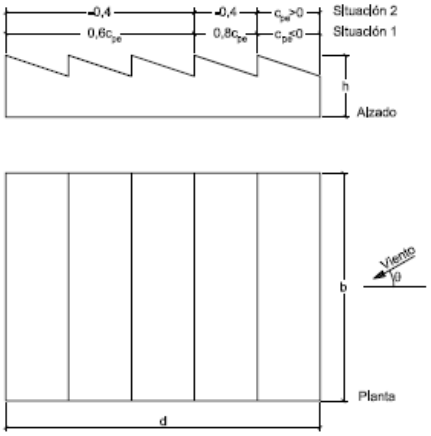
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.7) = -\ 0.87\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot 0.2 = 0.25\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.2) = -0.25\ kN/m^2$

Tabla D.8 Cubiertas en diente de sierra

a) Dirección del viento -45º ≤ θ ≤ 45º



b) Dirección del viento -45º ≤ θ ≤ 45º

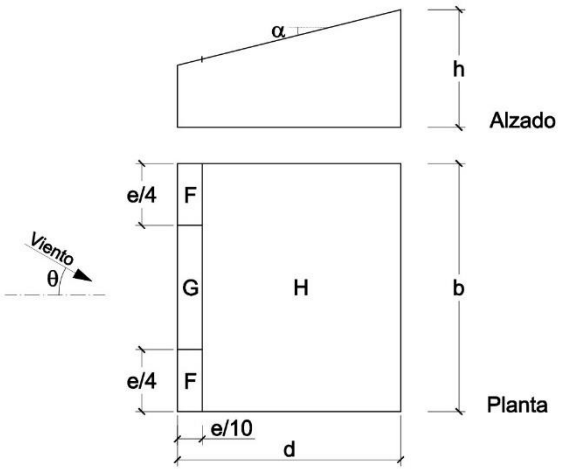


Notas:

- Los coeficientes de presión para cada faldón se podrán tomar de la tabla relativa a cubierta a un agua, modificándolos de acuerdo con las indicaciones de las figuras a) y b) anteriores.
- En el caso de la figura b) se deberán considerar dos situaciones. En la primera el viento ejerce una presión sobre la cubierta del primer faldón a barlovento, y en la segunda la misma cubierta está sometida a una succión del viento.

Tabla D.5 Cubiertas a un agua.

a) Dirección del viento -45º ≤ θ ≤ 45º



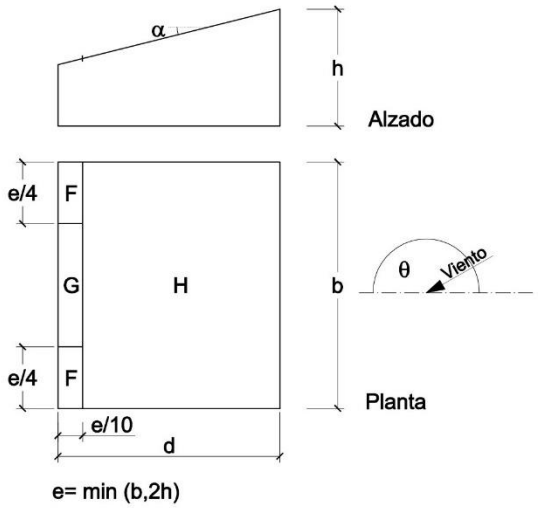
e= min (b,2h)

Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura), -45º < θ < 45		
		F	G	H
5º	≥ 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
15º	≥ 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
30º	≥ 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
45º	≥ 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
60º	≥ 10	0,7	0,7	0,7
	≤ 1	0,7	0,7	0,7
75º	≥ 10	0,8	0,8	0,8
	≤ 1	0,8	0,8	0,8

$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.3) \cdot 1 = -\ 0.37\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.3) \cdot 0.40 = -\ 0.15\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.3) \cdot 0.60 = -\ 0.22\ kN/m^2$

$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot 0.2 \cdot 1 = 0.25\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot 0.2 \cdot 0.40 = 0.10\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot 0.2 \cdot 0.60 = 0.15\ kN/m^2$

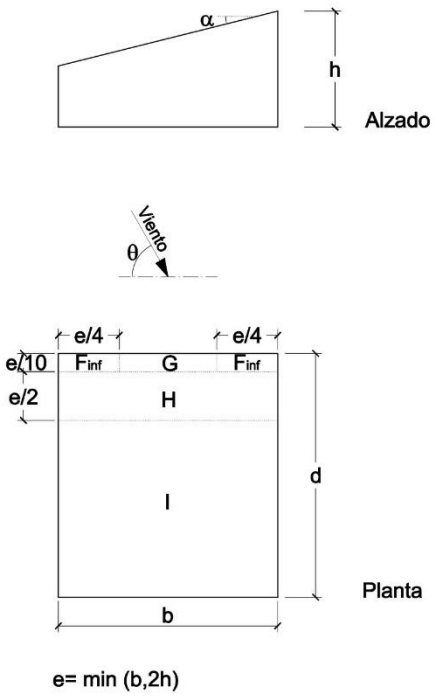
b) Dirección del viento 135º ≤ θ ≤ 225º



Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura), 135º ≤ θ ≤ 225º		
		F	G	H
5º	≥ 10	-2,3	-1,3	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2
15º	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9
	≤ 1	-2,8	-2,0	-1,2
30º	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,3	-1,5	-0,8
45º	≥ 10	-0,6	-0,5	-0,7
	≤ 1	-1,3	-0,5	-0,7
60º	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,5
	≤ 1	-1,0	-0,5	-0,5
75º	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,5
	≤ 1	-1,0	-0,5	-0,5

$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.9) \cdot 1 = -1.12\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.9) \cdot 0.8 = -0.90\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.9) \cdot 0.6 = -0.67\ kN/m^2$
$0.52\ kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.4) = -0.50\ kN/m^2$

c) Dirección del viento 45º ≤ θ ≤ 135º



Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura), 45º ≤ θ ≤ 135º				
		F_{inf}	F_{sup}	G	H	I
5º	≥ 10	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,4	-2,6	-2,0	-1,2	-0,5
15º	≥ 10	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7
	≤ 1	-2,4	2,9	-2,5	-1,2	-1,2
30º	≥ 10	-1,3	-2,1	-1,5	-1,0	-0,8
	≤ 1	-2,0	-2,9	-2,0	-1,3	-1,2
45º	≥ 10	-1,3	-1,5	-1,4	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,4	-2,0	-1,3	-1,2
60º	≥ 10	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,7
	≤ 1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
75º	≥ 10	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-0,5

0.52 $kN/m^2 \cdot 2.4 \cdot (-0.7) = -0.87\ kN/m^2$

Neu:

- Forjat coberta: 0.40 kN/m^2
  Zona climàtica 2, 0 m.s.n.m.: 0.4 kN/m^2

PREDIMENSIONAMENT DE FORJAT

el predimensinat serien 7m/(23 · 0.8) = 0.38 m

Tabla 50.2.2.1.a
Relaciones *L/d* en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple

Sistema estructural *L/d*	*K*	Elementos fuertemente armados: ρ = 1,5%	Elementos débilmente armados ρ = 0,5%
Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada	1,00	14	20
Viga continua[1] en un extremo. Losa unidireccional continua[1,2] en un solo lado	1,30	18	26
Viga continua[1] en ambos extremos. Losa unidireccional o bidireccional continua[1,2]	1,50	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,15	16	23
Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,20	17	24
Voladizo	0,40	6	8

[1] Un extremo se considera continuo si el momento correspondiente es igual o superior al 85% del momento de empotramiento perfecto.
[2] En losas unidireccionales, las esbelteces dadas se refieren a la luz menor.
[3] En losas sobre apoyos aislados (pilares), las esbelteces dadas se refieren a la luz mayor.

50.2.2.1
Cantos mínimos

En vigas y losas de edificación, no será necesaria la comprobación de flechas cuando la relación luz/canto útil del elemento estudiado sea igual o inferior al valor indicado en la tabla 50.2.2.1.a Para vigas o losas aligeradas con sección en T, en que la relación entre la anchura del ala y del alma sea superior a 3, las esbelteces *L/d* deben multiplicarse por 0,8.

Comprovació del pilar més desfavorable:

Els esforços pèssims sobre la barra vertical obtinguts amb Cype3D són:

$$N_{ed} = -123.83\ kN$$

Utilitzarem un perfil HEB120, comprovarem la classe de secció del perfil:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.924$$

Ànima:

$$\frac{c}{t} = \frac{74}{6.5} = 11.38 \leq 33\varepsilon = 30.49 \rightarrow Classe\ 1$$

Ala:

$$\frac{c}{t} = \frac{44.75}{11} = 4.07 \leq 9\varepsilon = 8.32 \rightarrow Classe\ 1$$

Per tant la secció es classe 1.

Per calcular el coeficient de guerxament, comprovarem l'esveltesa a l'eix dèbil:

$$\lambda_z = \frac{3\ 500\ mm \cdot 1}{30.6\ mm} = 114.38$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{114.38}{93.9\varepsilon} = 1.318$$

$$\varphi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \bar{\lambda}^2\right]$$

$$corba\ c \rightarrow \alpha = 0.49$$

$$\varphi = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (1.318 - 0.2) + 1.318^2] = 1.642$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}_y{}^2}} = \frac{1}{1.642 + \sqrt{1.642^2 - 1.318^2}} = 0.381$$

Comprovarem la secció a compressió amb guerxament:

$$N_{Ed} \leq \chi \cdot N_{Rd}$$

$$123.83\ kN \leq 0.381 \cdot 890.48\ kN = 339.27\ kN \rightarrow COMPLEIX$$

$$N_{Rd} = A \cdot f_{yd} = 3\ 400\ mm^2 \cdot \frac{275\ N/mm^2}{1.05} = 890.48\ kN$$

Comprovació del cordó inferior més desfavorable:

Els esforços pèssims sobre la barra horitzontal obtinguts amb Cype3D són:

$$N_{ed} = -104.20\ kN$$

Utilitzarem un perfil tubular de 150 x 60 mm de 8 mm de guix, comprovarem la classe de secció del perfil:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.924$$

Costat 150mm:

$$\frac{c}{t} = \frac{134}{8} = 16.75 \leq 33\varepsilon = 30.49 \rightarrow Classe\ 1$$

Costat 60mm:

$$\frac{c}{t} = \frac{44}{8} = 5.50 \leq 33\varepsilon = 30.49 \rightarrow Classe\ 1$$

Per tant la secció es classe 1.

Les característiques de la secció són:

$$A = b \cdot h - b' \cdot h' = 150\ mm \cdot 60\ mm - 134mm \cdot 44mm = 3\ 104\ mm^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{b' \cdot h'^3}{12} = \frac{60\ mm \cdot (150\ mm)^3}{12} - \frac{44\ mm \cdot (134\ mm)^3}{12} = 8\ 052\ 618\ mm^4$$

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{b' \cdot h'^3}{12} = \frac{150\ mm \cdot (60\ mm)^3}{12} - \frac{134\ mm \cdot (44\ mm)^3}{12} = 1\ 748\ 778\ mm^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{8\ 052\ 618\ mm^4}{3\ 104\ mm^2}} = 50.93\ mm$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1\ 748\ 778\ mm^4}{3\ 104\ mm^2}} = 23.74\ mm$$

Per calcular el coeficient de guerxament, comprovarem l'esveltesa a l'eix dèbil:

$$\lambda_z = \frac{1\,237\ mm \cdot 1}{23.74\ mm} = 52.12$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{52.12}{93.9\varepsilon} = 0.601$$

$$\varphi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \bar{\lambda}^2\right]$$

$$corba\ a \rightarrow \alpha = 0.21$$

$$\varphi = 0.5 \cdot [1 + 0.21 \cdot (0.601 - 0.2) + 0.601^2] = 0.723$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}_y{}^2}} = \frac{1}{0.723 + \sqrt{0.723^2 - 0.601^2}} = 0.889$$

Comprovarem la secció a compressió amb guerxament:

$$N_{Ed} \leq \chi \cdot N_{Rd}$$

$$104.20\ kN \leq 0.889 \cdot 813.95\ kN = 723.32\ kN \rightarrow COMPLEIX$$

$$N_{Rd} = A \cdot f_{yd} = 3\,104\ mm^2 \cdot \frac{275\ N/mm^2}{1.05} = 812.95\ kN$$

Comprovació de la diagonal més desfavorable:

Els esforços pèssims sobre la barra diagonal obtinguts amb Cype3D són:

$$N_{ed} = -86.34\ kN$$

Utilitzarem un perfil tubular de 60 x 60 mm de 5 mm de guix, comprovarem la classe de secció del perfil:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.924$$

Costat:

$$\frac{c}{t} = \frac{50}{5} = 10 \leq 33\varepsilon = 30.49 \rightarrow Classe\ 1$$

Per tant la secció es classe 1.

Les característiques de la secció són:

$$A = b \cdot h - b' \cdot h' = 60\ mm \cdot 60\ mm - 50mm \cdot 50mm = 1\ 100\ mm^2$$

$$I_y = I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{b' \cdot h'^3}{12} = \frac{60\ mm \cdot (60\ mm)^3}{12} - \frac{50\ mm \cdot (50\ mm)^3}{12} = 559\ 167\ mm^4$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{559\ 167\ mm^4}{1\ 100\ mm^2}} = 22.55\ mm$$

Per calcular el coeficient de guerxament, comprovarem qualsevol dels dos eixos:

$$\lambda_z = \frac{2\ 305\ mm \cdot 1}{22.55\ mm} = 102.22$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{102.22}{93.9\varepsilon} = 1.178$$

$$\varphi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \bar{\lambda}^2\right]$$

$$corba\ a \rightarrow \alpha = 0.21$$

$$\varphi = 0.5 \cdot [1 + 0.21 \cdot (1.178 - 0.2) + 1.178^2] = 1.297$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}_y{}^2}} = \frac{1}{1.297 + \sqrt{1.297^2 - 1.178^2}} = 0.544$$

Comprovarem la secció a compressió amb guerxament:

$$N_{Ed} \leq \chi \cdot N_{Rd}$$

$$86.34\ kN \leq 0.544 \cdot 288.10\ kN = 156.68\ kN \rightarrow COMPLEIX$$

$$N_{Rd} = A \cdot f_{yd} = 1\ 100\ mm^2 \cdot \frac{275\ N/mm^2}{1.05} = 288.10\ kN$$

Comprovació de la deformació total a la pèrgola:

La màxima deformació sobre l'estructura obtinguts amb Cype3D són:

Pòrtic 1, llum petita:

$$F = 9.90\ mm$$

$$L/300 = \frac{12\ 500\ mm}{300} = 41.66\ mm$$

$$9.90\ mm < 41.66\ mm \rightarrow COMPLEIX$$

Pòrtic 1, llum gran:

$$F = 7.22\ mm$$

$$L/300 = \frac{14\ 000\ mm}{300} = 46.66\ mm$$

$$7.22\ mm < 46.66\ mm \rightarrow COMPLEIX$$

Pòrtic 2:

$$F = 12.09\ mm$$

$$L/300 = \frac{9\ 900\ mm}{300} = 33.00\ mm$$

$$12.09\ mm < 33.00\ mm \rightarrow COMPLEIX$$

Pilar 450 x 450 mm (P24)

Comprovació resistència:

Envolupant E.L.U.

$$N_{Ed} = 4\,618.4\ kN$$
$$M_{y,Ed} = 43.6\ kNm$$
$$M_{z,Ed} = 111.5\ kNm$$

$$A_c = c^2 = (450\ mm)^2 = 202\,500\ mm^2$$

$$I_y = I_z = \frac{c^4}{12} = \frac{(450\ mm)^4}{12} = 3\,417\,187\,500\ mm^4$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3\,417\,187\,500\ mm^4}{202\,500\ mm^2}} = 129.90\ mm$$

-Comprovació a compressió amb guerxament amb flexió composta:

L'excentricitat del pilar en cada eix és:

$$e_{min} = \begin{cases} \dfrac{h}{20} \\ > 20\ mm \end{cases} \rightarrow 22.5\ mm$$

$$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{43.6\ kNm}{3\,618.4\ kN} = 0.012\ m = 12\ mm$$

$$e_z = \frac{M_{z,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{115.5\ kNm}{3\,618.4\ kN} = 0.032\ m = 32\ mm$$

Comprovarem si s'han de considerar efectes de segon ordre:

$$\lambda_m = \frac{\beta \cdot l}{i_y} = \frac{4\,100\ mm}{129.9\ mm} = 31.56$$

$$\lambda_{inf} = 35\sqrt{\frac{C}{\nu} \cdot \left[1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4\left(\frac{e_1}{e_2} - 1\right)^2\right]} \leq 100$$

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{4\,618\,400\ N}{202\,500\ mm^2 \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 1.368$$

$$C = 0.20 \rightarrow armat\ a\ quatre\ cares$$

$$\lambda_{inf} = 35\sqrt{\frac{0.20}{1.368} \cdot \left[1 + \frac{0.24}{32/450} + 3.4\left(\frac{-22.5}{32} - 1\right)^2\right]} \leq 100 = 50.50$$

$$\lambda_{m,y} < \lambda_{inf} \rightarrow No\ cal\ considerar\ efectes\ de\ segon\ ordre$$

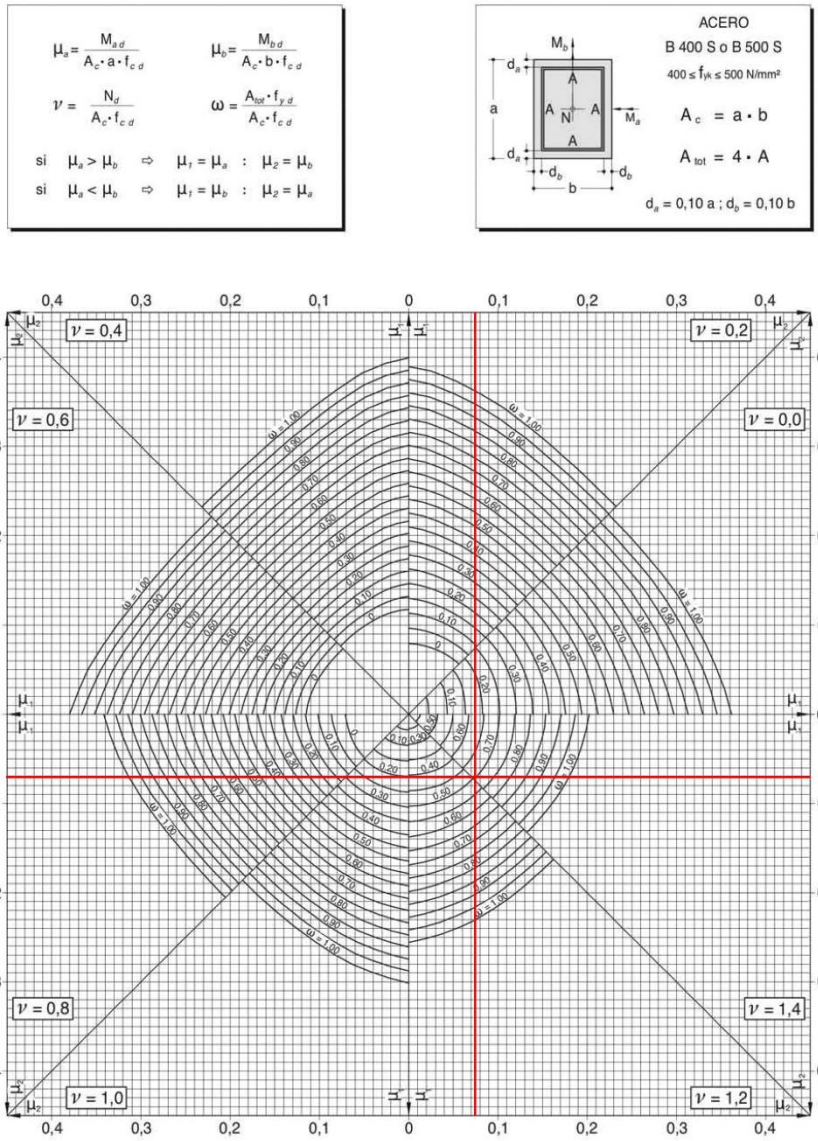
Obtindrem l'armat utilitzant l'àbac de flexió esviada:

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{4\,618\,400\ N}{202\,500\ mm^2 \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 1.368$$

$$\mu_1 = \frac{M_{y,ed}}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{4\,618\,400\ N \cdot 22.5\ mm}{202\,500\ mm^2 \cdot 450\ mm \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 0.068$$

$$\mu_2 = \frac{M_{z,ed}}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{111\,500\,000\ Nmm}{202\,500\ mm^2 \cdot 450\ mm \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 0.073$$

ÁBACO EN ROSETA PARA FLEXIÓN ESVIADA



$$\omega = \frac{A_{tot} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \rightarrow 0.70 = \frac{A_{tot} \cdot 500\ N/mm^2/1.15}{202\,500\ mm^2 \cdot 25\ N/mm^2/1.5}$$

$$A_{tot} = 5\,434\ mm^2 \rightarrow 18\emptyset 20\ \rightarrow 5\emptyset 20\ per\ cara$$

Pilar ø 450 mm (P10)

Comprovació resistència:

Envolupant E.L.U.

$$N_{Ed} = 2\,255.4\ kN$$
$$M_{y,Ed} = 210.6\ kNm$$
$$M_{z,Ed} = 115.3\ kNm$$

$$A_c = r^2 \cdot \pi = (225\ mm)^2 \cdot \pi = 159\,043\ mm^2$$

$$I_y = I_z = \frac{r^4 \cdot \pi}{4} = \frac{(225\ mm)^4 \cdot \pi}{4} = 2\,012\,889\,590\ mm^4$$
$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2\,012\,889\,590\ mm^4}{159\,043\ mm^2}} = 112.5\ mm$$

-Comprovació a compressió amb guerxament amb flexió composta:

L'excentricitat del pilar en cada eix és:

$$e_{min} = \begin{cases} \dfrac{h}{20} \\ > 20\ mm \end{cases} \rightarrow 22.5\ mm$$

$$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{210.6\ kNm}{2\,255.4\ kN} = 0.093\ m = 93\ mm$$

$$e_z = \frac{M_{z,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{115.5\ kNm}{2\,255.4\ kN} = 0.051\ m = 51\ mm$$

Comprovarem si s'han de considerar efectes de segon ordre:

$$\lambda_m = \frac{\beta \cdot l}{i_y} = \frac{7\,100\ mm}{112.5\ mm} = 63.11$$

$$\lambda_{inf} = 35\sqrt{\frac{C}{\nu} \cdot \left[1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4\left(\frac{e_1}{e_2} - 1\right)^2\right]} \leq 100$$

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2\,255\,400\ N}{159\,043\ mm^2 \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 0.851$$

$$C = 0.20 \rightarrow armat\ pilar\ circular$$

$$\lambda_{inf} = 35\sqrt{\frac{0.20}{0.851} \cdot \left[1 + \frac{0.24}{93/450} + 3.4\left(\frac{-51}{93} - 1\right)^2\right]} \leq 100 = 54.49$$

$$\lambda_m > \lambda_{inf} \rightarrow Cal\ considerar\ efectes\ de\ segon\ ordre$$

$$e_a = (1 + 0.12 \cdot \beta) \cdot (\varepsilon_y + 0.0035) \cdot \frac{h + 20 \cdot e_1}{h + 10 \cdot e_2} \cdot \frac{l^2}{50 \cdot i_y}$$

$$\beta = 2.00 \rightarrow armat\ pilar\ circular$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{500\ N/mm^2/1.15}{210\,000\ N/mm^2} = 0.0021$$

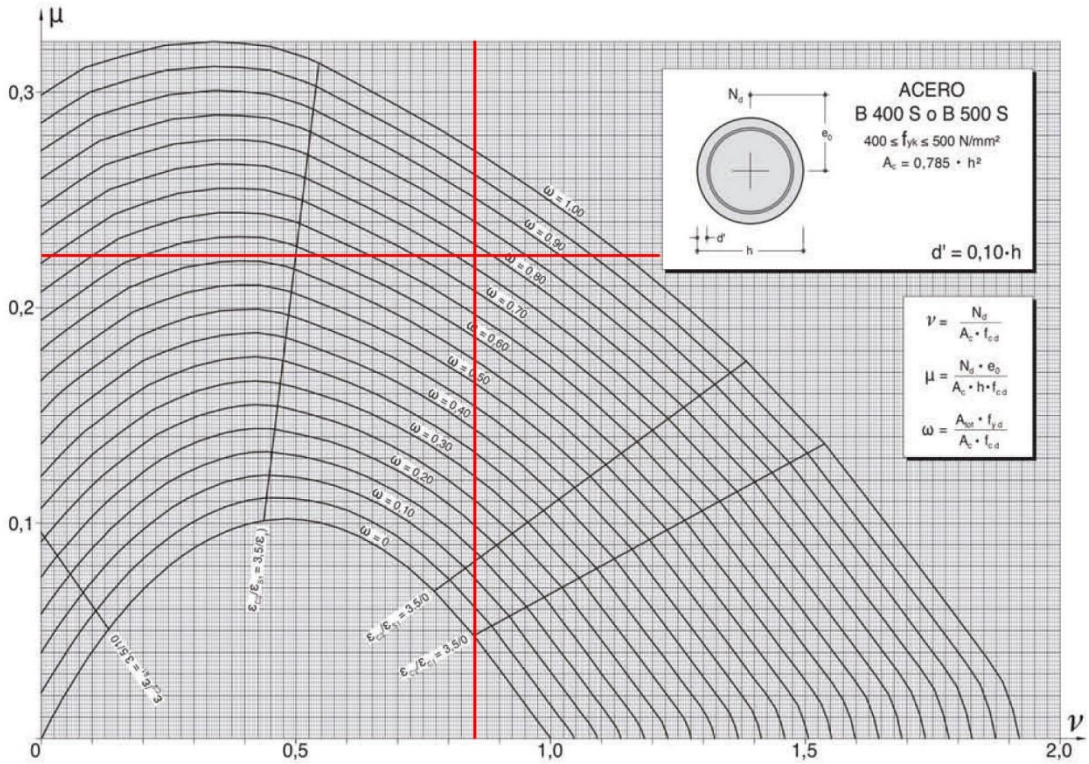
$$e_a = (1 + 0.12 \cdot 2) \cdot (0.0021 + 0.0035) \cdot \frac{450\ mm + 20 \cdot 51\ mm}{450\ mm + 10 \cdot 93\ mm} \cdot \frac{(7\,100\ mm)^2}{50 \cdot 112.5\ mm} = 25.70\ mm$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_a + M_{y0,Ed} = 2\,255\,400\ N \cdot 25.70\ mm + 210\,600\,000\ Nmm = 268\,563\,780\ Nmm$$

Obtindrem l'armat utilitzant l'àbac de flexió esviada:

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2\,255\,400\ N}{159\,043\ mm^2 \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 0.851$$

$$\mu_1 = \frac{M_{y,ed}}{A_c \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{268\,563\,780\ Nmm}{159\,043\ mm^2 \cdot 450\ mm \cdot 25\ N/mm^2/1.5} = 0.225$$



$$\omega = \frac{A_{tot} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \rightarrow 0.80 = \frac{A_{tot} \cdot 500\ N/mm^2/1.15}{159\,043\ mm^2 \cdot 25\ N/mm^2/1.5}$$

$$A_{tot} = 4\,877\ mm^2 \rightarrow 16\emptyset 20$$

Fonamentació al pilar més desfavorable (P24)

Reacció sobre el terreny

$$N_{Ed} = 4\,638.3\ kN$$

La resistència de disseny de cada pilot és:

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R}$$

La resistència característica total és:

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk}$$

$$R_{pk} = q_p \cdot A_p = 576\ kN/m^2 \cdot (0.25\ m)^2 \cdot \pi = 113.10\ kN$$

$$R_{fk} = \int_0^L \tau_f \cdot p_f\ dz = 39.02\ kN/m^2\ \cdot 0.50\ m \cdot \pi \cdot L = 61.29\ \cdot L\ kN$$

La resistència unitària per punta:

$$q_p = N_p \cdot c_u = 9 \cdot 64\ kPa = 576\ kN/m^2$$

La resistència unitària per fust:

$$\tau_f = \frac{100 \cdot c_u}{100 + c_u} = \frac{100 \cdot 64}{100 + 64} = 39.02\ kN/m^2$$

La resistència al tall sense drenatge en cas de llims:

$$c_u = 0.32 \cdot \sigma_d = 0.32 \cdot 200\ kPa = 64\ kPa = 64\ kN/m^2$$

Suposarem agrupacions de 4 pilots de diàmetre 0.50 m sota cada pilar.

$$R_{ck} = 4\ 638.3\ kN/4 = 1\ 159.58\ kN$$

$$1\ 159.58\ kN = 113.10\ kN + 61.29 \cdot L\ kN \rightarrow L = 17.07\ m \rightarrow 17.10\ m$$