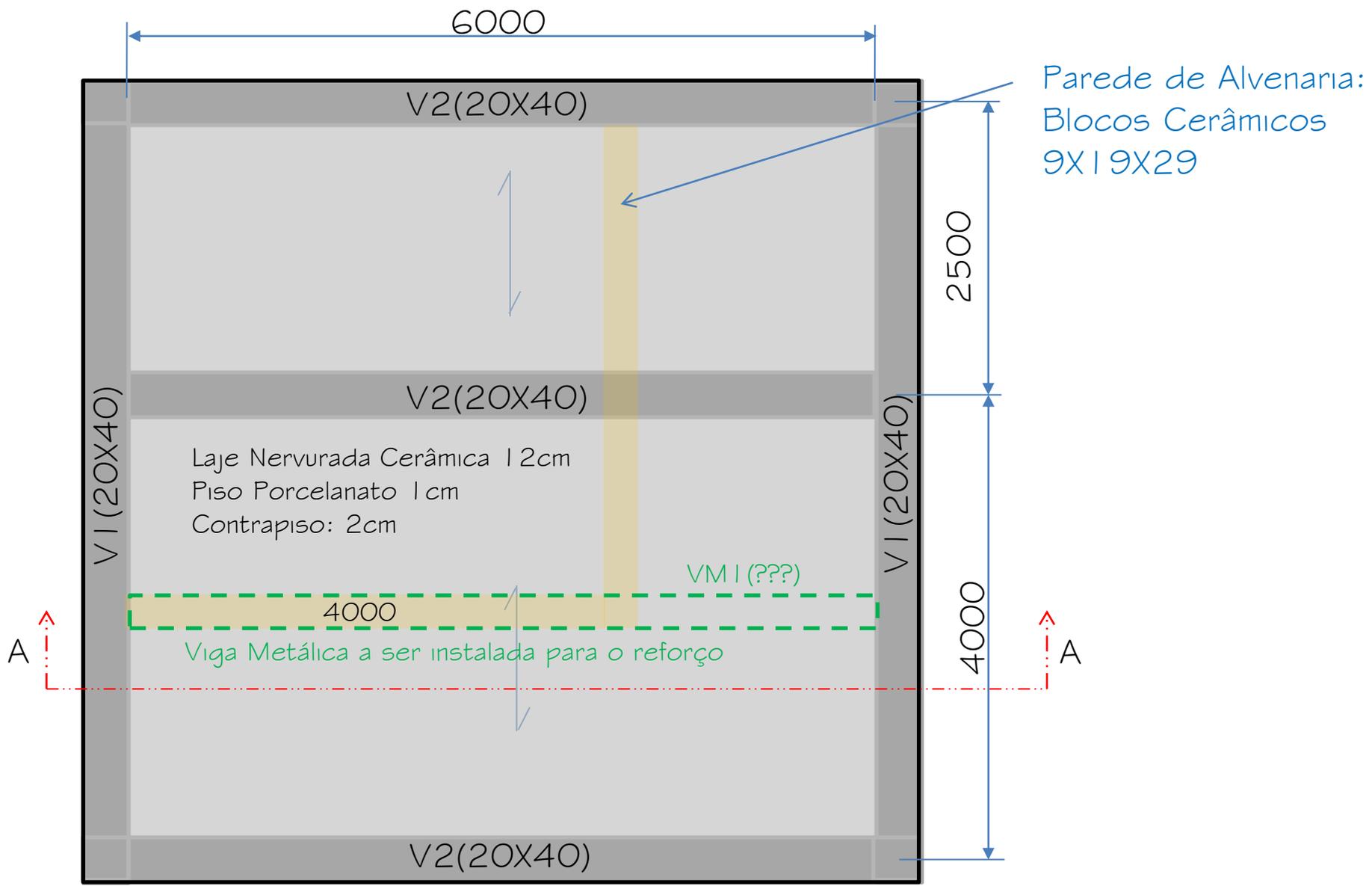


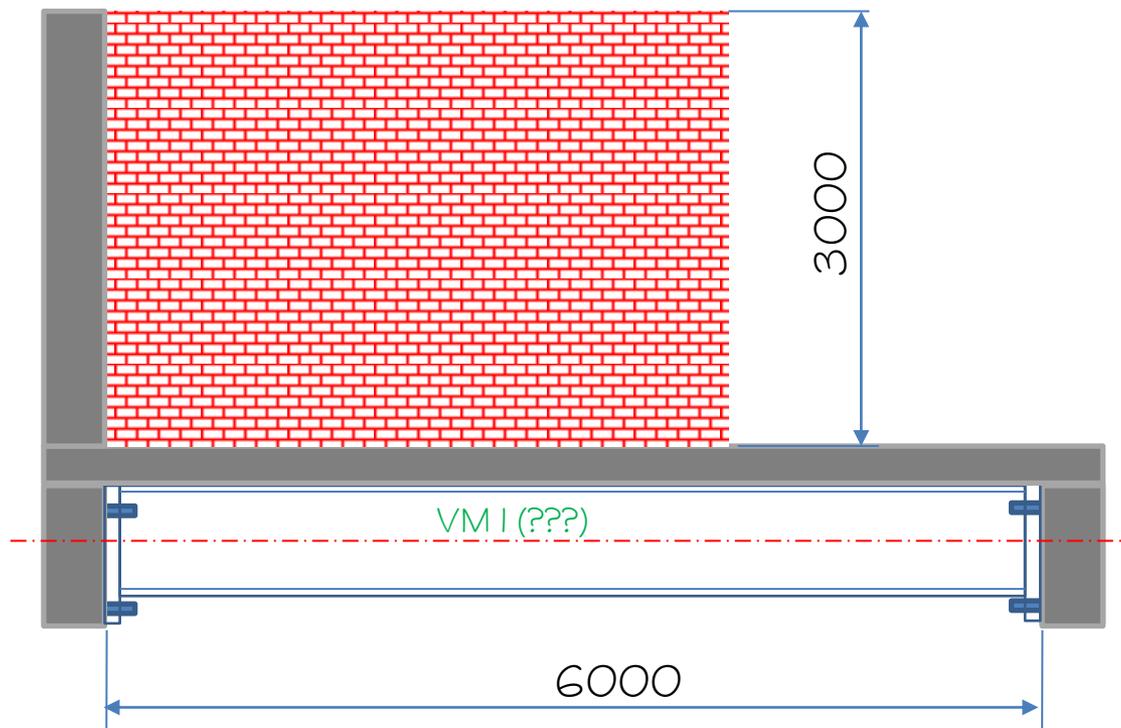
Cálculo de um Reforço de Laje



Parede de Alvenaria:
Blocos Cerâmicos
9X19X29

Sobrecarga Inicial: 300 kgf/m² Nova sobrecarga: 500 kgf/m²

CORTE A-A



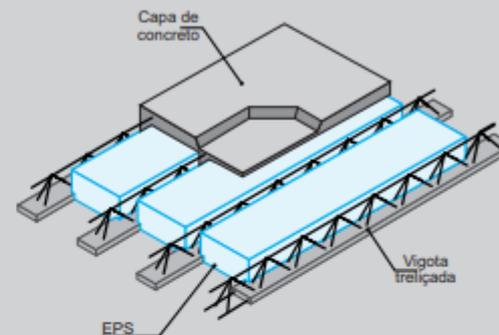
Passo I – Determinação das cargas atuantes

Laje

Laje Treliça Unidirecional c/ EPS

Com o uso da lajota de EPS (isopor) se reduz o peso da laje e aumenta a capacidade de sobrecarga. Também proporciona isolamento térmico e acústico.

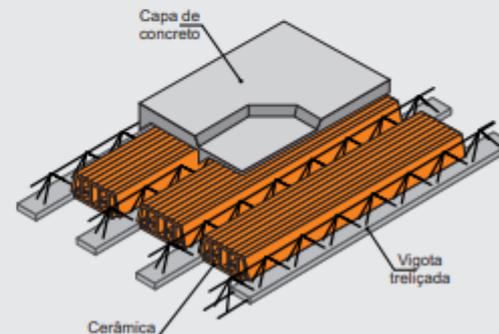
Laje Acabada	Capa de Concreto	Altura Treliça	EIXO (m)	SOBRECARGA (KGF/m ²) X VÃO LIVRE(m)			PESO PRÓPRIO (Kgf/m ²)	CONSUMO CONCRETO (m ³ / m ²)
				100	200	300		
12	04	08	0.43	5,10	4,85	4,45	150	0.052
14	04	10	0.43	6,10	5,60	5,20	164	0.058
16	04	12	0.43	6,90	6,70	6,40	176	0.063
20	04	16	0.43	8,40	8,25	7,80	202	0.073
25	05	20	0.43	10,00	9,70	9,35	252	0.093
30	05	25	0.43	11,50	10,90	10,00	303	0.113



Laje Treliça Unidirecional c/ Cerâmica

Facilidade na aplicação do chapisco.

Laje Acabada	Capa de Concreto	Altura Treliça	EIXO (m)	SOBRECARGA (KGF/m ²) X VÃO LIVRE(m)			PESO PRÓPRIO (Kgf/m ²)	CONSUMO CONCRETO (m ³ / m ²)
				100	200	300		
12	04	08	0.43	5,00	4,75	4,35	182	0.053
14	04	10	0.43	5,90	5,50	5,10	211	0.059
16	04	12	0.43	6,70	6,50	6,20	233	0.065
20	04	16	0.43	7,80	7,65	7,20	278	0.075
25	05	20	0.43	9,00	8,70	8,35	347	0.096
30	05	25	0.43	10,70	10,20	9,35	416	0.116



Fonte: Catálogo Salema Pré-Fabricados (http://www.lajesalema.com.br/pdf/Laje_Trelica.pdf)

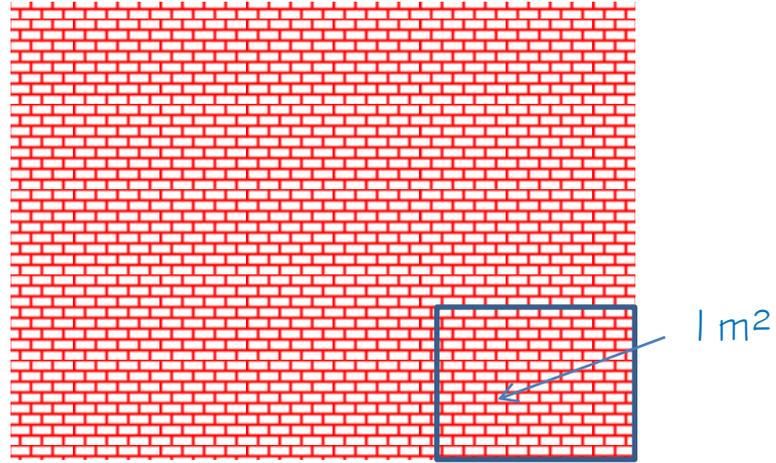
Linearizando: $182 \text{ kg/m}^2 \times 2\text{m}$ (área de influência) = $364 \text{ kg/m}^2 = 3,64 \text{ kN/m}$

Passo I – Determinação das cargas atuantes

Parede



Fonte: <http://www.ceramicaonix.com.br/imagens/catalogo.pdf>



Considerar reboco 2cm de argamassa de cimento e areia de ambos os lados (21 kN/m^3) NBR6120

Para 1 m^2 :

$$\text{Blocos} = 16,5 \times 4,7 = 77,55 \text{ kg} = 0,78 \text{ kN}$$

$$\text{Argamassa: } 21 \times 0,02 \times 2 = 0,84 \text{ kN}$$

$$\text{TOTAL: } \text{-----} 0,84 + 0,78 = 1,62 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Linearizando: } 1,62 \times 3\text{m} = 4,86 \text{ kN/m}$$

Passo 1 – Determinação das cargas atuantes

Piso Porcelanato

BIANCO PLUS PO

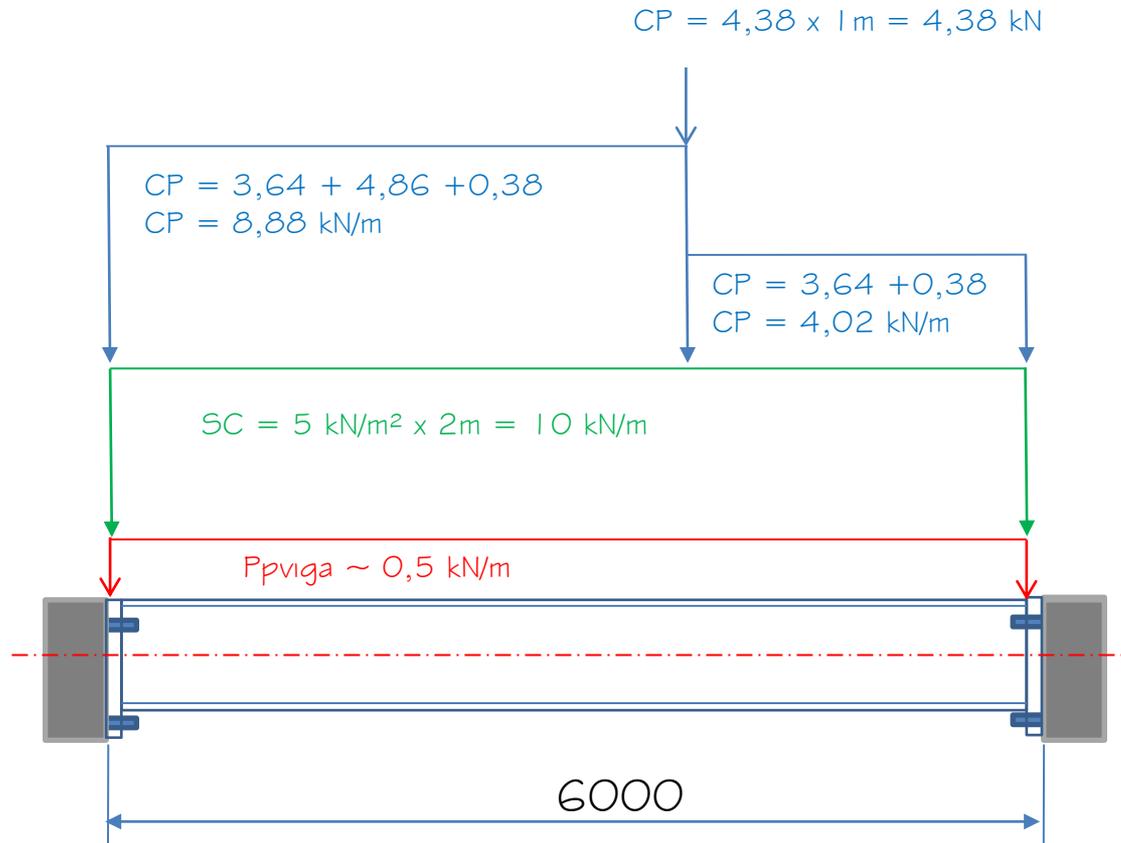


FORMATO	TAMANHO DE FABRICAÇÃO		
60X60 CM	600X600 MM		
COR			
BRANCO			
SUPERFÍCIE			
POLIDO			
CATEGORIA			
PORCELANATO TÉCNICO			
ESPESSURA	PEÇAS POR CAIXA	M ² POR CAIXA	PESO POR CAIXA
8,7 MM	4	1,44	27,22KG
JUNTA DE ASSENTAMENTO			
2MM			
 			
 MAIS INFORMAÇÕES			

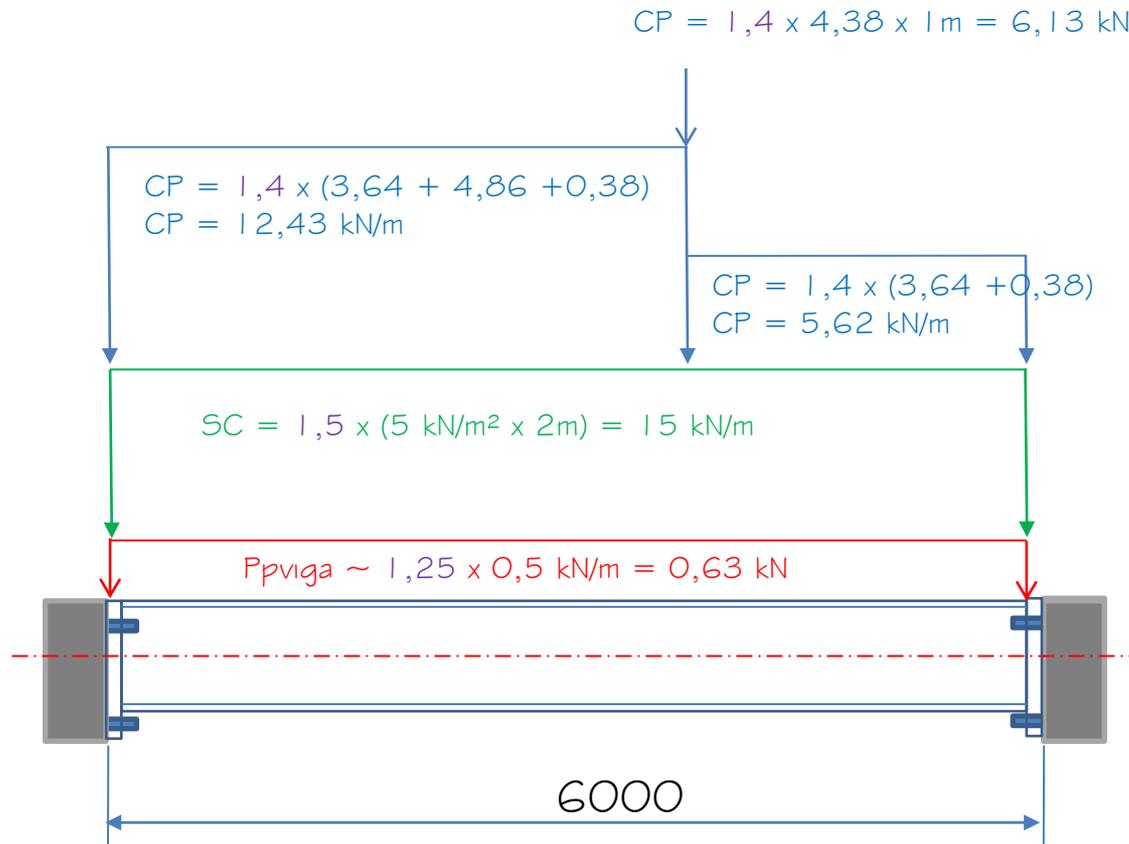
$$\text{Peso} = 27,22 / 1,44 = 18,90 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Linearizando: } 18,90 \text{ kg/m}^2 \times 2\text{m (Área de Influência)} = 0,38 \text{ kN/m}$$

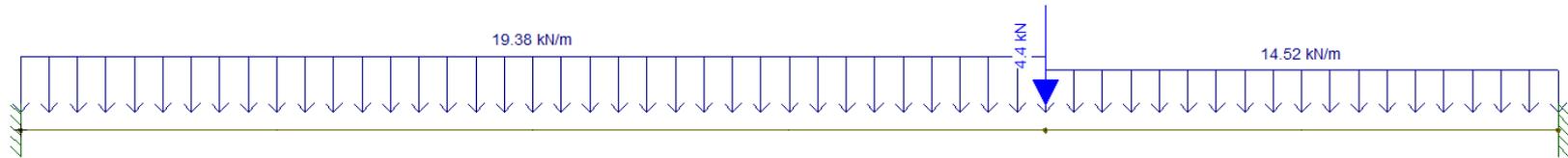
Passo 2: Elaboração do Diagrama de Corpo Livre (Estados Limites de Serviço)



Passo 2: Elaboração do Diagrama de Corpo Livre (Estados Limites Últimos)



Passo 3: Pré – Dimensionamento (ELS)



$$Q_{\text{média}} = (19,38 \times 4 + 14,52 \times 2) / 6 + 4,38 / 6 = 18,49 \text{ kN/m}$$

Flecha Máxima Admissível: $L/350$ ou 15mm, o que for menor

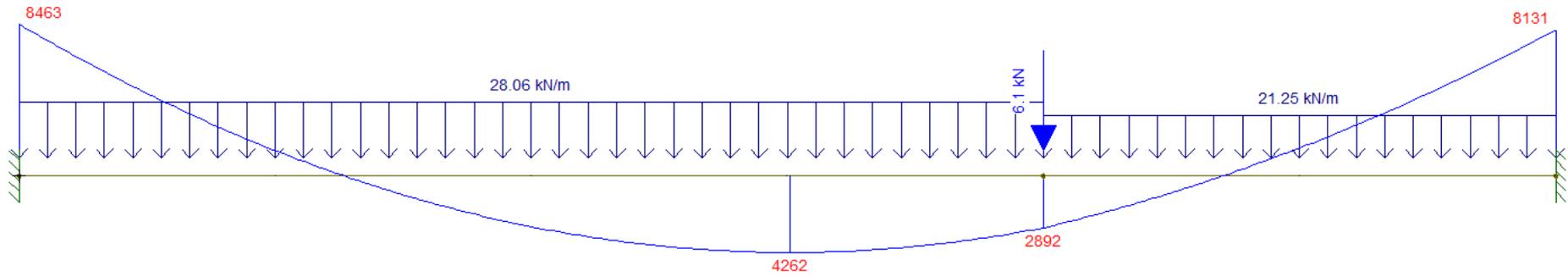
$$L/350 = 6000/350 = 17,14\text{mm} \text{ portanto, Flecha máxima} = 15\text{mm} (1,5\text{cm})$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad \text{Podemos Reescrever:} \quad I_x = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{\text{máx}}}$$

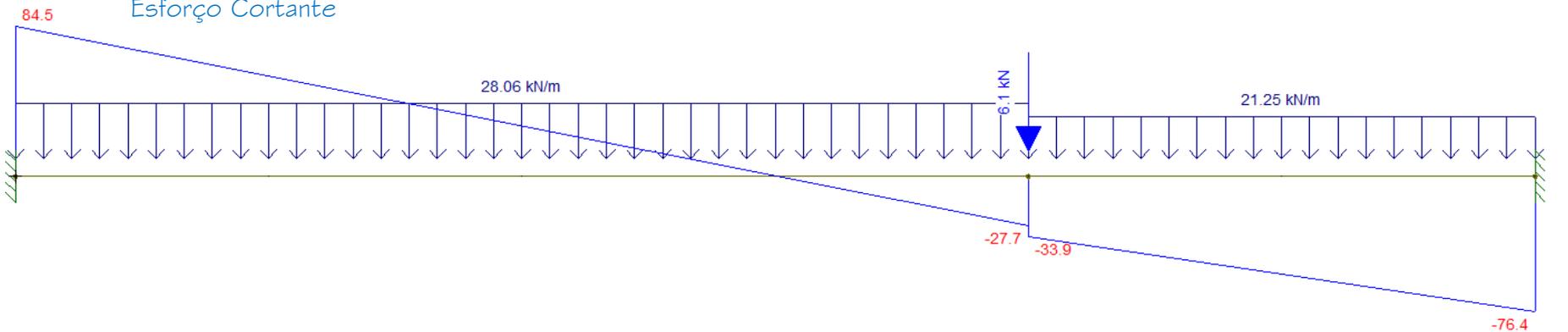
$$I_x = \frac{0,1849 \cdot 600^4}{384 \cdot 20000 \cdot 1,5} = 2080 \text{ cm}^4$$

Passo 3: Extração dos Esforços atuantes

Momento Fletor



Esforço Cortante



Passo 3: Pré – Dimensionamento (ELU)

Sabendo que a Laje é capaz de travar a viga quanto ao estado Limite FLT

Partindo do Pressuposto de que selecionaremos Vigas compactas quanto ao FLM e ao FLA

$$M_{max} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad \text{Podemos Reescrever:} \quad Z_x = \frac{1,1}{F_y} \cdot M_{max}$$

$$Z_x = \frac{1,1}{34,5} \cdot 8463 = 269,9 \text{ cm}^3$$

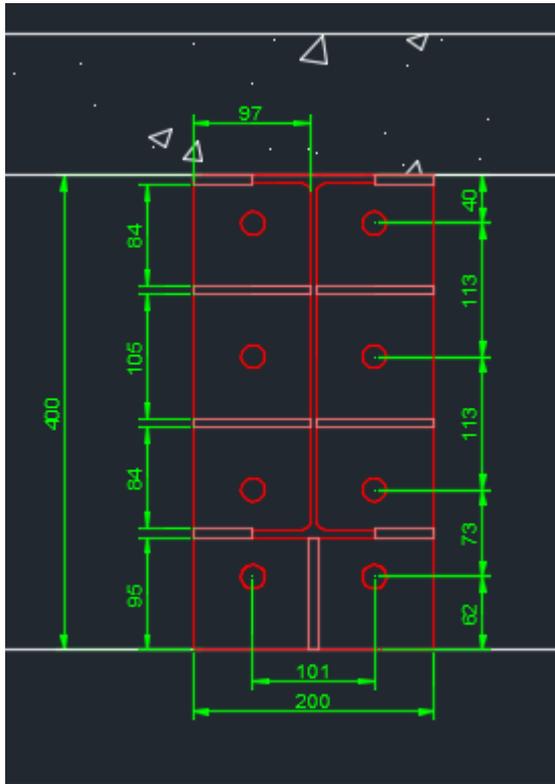
Passo 4: Pré – Seleção de perfil

TABELA DE BITOLAS

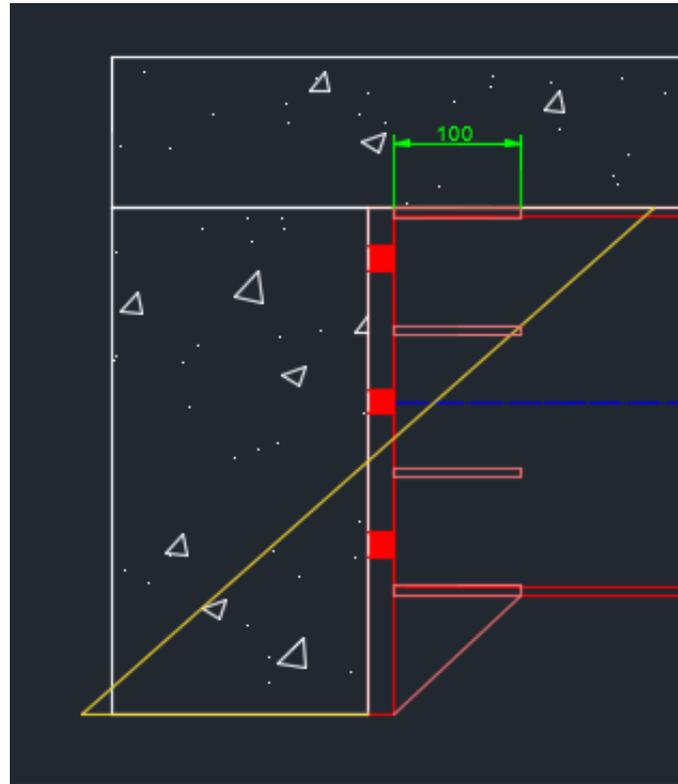
9,26 / 92

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b mm	ESPESSURA				h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r ₁ cm	I _y cm ⁴	ESBELTEZ		C _u cm ³	u m ² /m	BITOLA in x lb/ft
				t ₁ mm	t ₂ mm	t ₃ mm	t ₄ mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			MESA - λ ₁ b ₁ /2t ₁	ALMA - λ ₂ d'/t ₂			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5		
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12		
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	102	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15		
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16		
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20		
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,920	0,91	W 6 x 25		
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10		
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13		
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15		
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18		
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21		
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24		
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4134	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28		
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31		
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35		
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36		
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195,418	1,20	W 8 x 40		
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48		
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58		
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67		
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	4,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12		
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,929	0,89	W 10 x 15		
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,655	0,89	W 10 x 17		
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19		
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22		
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26		
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30		
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	144,130	1,47	HP 10 x 42		
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49		
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54		
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57		
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60		
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68		
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1406,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77		
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22243	1617,7	11,51	1855,6	7448	570,7	6,66	870,7	7,21	321,06	5,20	12,52	1.161.225	1,54	W 10 x 88		
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26027	1845,9	11,69	2137,5	8624	655,8	6,73	1001,7	7,27	462,06	4,63	11,17	1.384.436	1,55	W 10 x 100		
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30110	2083,7	11,86	2435,3	9880	745,7	6,79	1140,2	7,33	644,95	4,17	10,07	1.631.156	1,57	W 10 x 112		
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 12 x 14		
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 12 x 16		
W 310 x 26,3	26,3	309	102	6,0	6,9	291	271	33,5	5000	336,0	12,26	412,0	136	25,0	2,08	49,4	2,55	6,14	9,73	45,20	33,941	1,00	W 12 x 19		
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 12 x 22		
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 12 x 26		
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 12 x 30		
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11909	751,4	13,33	842,5	1026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 12 x 35		
W 310 x 60,0*																									

Passo 5: Cálculo das Ligações



Adaptação do método de cálculo de placas de base



Considerando concreto
 $F_{ck}=35$

Atenção, caso não seja possível identificar o limite de resistência à compressão do Concreto, adotar
 $F_{ck}=20\text{MPa}$

Nesse caso, deveríamos posicionar mais vigas para dividir o Momento Fletor e adequar a tensão

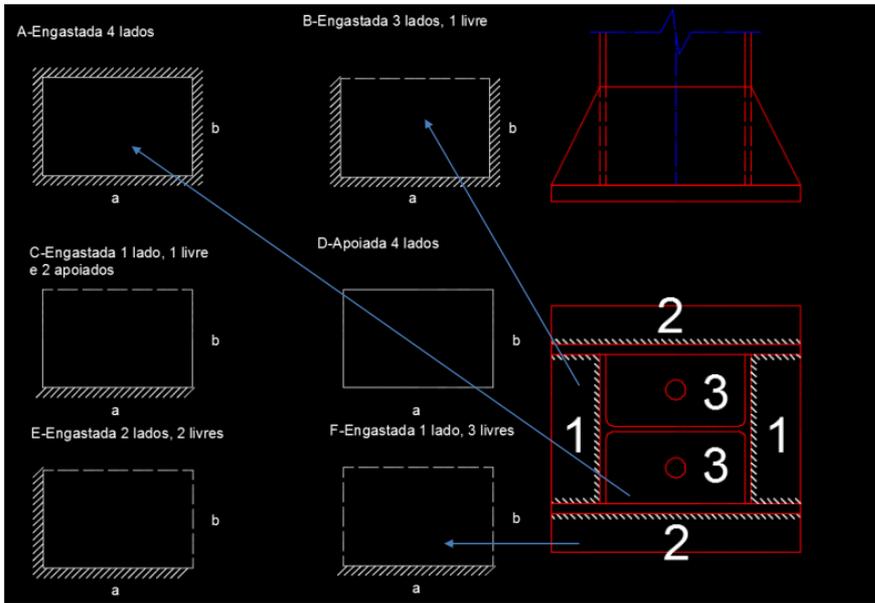
Tensões máximas:

$$\sigma_t = \sigma_c = \frac{M}{W} \quad \sigma_t = \sigma_c = \frac{8463}{\left[\frac{20 \cdot 40^2}{6}\right]} = 1,59 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm,Conc}} = 0,51 \cdot f_{ck} \quad \sigma_{\text{adm,Conc}} = 0,51 \cdot 3,5 = 1,78 \text{ OK!}$$

Passo 5: Cálculo das Ligações

Bases com enrijecedores



Extraído do livro "Formulas for Stress and Strain, 5ª Edição" - Roark, R.J & Young, C.W

Vinculação A						
a/b	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
β	0,31	0,38	0,44	0,47	0,49	0,52

Vinculação B						
a/b	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
β	0,02	0,08	0,17	0,32	0,73	2,1

Vinculação C						
a/b	0,5	0,67	1	1,5	2	infinito
β	0,36	0,45	0,67	0,77	0,79	0,8

Vinculação D						
a/b	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
β	0,05	0,19	0,39	0,67	1,28	2,5

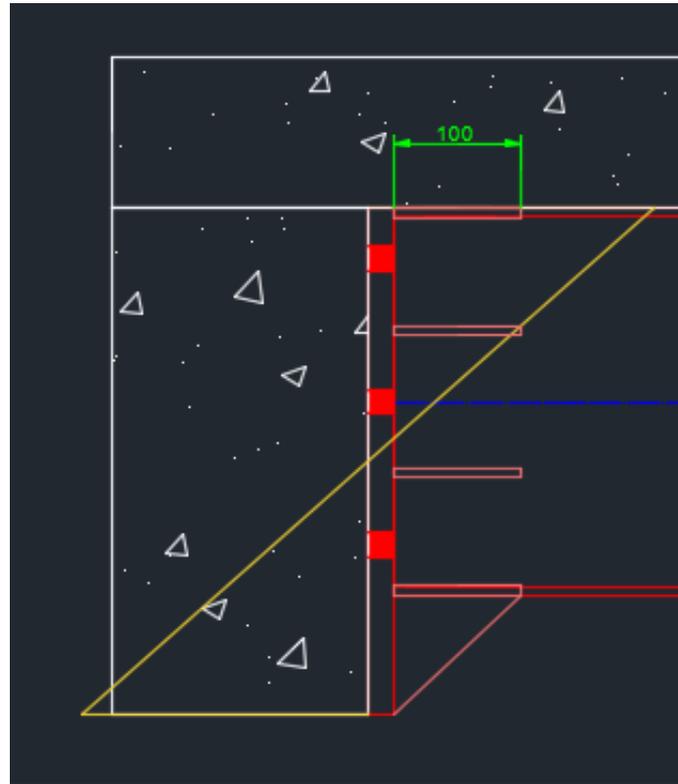
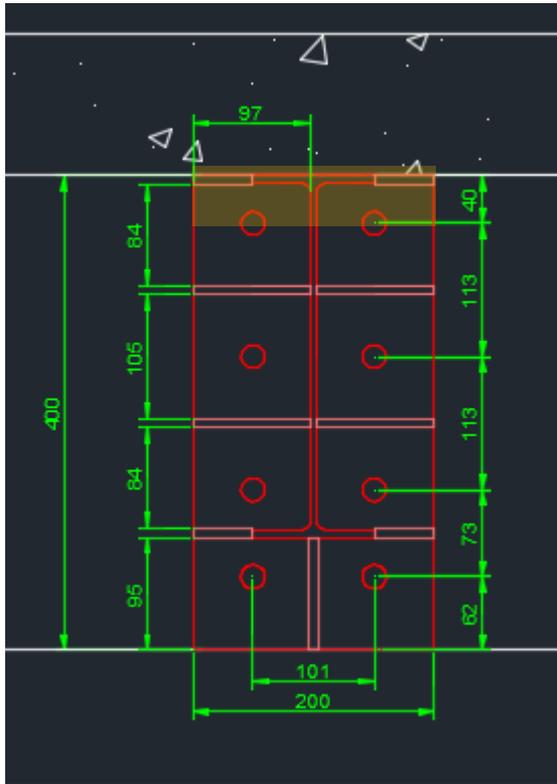
Vinculação E						
a/b	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
β	0,29	0,38	0,45	0,52	0,57	0,61

Vinculação F						
a/b	0,125	0,25	0,375	0,5	0,75	1
β	0,05	0,19	0,4	0,63	1,25	1,8

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}}$$

Diagrama retirado do Material de Base de Pilares

Passo 5: Cálculo das Ligações



Para o trecho Superior considera-se barra em balanço e carga uniformemente distribuída

$$M_{ch} = \sigma \cdot \frac{L^2}{2} = 1,59 \cdot \frac{4^2}{2} = 3,18 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

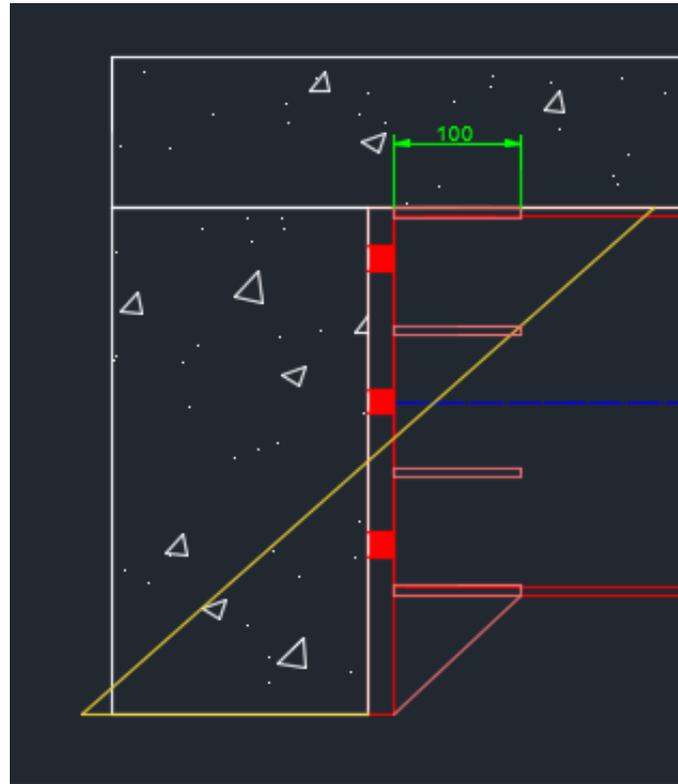
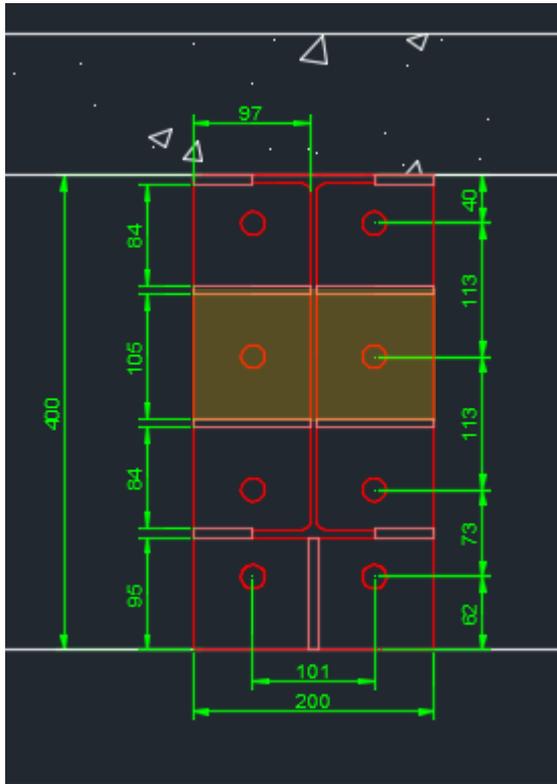
$$M_{Rd} = W \cdot \frac{F_y}{1,1}$$

$$M_{Rd} = b \cdot \frac{t^2}{6} \cdot \frac{F_y}{1,1}$$

$$3,18 = 20 \cdot \frac{t^2}{6} \cdot \frac{25}{1,1}$$

$$t = \sqrt{\frac{3,18 \cdot 6 \cdot 1,1}{20 \cdot 25}} = 0,20 \text{ cm} = 2 \text{ mm}$$

Passo 5: Cálculo das Ligações



Para este trecho
considera-se vinculação
B

$$\sigma_t = 0,72 \text{ kN/cm}^2$$

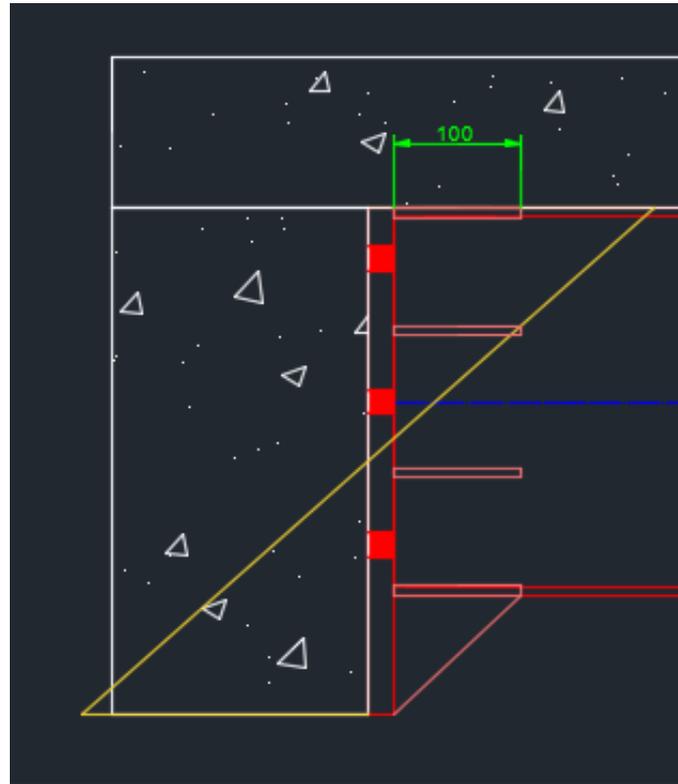
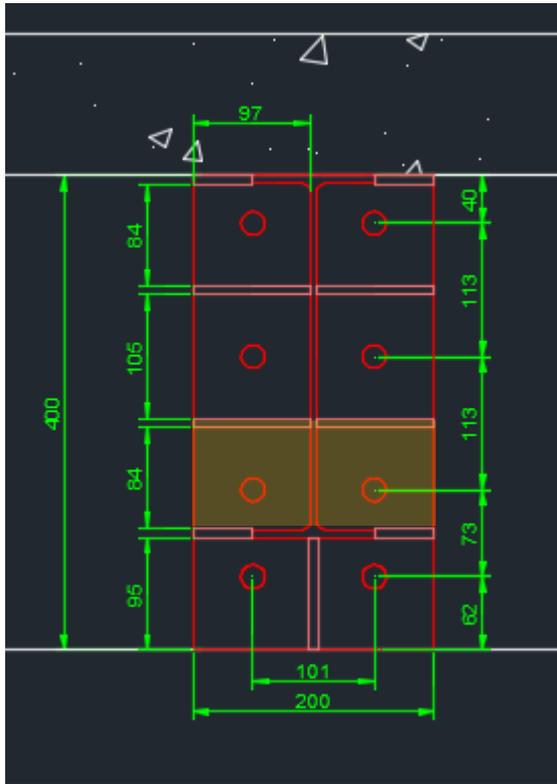
$$\frac{a}{b} = \frac{10,5}{97} = 1,08 \quad \beta = \frac{1,08 - 1,00}{1,5 - 1,00} \cdot (0,73 - 0,32) + 0,32 = 0,39$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma}{1,35 \cdot F_y}}$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma}{1,35 \cdot F_y}}$$

$$t = 9,7 \cdot \sqrt{\frac{0,39 \cdot 0,72}{1,35 \cdot 25}} = 0,88 \text{ cm} = 8,8 \text{ mm}$$

Passo 5: Cálculo das Ligações



Para este trecho
considera-se vinculação
B

$$\sigma_t = 0,99 \text{ kN/cm}^2$$

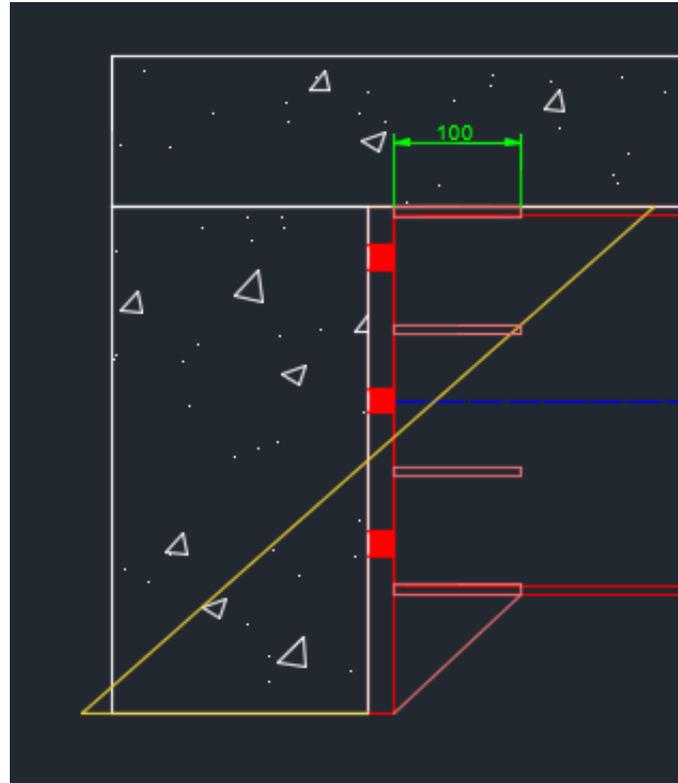
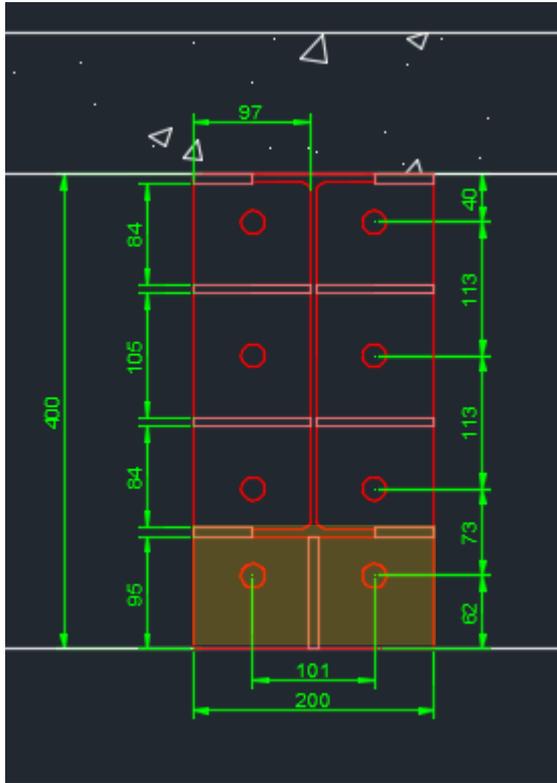
$$\frac{a}{b} = \frac{84}{97} = 0,87 \quad \beta = \frac{0,87 - 0,75}{1 - 0,75} \cdot (0,32 - 0,17) + 0,17 = 0,242$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_t}{1,35 \cdot F_y}}$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_t}{1,35 \cdot F_y}}$$

$$t = 9,7 \cdot \sqrt{\frac{0,242 \cdot 0,99}{1,35 \cdot 25}} = 0,82 \text{ cm ou } 8,2 \text{ mm}$$

Passo 5: Cálculo das Ligações



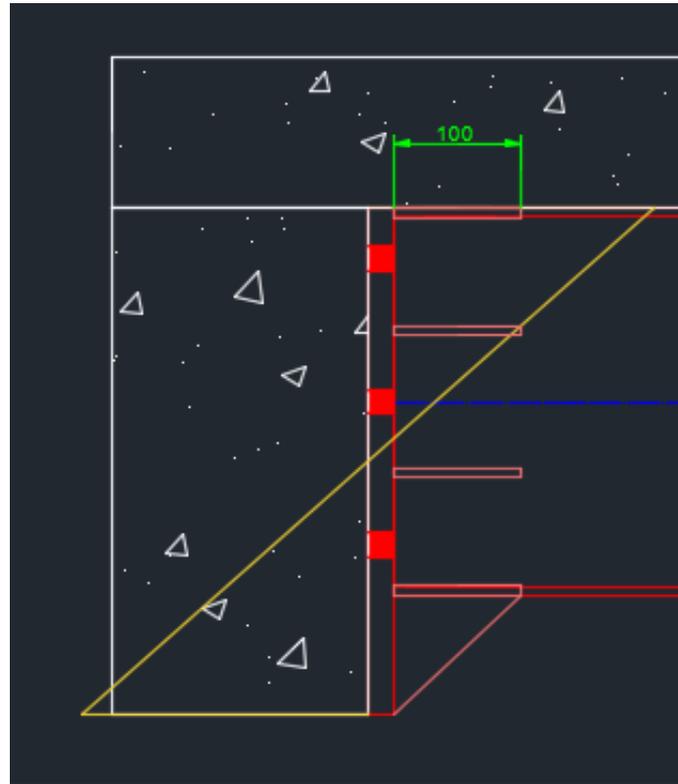
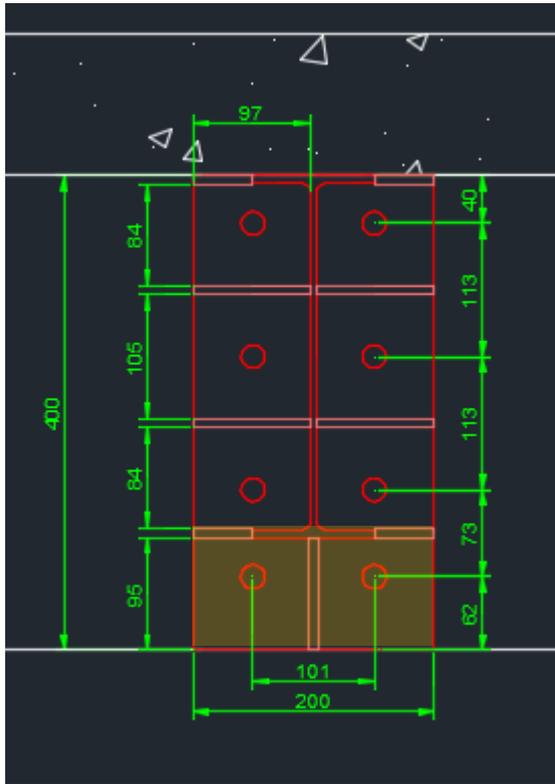
Para este trecho
considera-se vinculação
E

$$\sigma_t = 1,59 \text{ kN/cm}^2 \quad \frac{a}{b} = \frac{97}{95} = 1,02 \quad \beta = \frac{1,02 - 1,00}{1,2 - 1,00} \cdot (0,38 - 0,29) + 0,29 = 0,299$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 9,5 \cdot \sqrt{\frac{0,299 \cdot 1,59}{1,35 \cdot 25}} = 1,12 \text{ cm ou } 11,2 \text{ mm}$$

ADOTAREMOS CHAPA 12,7mm

Passo 5: Cálculo das Ligações

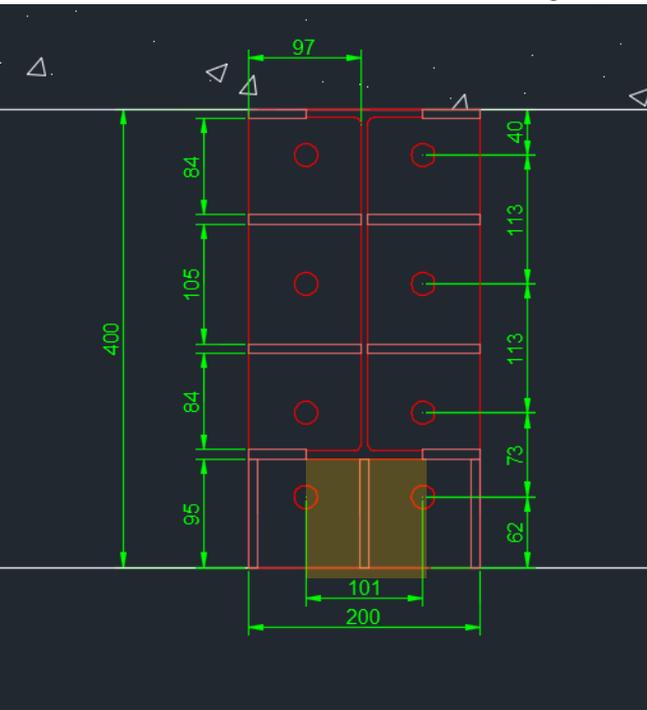


Verificação dos Enrijecedores

$$M_{ch} = \frac{\sigma \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{1,59 \cdot 20 \cdot 9,5^2}{2} = 1435 \text{ kN.cm}$$

$$t = \frac{6,6 \cdot M_{ch}}{h^2 F_y} \quad t = \frac{6,6 \cdot 1435}{10^2 \cdot 25} = 3,78 \text{ cm (DESPROPORCIONAL)}$$

Passo 5: Cálculo das Ligações



Verificação dos Enrijecedores

$$M_{ch} = \frac{\sigma \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{1,59 \cdot 10,1 \cdot 9,5^2}{2} = 725 \text{ kN.cm}$$

$$t = \frac{6,6 \cdot M_{ch}}{h^2 F_y}$$

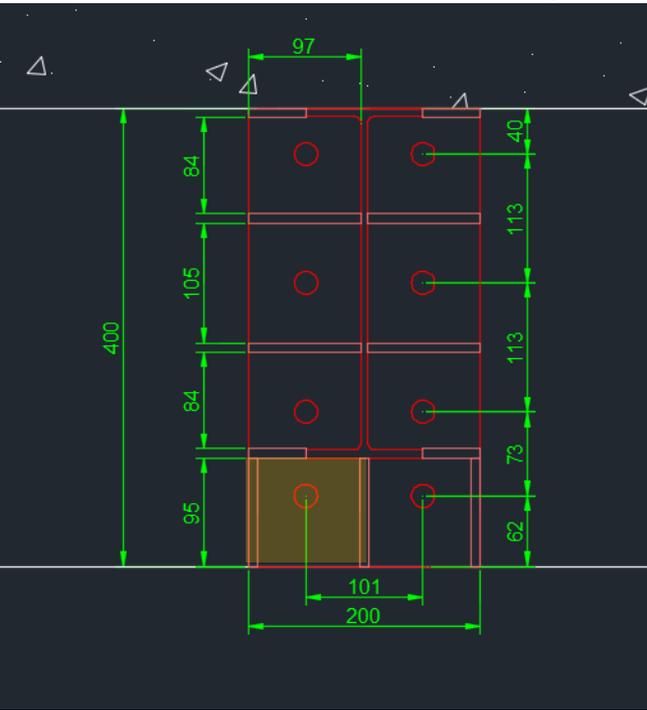
$$t = \frac{6,6 \cdot 725}{10^2 \cdot 25} = 1,91 \text{ cm}$$

Podemos variar a altura do enrijecedor para mantermos a espessura de 12,7mm

$$t = \frac{6,6 \cdot M_{ch}}{h^2 F_y} \quad 1,27 = \frac{6,6 \cdot 725}{h^2 \cdot 25}$$

$$h = \sqrt{6,6 \cdot \frac{725}{1,27 \cdot 25}} = 12,27 \text{ cm} - \text{Adotaremos } 130 \text{ mm}$$

Passo 5: Cálculo das Ligações



Recalculando Espessura da Chapa:
Vinculação B

$$\sigma_t = 1,59 \text{ kN/cm}^2 \quad \frac{a}{b} = \frac{97}{95} = 1,02 \sim 1,00 \quad \beta = 0,32$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 9,5 \cdot \sqrt{\frac{0,32 \cdot 1,59}{1,35 \cdot 25}} = 1,16 \text{ cm ou } 11,6 \text{ mm}$$

MANTER CHAPA | 2,7mm

Passo 5: Cálculo das Ligações

Cálculo dos Chumbadores

$$c = \frac{\sigma_c \cdot A}{\sigma_c + \sigma_t} \quad a = \frac{A}{2} - \frac{c}{3} \quad Y = A - d - \frac{c}{3}$$

Esforço na linha de chumbadores tracionados:

$$T = \frac{M_{Sd} - N_{Sd} \cdot a}{Y}$$

$$c = \frac{1,59 \cdot 40}{1,59 + 1,59} = 20$$

$$\frac{c}{3} = 6,67$$

$$a = \frac{40}{2} - \frac{20}{3} = 13,33$$

$$Y = 40 - 4 - 6,67 = 29,33$$

$$T = \frac{8463 - 0 \cdot 13,33}{29,33} = 288,5 \text{ kN (144,3 kN por chumbador)}$$

