

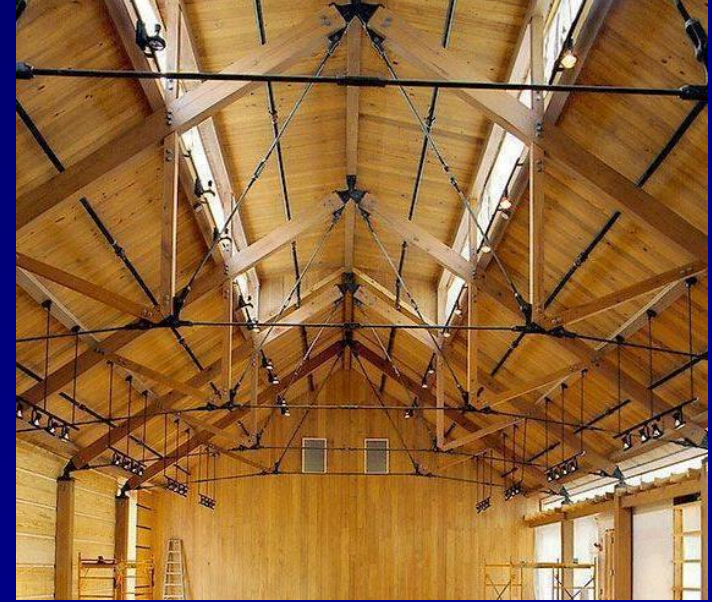
# **“DISEÑO ESTRUCTURAL” ESFUERZOS COMBINADOS**

# HORMIGÓN ARMADO



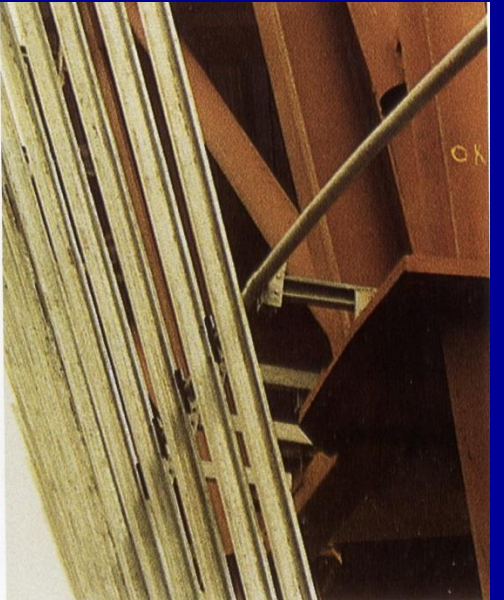


# MADERA



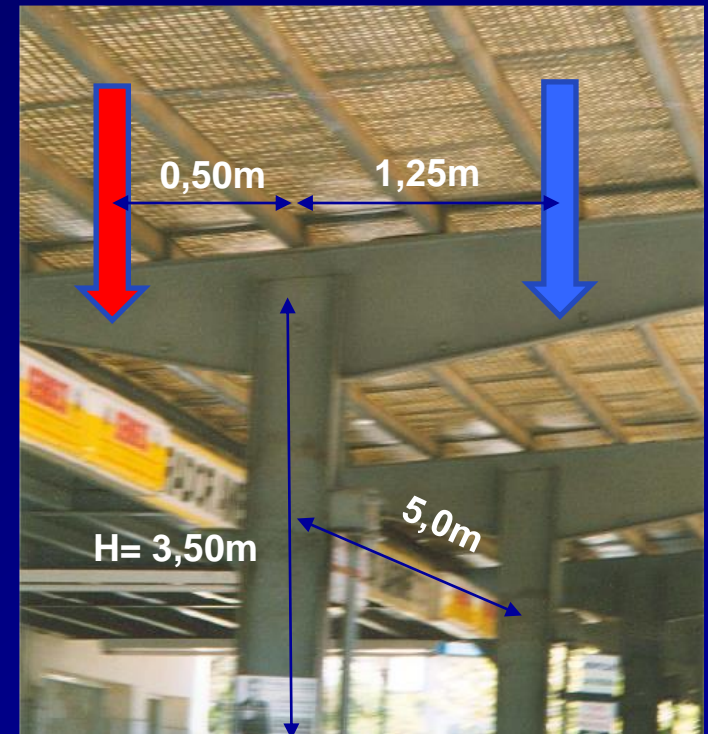
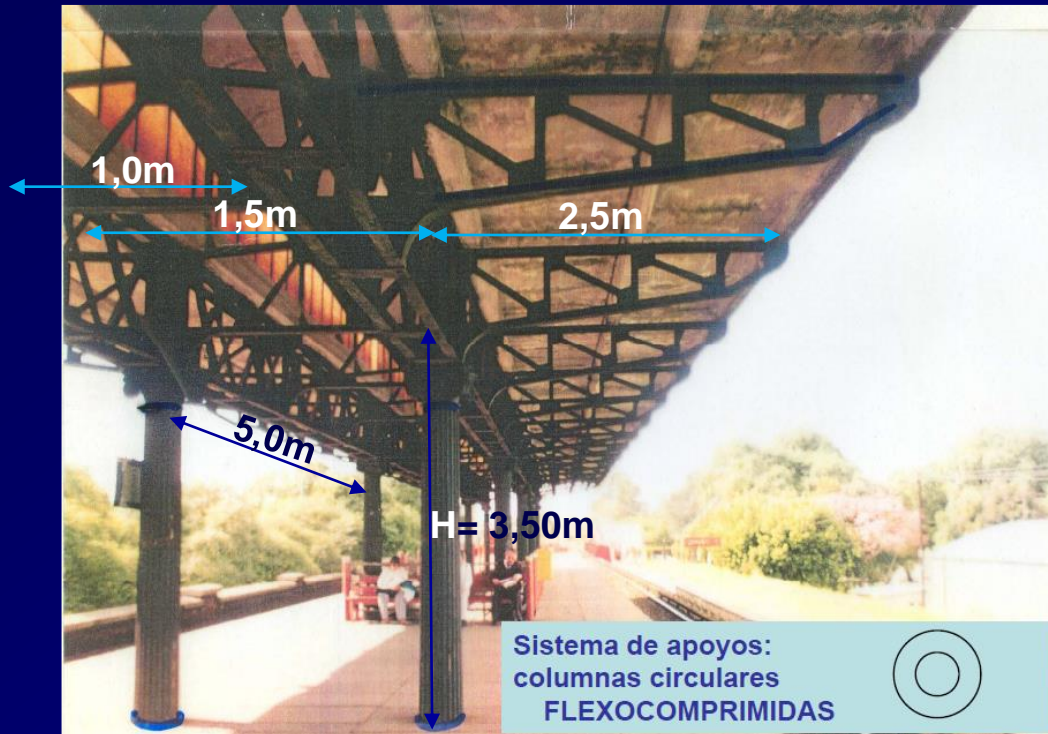


## ACERO





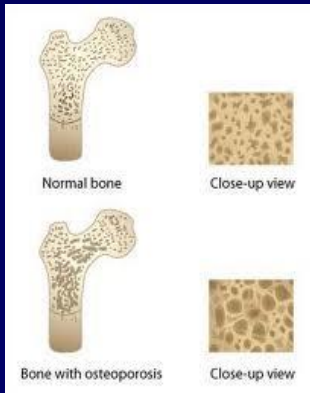
## EJEMPLOS PARA RESOLVER



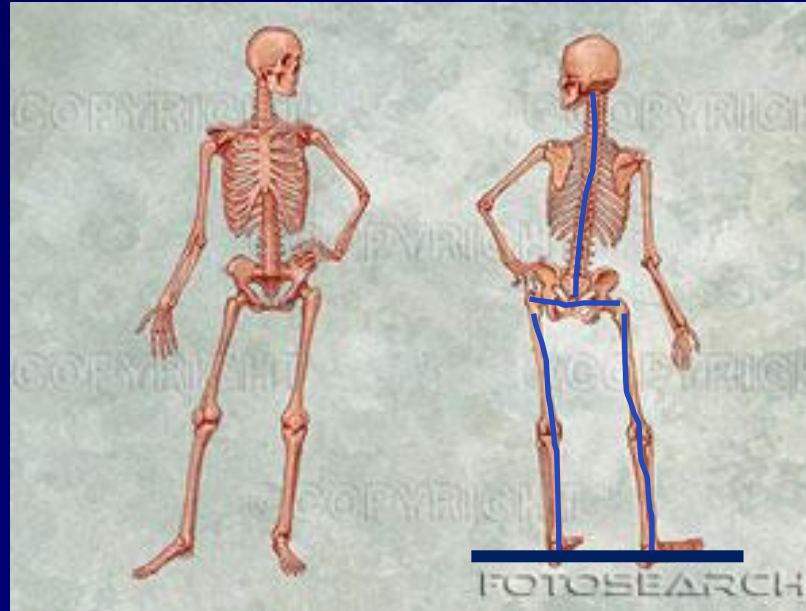
**Datos:** Carga cubierta →  $D = 50 \text{ kg/m}^2$ ;  $S = 30 \text{ kg/m}^2$ .

- Determinar esfuerzo axial y momento flector en la base de las columnas en cada caso

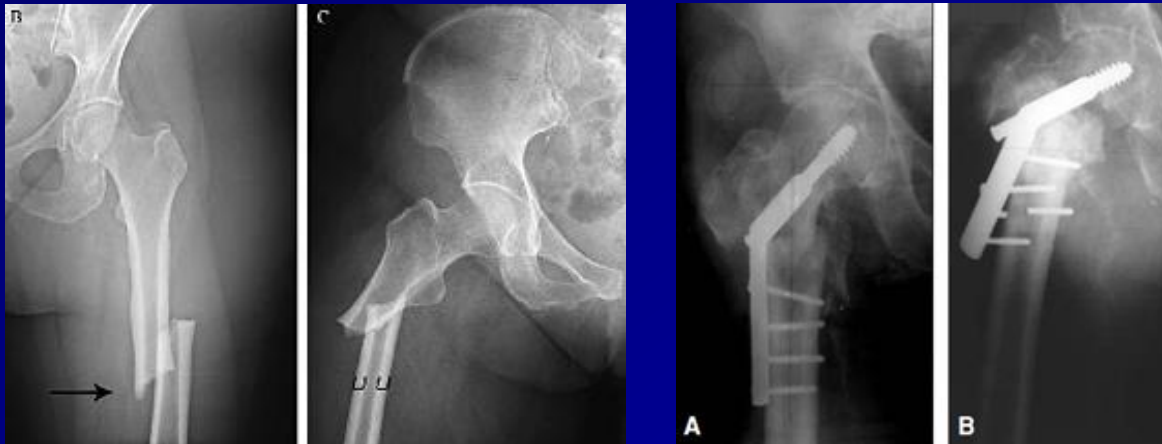
# CAMINO DE CARGAS



Compacidad



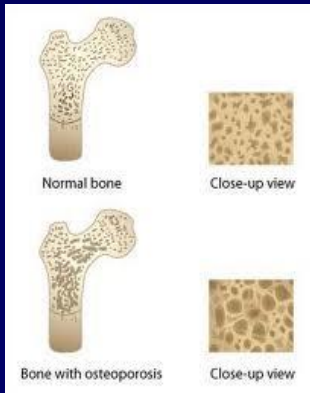
Linealidad



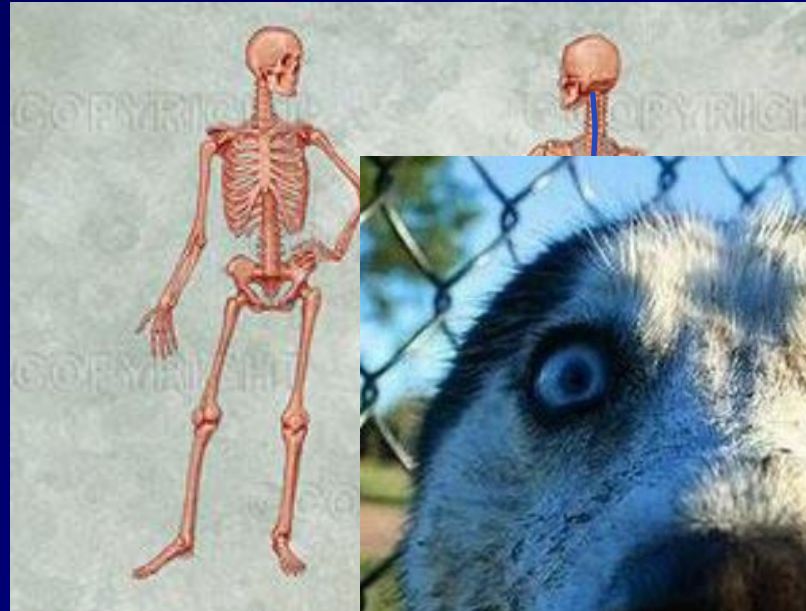
Interrupción camino



# CAMINO DE CARGAS

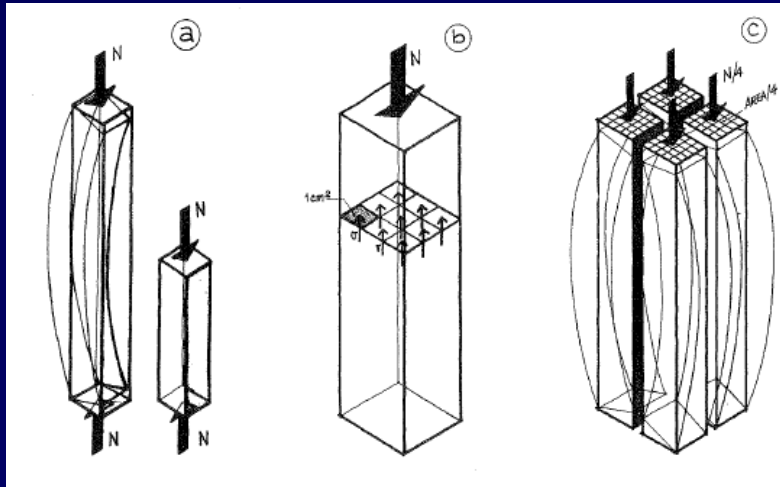


Compacidad

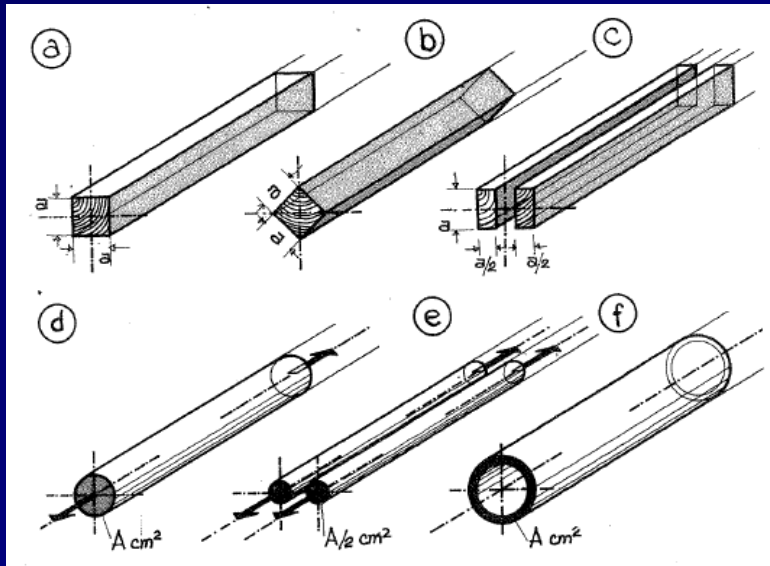


Interrupción camino

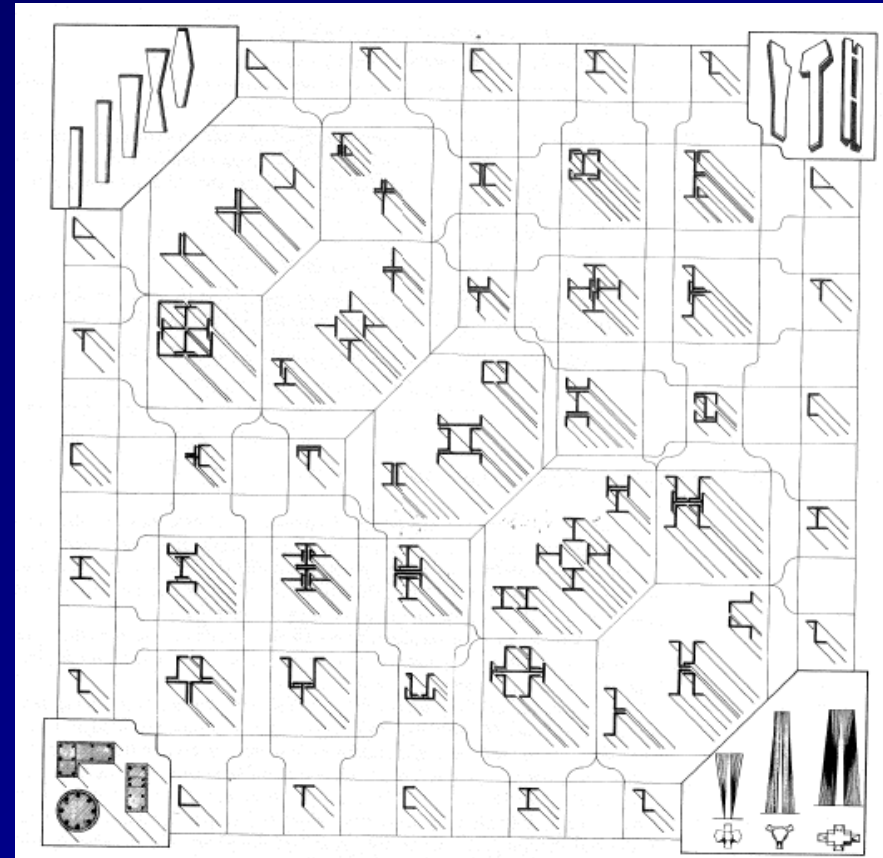
# ESFUERZOS SIMPLES: **Compresión**



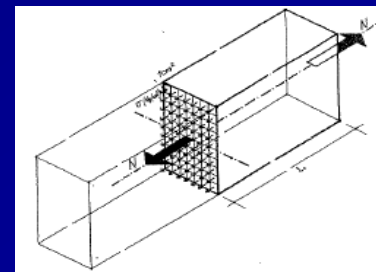
Variables



Secciones Simples



Secciones Compuestas

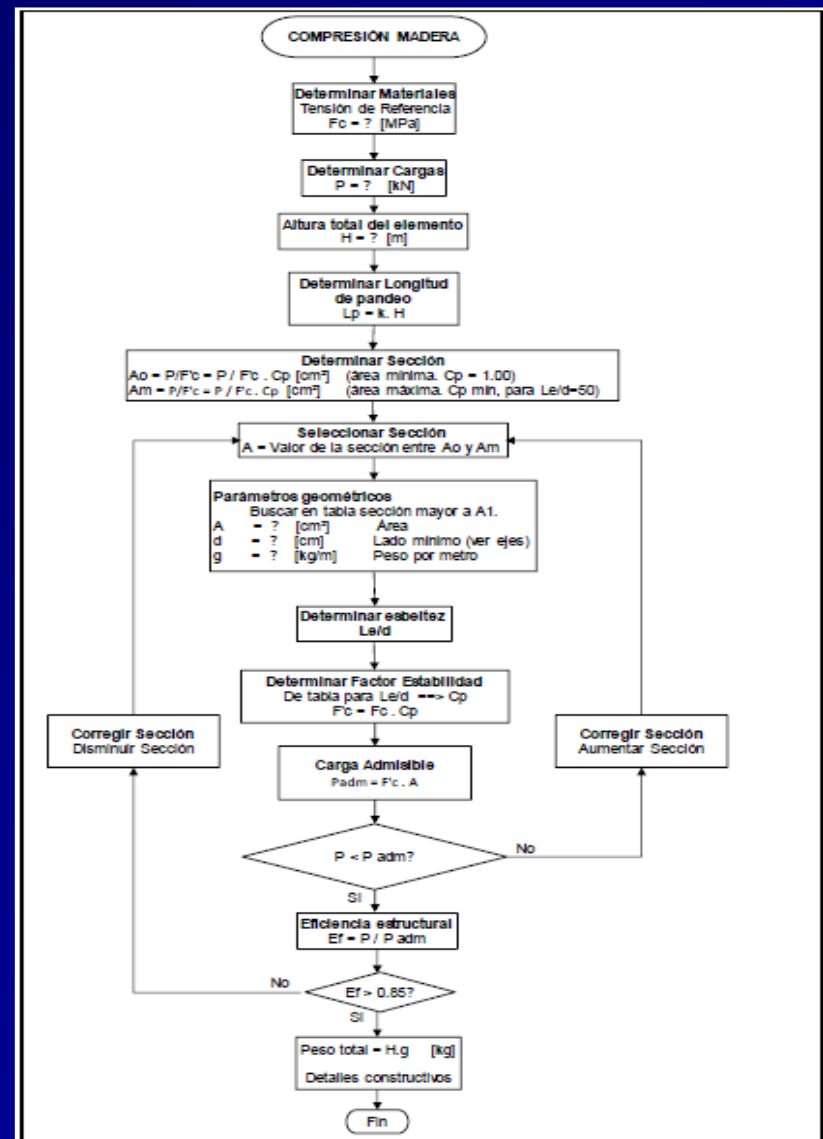
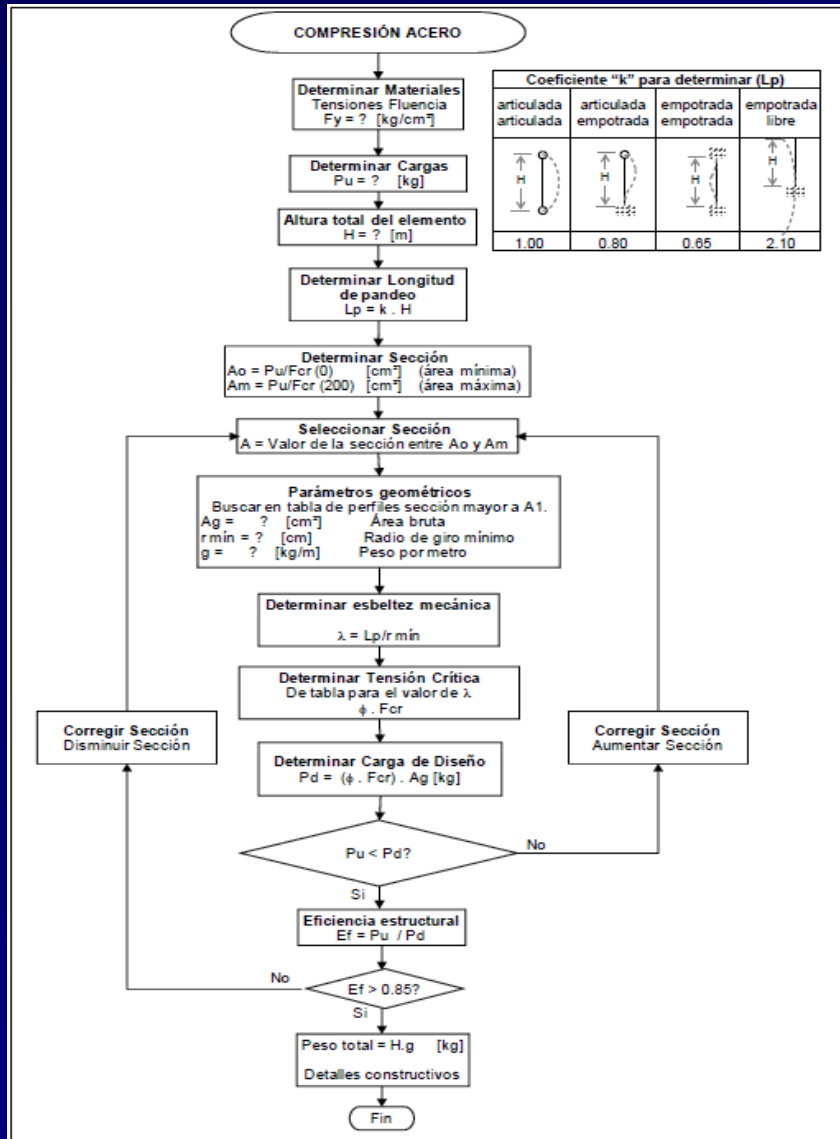


Esfuerzos axiales



# ESFUERZOS SIMPLES: **Compresión**

## HOMOGENEO: ACERO Y MADERA



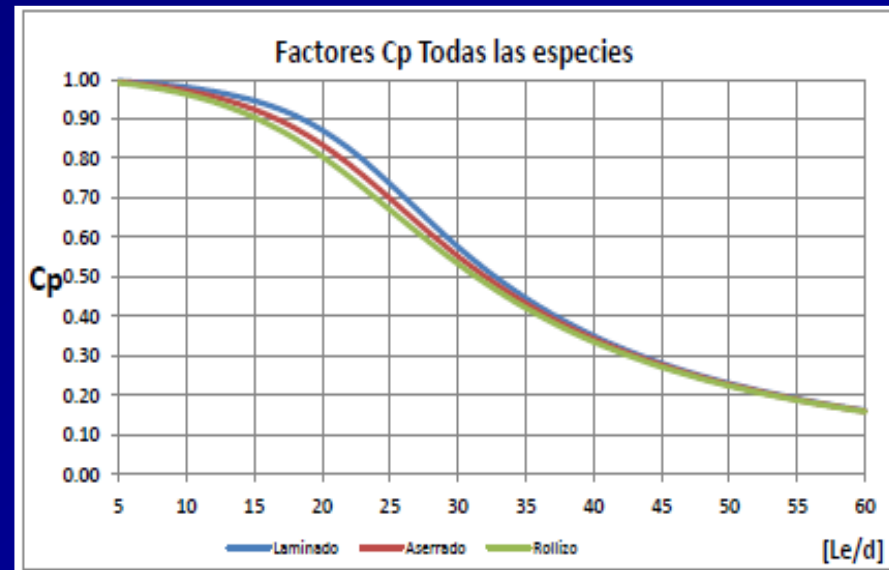
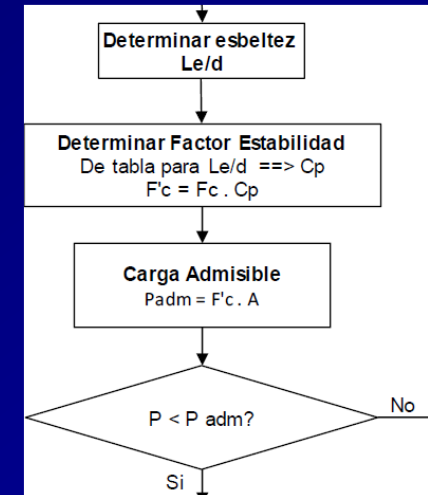
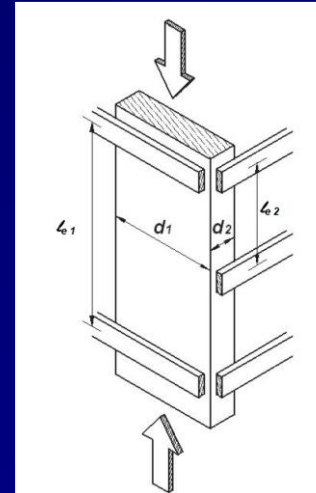
# ESFUERZOS SIMPLES: **Compresión**

## HOMOGÉNEO: MADERA

### 9.4. ANEXO 4 : Coeficientes de Estabilidad $C_p$ para Maderas

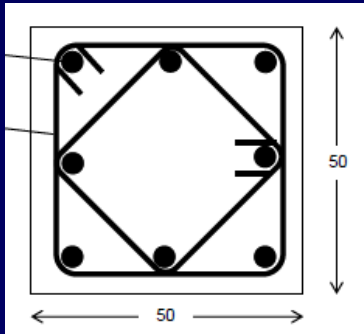
Tabla de valores $C_p$			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
5	1.00	0.99	0.99
6	0.99	0.99	0.99
7	0.99	0.99	0.98
8	0.99	0.98	0.98
9	0.98	0.98	0.97
10	0.98	0.97	0.96
11	0.98	0.96	0.95
12	0.97	0.96	0.94
13	0.96	0.95	0.93
14	0.96	0.94	0.92
15	0.95	0.92	0.90
16	0.94	0.91	0.89
17	0.92	0.89	0.87
18	0.91	0.88	0.85
19	0.89	0.86	0.83
20	0.87	0.83	0.80
21	0.85	0.81	0.78
22	0.82	0.78	0.75
23	0.80	0.76	0.73
24	0.77	0.73	0.70
25	0.74	0.70	0.67
26	0.70	0.67	0.64
27	0.67	0.64	0.61
28	0.64	0.61	0.59
29	0.61	0.58	0.56
30	0.58	0.55	0.53
31	0.55	0.53	0.51
32	0.52	0.50	0.48

Tabla de valores $C_p$			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
33	0.49	0.48	0.46
34	0.47	0.45	0.44
35	0.45	0.43	0.42
36	0.42	0.41	0.40
37	0.40	0.39	0.38
38	0.38	0.37	0.37
39	0.37	0.36	0.35
40	0.35	0.34	0.33
41	0.33	0.33	0.32
42	0.32	0.31	0.31
43	0.31	0.30	0.29
44	0.29	0.29	0.28
45	0.28	0.28	0.27
46	0.27	0.26	0.26
47	0.26	0.25	0.25
48	0.25	0.24	0.24
49	0.24	0.24	0.23
50	0.23	0.23	0.22
51	0.22	0.22	0.22
52	0.21	0.21	0.21
53	0.20	0.20	0.20
54	0.20	0.20	0.19
55	0.19	0.19	0.19
56	0.18	0.18	0.18
57	0.18	0.18	0.17
58	0.17	0.17	0.17
59	0.17	0.16	0.16
60	0.16	0.16	0.16



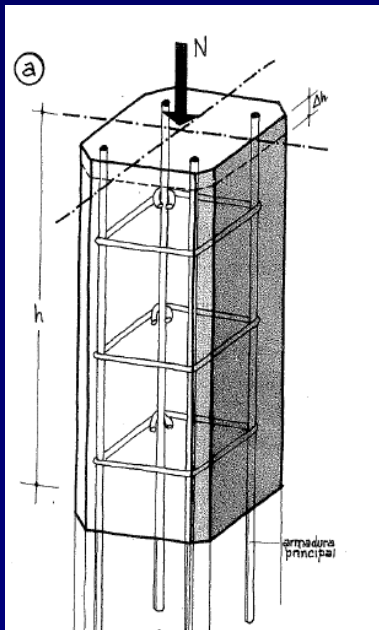


# ESFUERZOS SIMPLES: **Compresión** NO HOMOGÉNEO: HORMIGÓN ARMADO



$$P_D = \phi_c P_n = \phi_c [0.80 A_H (0.85 f'_c + \rho f_y)]$$

Carga  
Nominal



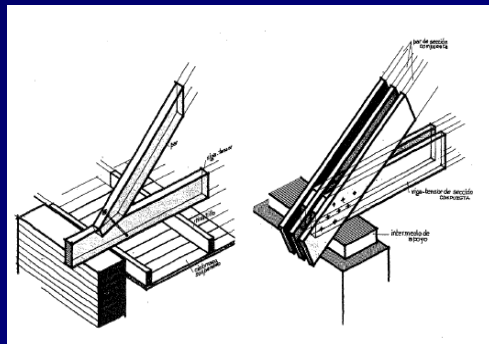
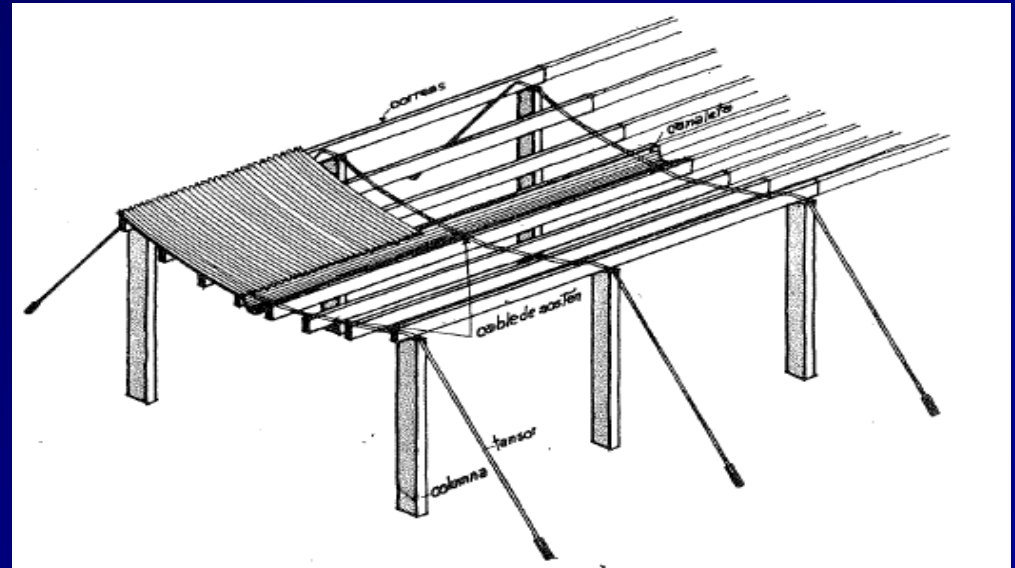
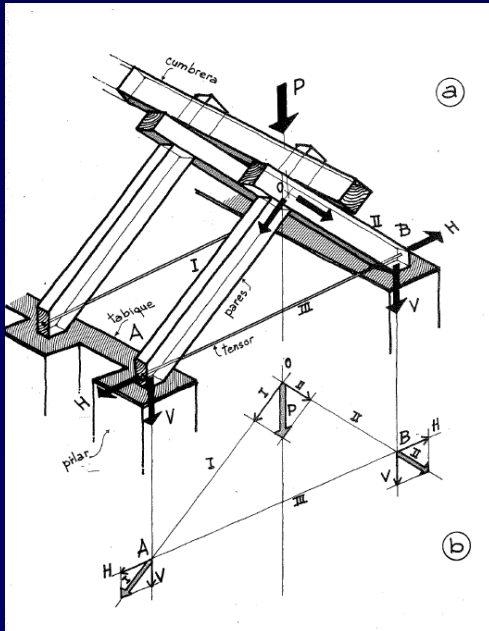
$$A_H = \frac{P_u}{\phi_c \cdot 0.80 \cdot [0.85 \cdot f'_c + \rho \cdot f_y]}$$

Sección de  
Hormigón

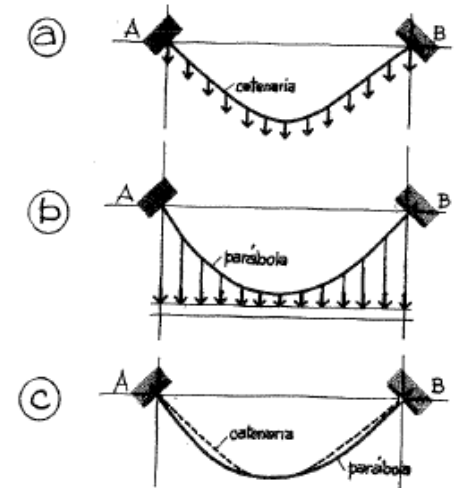
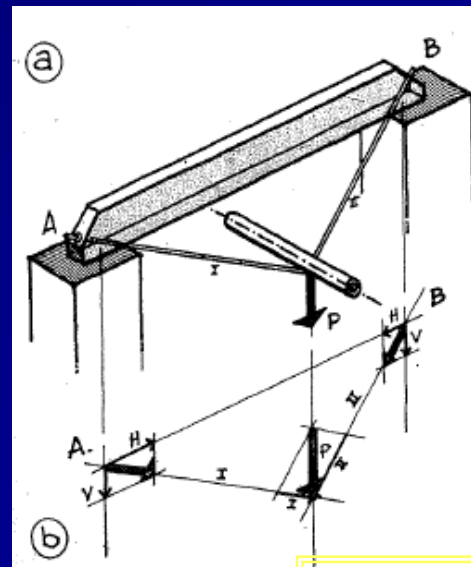
$$A_s = A_H \cdot \rho$$

Acero y  
cuantía

# ESFUERZOS SIMPLES: Tracción



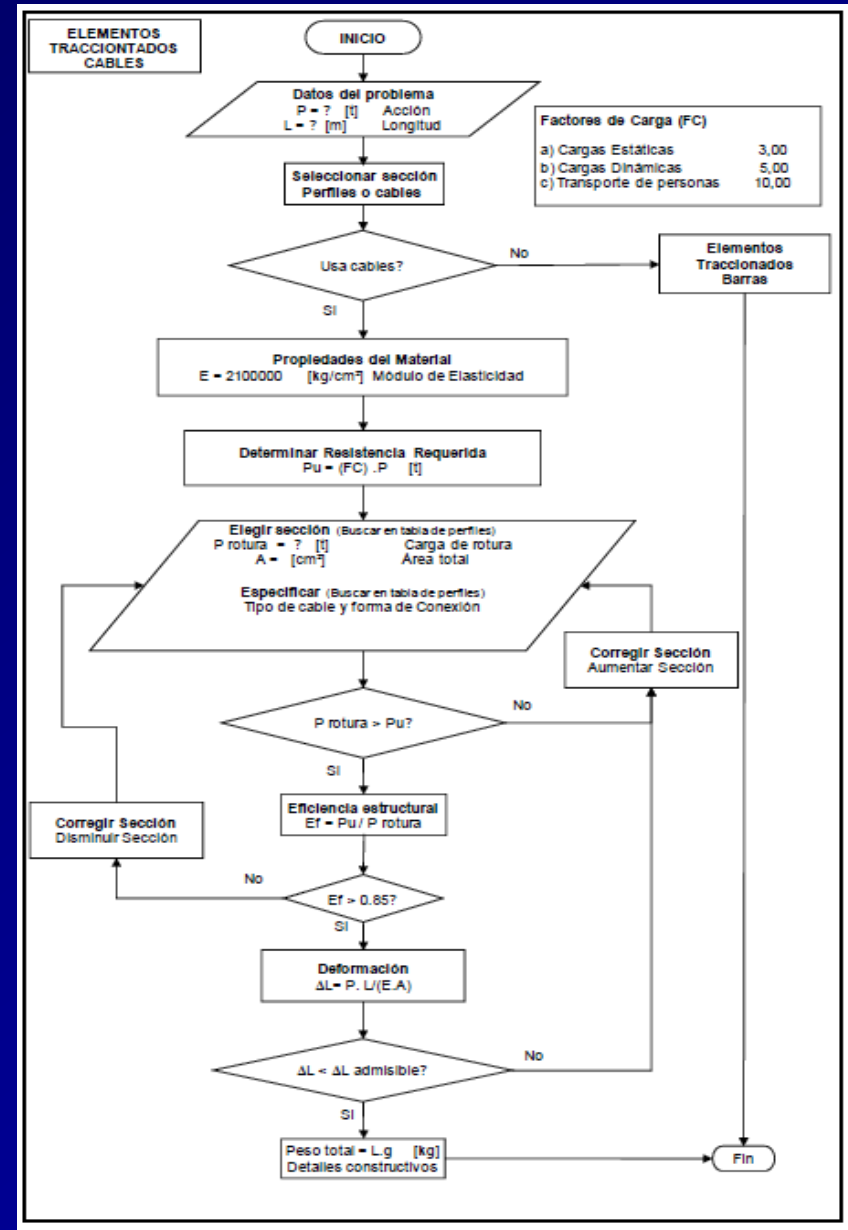
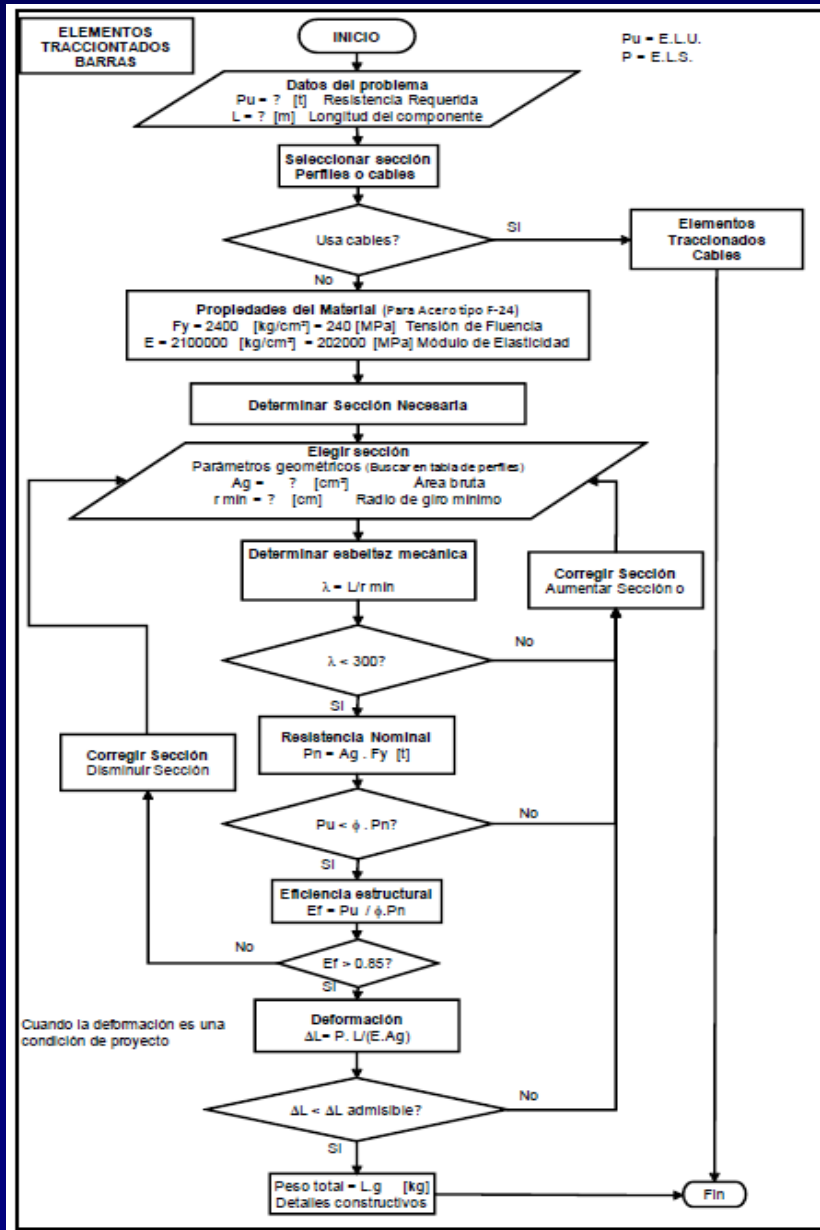
Barras



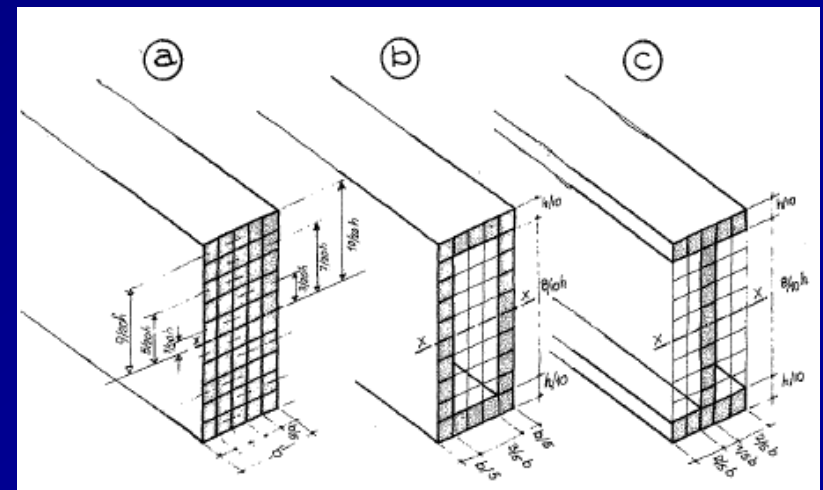
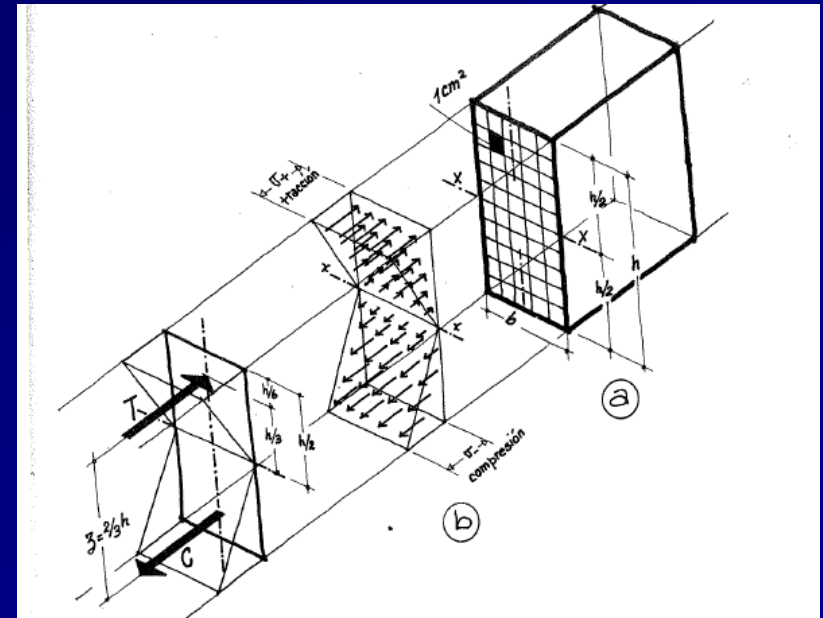
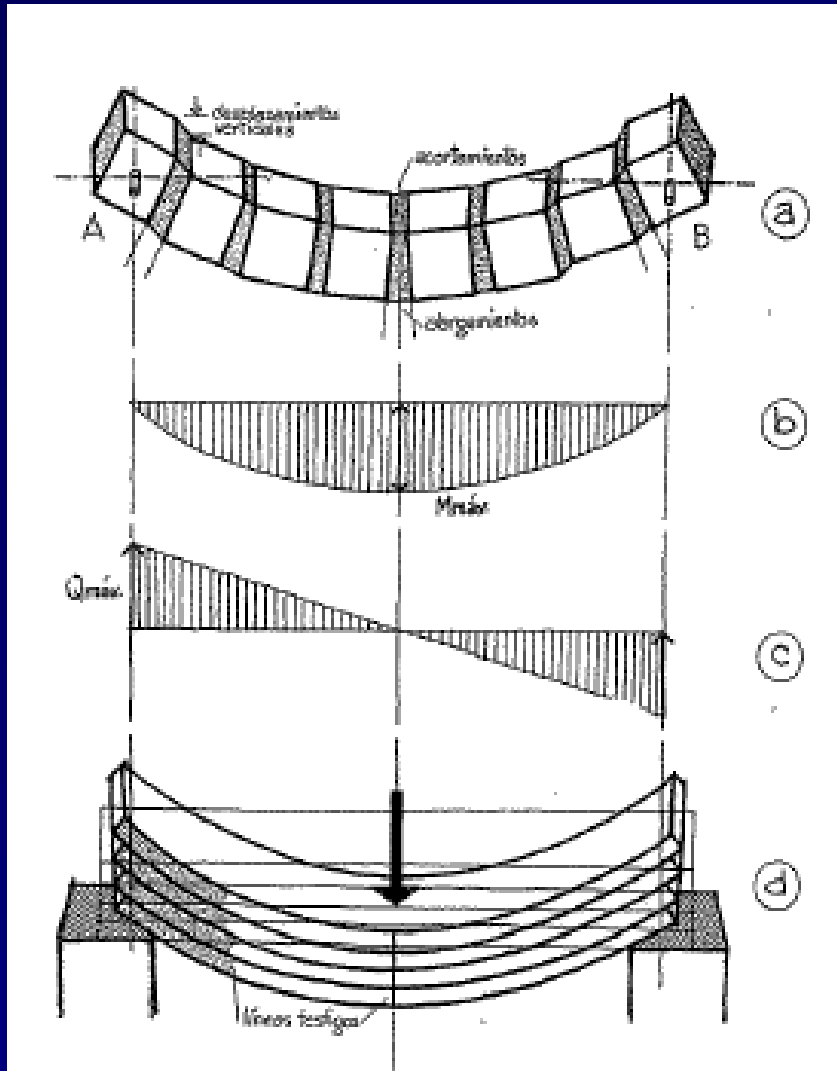
Cables



# ESFUERZOS SIMPLES: Tracción



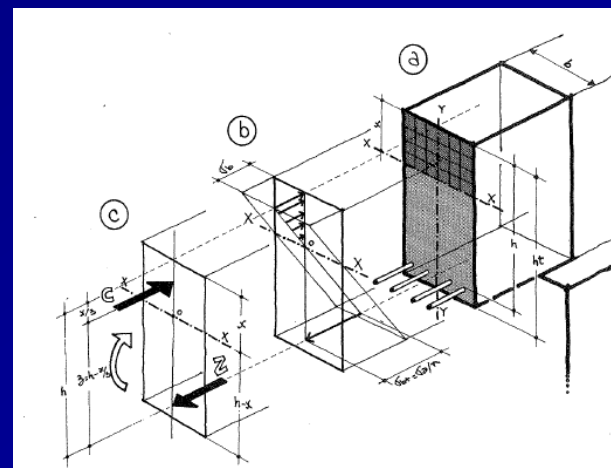
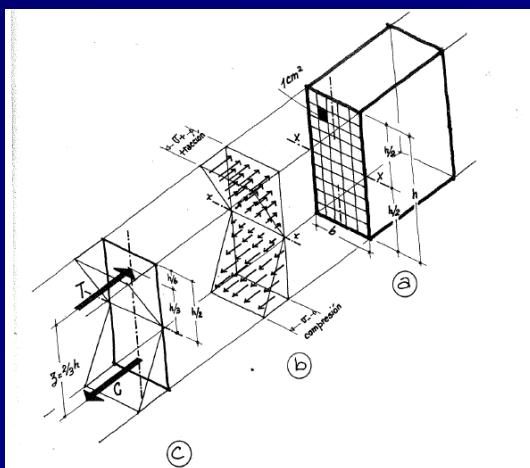
# ESFUERZOS SIMPLES: Flexión



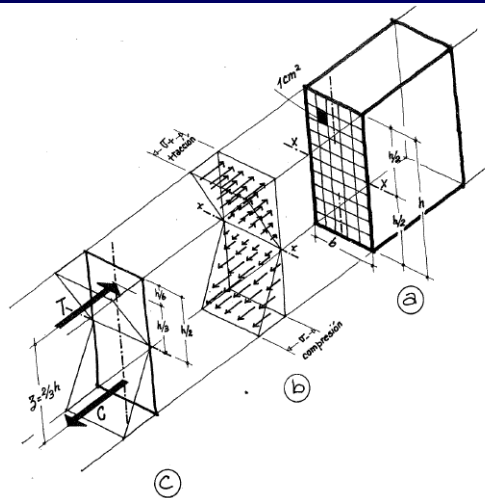


# ESFUERZOS SIMPLES: Flexión

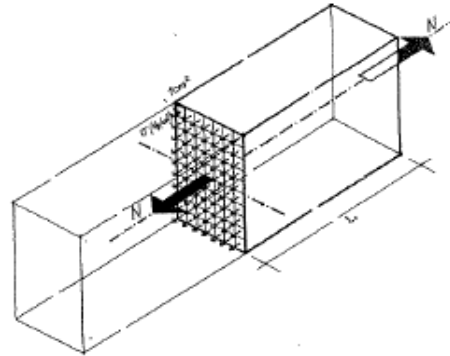
	ACERO	MADERA	HORMIGON ARMADO
ESTADO A UTILIZAR PARA RESISTENCIA	ULTIMO (1.2D+1.6L)	SERVICIO (D+L)	ULTIMO (1.2D+1.6L)
ESTADO A UTILIZAR PARA DEFORMACION	SERVICIO (D+L)	SERVICIO (D+L)	SERVICIO (D+L)
TIPO DE MATERIAL	ACERO F-24 Tensión de fluencia $F_y=2400$ $\text{kg/cm}^2$	<b>Madera. Especie. Fb</b> $F'b=F_b \times \text{factores de ajuste}$ [Mpa]	Acero ADN-420 Tensión de fluencia $F_y=4200$ $\text{kg/cm}^2$
CONDICION DE RESISTENCIA	$S_{nec} = M_u / (0.9 \cdot F_y)$ $M_u \leq M_d = \phi \cdot M_n = \phi S_{x-x} \cdot F_y$	$F_{trabajo} = M/S \leq F'b$	$A_{s-nec} = M_u / (0.9 \cdot F_y)$ $z \approx 0.75h$ $A_{s-min} = b \cdot h / 300$
CONDICION DE DEFORMACION	$\delta < \delta_{adm}$ $\delta_{adm} = L/n^\circ$ $n^\circ \text{ varía entre } 200 \text{ y } 1000$	$\delta < \delta_{adm}$ $\delta_{adm} = L/n^\circ$ $n^\circ \text{ varía entre } 200 \text{ y } 1000$	$\delta < \delta_{adm}$ $\delta_{adm} = L/n^\circ$ Considerar $I_{eff} \approx I_{bruto} / 2$ $n^\circ \text{ varía entre } 200 \text{ y } 1000$



## ESFUERZOS COMBINADOS



+



=



FLEXIÓN  $M = N \cdot e$   
COMPRESIÓN = N

FLEXO COMPRESIÓN  
NORMAL

SE DENOMINA ASÍ PORQUE LA  
FLEXIÓN ES PROVOCADA POR LA  
EXCENTRICIDAD DEL ESFUERZO  
NORMAL

Flexión

+

Axial

=

Esfuerzos Combinados

## ESFUERZOS COMBINADOS

Acero

Flexión

$$M_n = S_x \cdot F_y$$

+

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

$$P_n = A_g \cdot F_y$$

Compresión

Tracción

$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} \leq 1,0$$

Combinado

Gráficos

Flexión

+

Axial

=

Esfuerzos Combinados



## ESFUERZOS COMBINADOS

## Madera

Flexión

$$P_{adm} = A \cdot F_c \cdot C_p$$

Compresión

$$M_{adm} = Sx \cdot f_{adm \text{ flexión}} +$$

$$P_{adm} = Ag \cdot f_{adm \text{ trac}}$$

Tracción

$$\frac{M}{M_{adm}} + \frac{P}{P_{adm}} \leq 1,0$$

Combinado

Gráficos

Flexión

+

Axial

=

Esfuerzos Combinados

# ESFUERZOS COMBINADOS

## Hormigón Armado

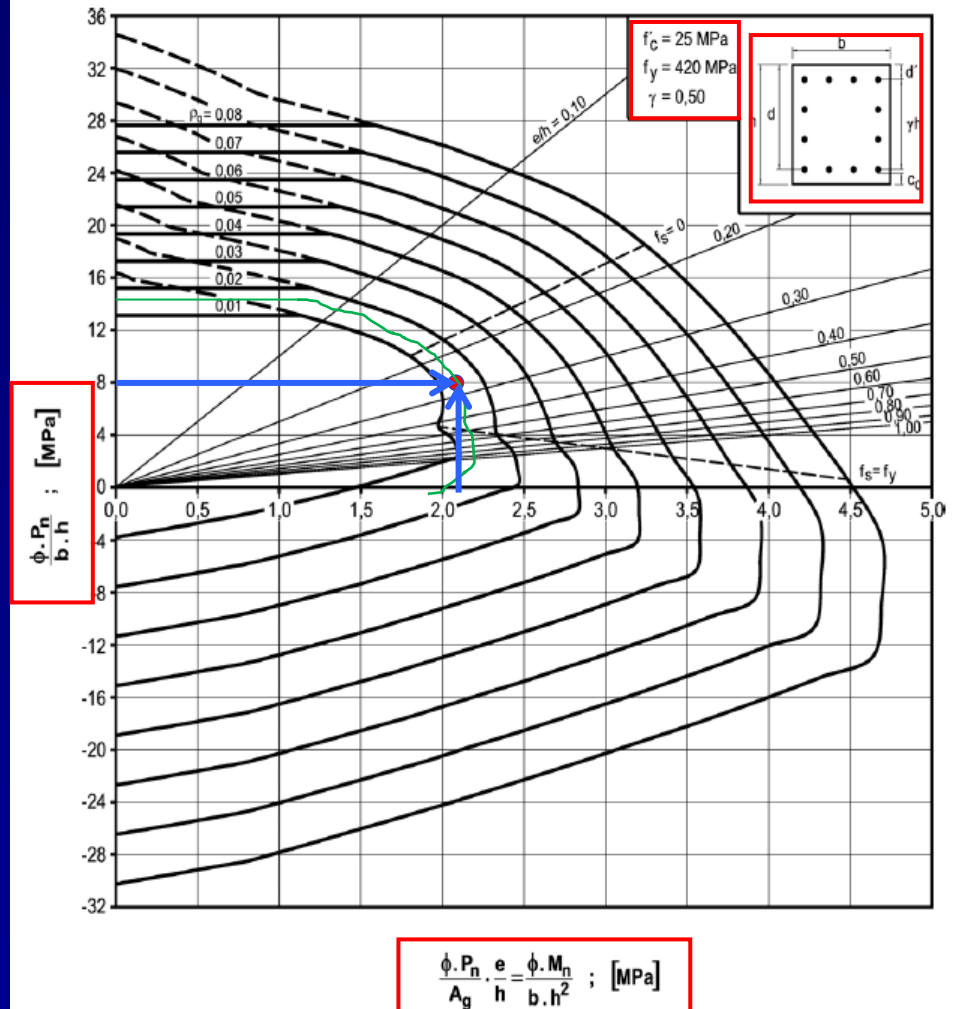
### Procedimiento

1.  $\mu_u, \mu_u$
2. Solic. Normalizadas
3. Arreglo de armaduras
4. Calidad de hormigón
5. Recubrimiento
6. Cuantía

### Ejemplo

1. Normal = 8 MPa
2. Flexión = 2,1 MPa
3. Cuantía = 0,015

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN



## Ejemplo 1

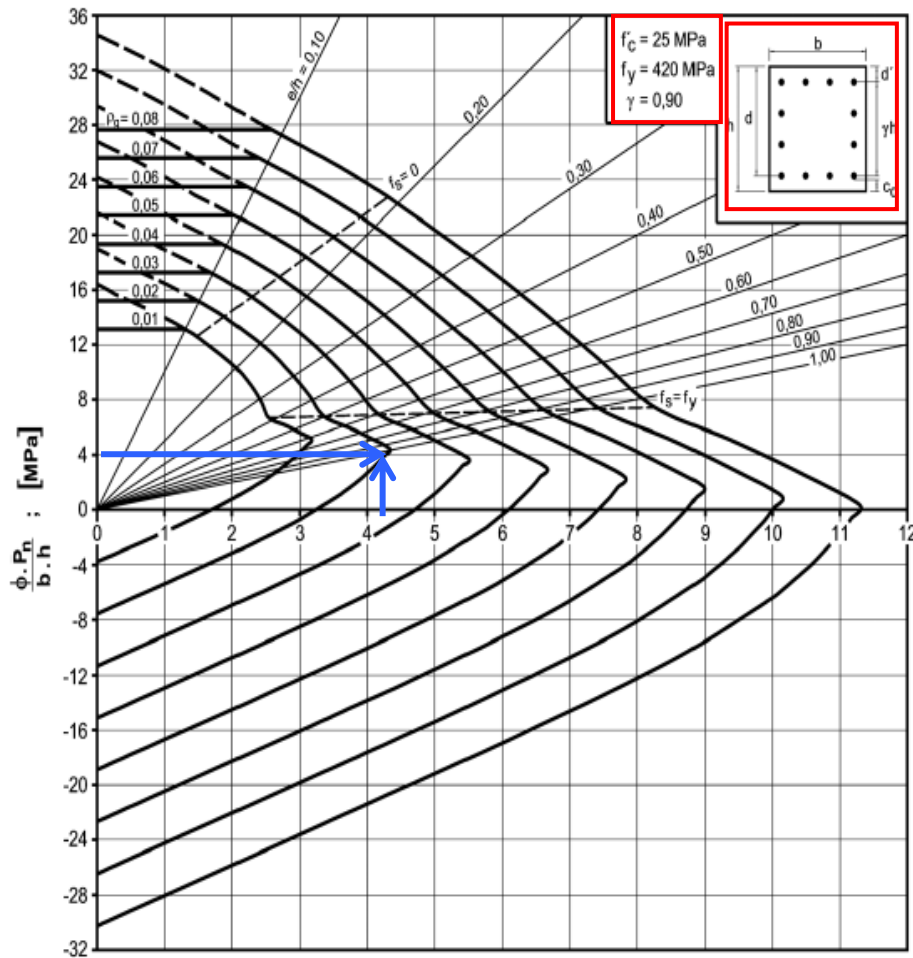
1. Normal = 4 MPa
2. Flexión = 4,1 MPa
3. Cuantía = 0,020

## ESFUERZOS COMBINADOS

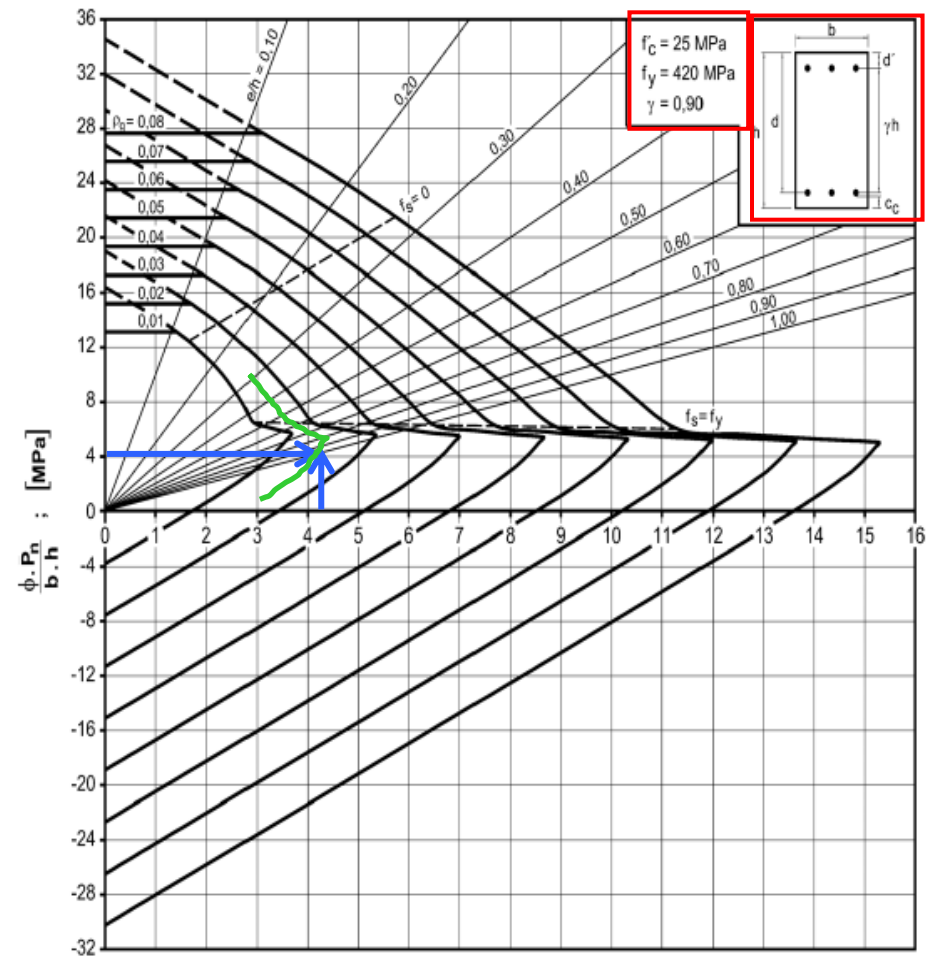
## Hormigón Armado

## Ejemplo 2

1. Normal = 4 MPa
2. Flexión = 4,1 MPa
3. Cuantía = 0,015



$$\frac{\phi \cdot P_n \cdot e}{A_g \cdot h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; [\text{MPa}]$$

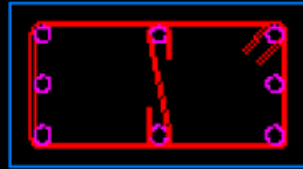


$$\frac{\phi \cdot P_n \cdot e}{A_g \cdot h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; [\text{MPa}]$$

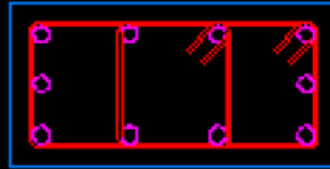


# ESFUERZOS COMBINADOS

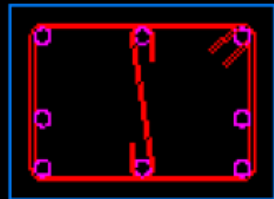
## Hormigón Armado. Esquemas de armado



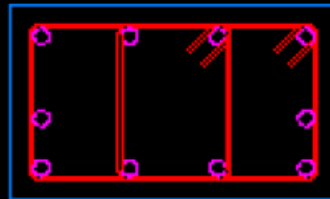
45x25 cm  
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



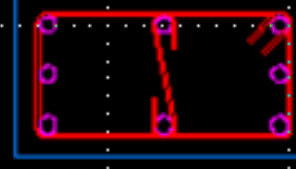
50x25 cm  
10Ø12 / 2eØ6 a15cm.



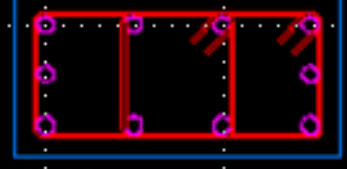
40x30 cm  
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



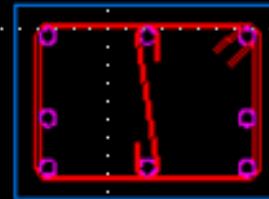
50x30 cm  
10Ø12 / 2eØ6 a15cm.



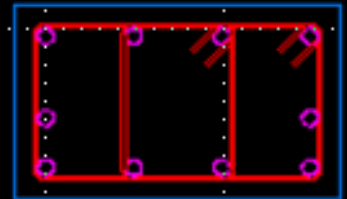
45x25 cm  
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



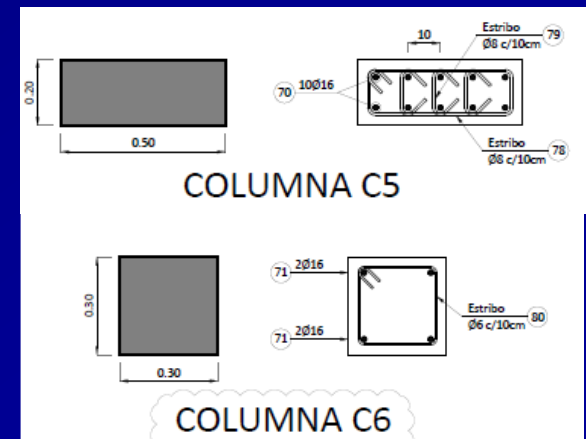
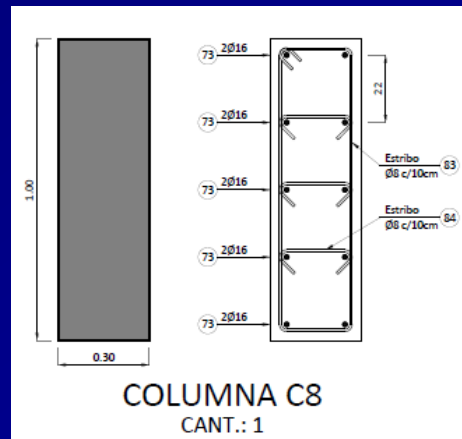
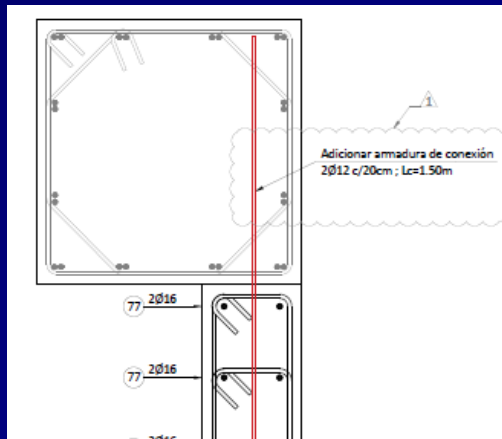
50x25 cm  
10Ø12 / 2eØ6 a15cm.



40x30 cm  
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



50x30 cm  
10Ø12 / 2eØ6 a15cm.





# COMPRESIÓN. Coeficientes de pandeo

TABLA DE DISEÑO DE ELEMENTOS COMPRIMIDOS (Cuadr. Y Rect.)															
		0,8				Fy= 240 MPa				E= 202000		MPa			
λ	λ c	φ . Fcr	λ	λ c	φ . Fcr	λ	λ c	φ . Fcr	λ	λ c	φ . Fcr	λ	λ c	φ . Fcr	λ
1	0,01	191,99	41	0,45	176,41	81	0,89	137,95	121	1,33	91,82	161	1,77	53,96	
2	0,02	191,96	42	0,46	175,67	82	0,90	136,82	122	1,34	90,70	162	1,78	53,30	
3	0,03	191,91	43	0,47	174,92	83	0,91	135,69	123	1,35	89,59	163	1,79	52,65	
4	0,04	191,85	44	0,48	174,16	84	0,92	134,56	124	1,36	88,48	164	1,80	52,01	
5	0,05	191,76	45	0,49	173,38	85	0,93	133,41	125	1,37	87,38	165	1,81	51,38	
6	0,07	191,65	46	0,50	172,58	86	0,94	132,27	126	1,38	86,28	166	1,82	50,76	
7	0,08	191,53	47	0,52	171,78	87	0,95	131,12	127	1,39	85,18	167	1,83	50,15	
8	0,09	191,38	48	0,53	170,96	88	0,97	129,97	128	1,40	84,10	168	1,84	49,56	
9	0,10	191,22	49	0,54	170,12	89	0,98	128,82	129	1,42	83,02	169	1,85	48,97	
10	0,11	191,04	50	0,55	169,28	90	0,99	127,66	130	1,43	81,94	170	1,87	48,40	
11	0,12	190,83	51	0,56	168,42	91	1,00	126,50	131	1,44	80,87	171	1,88	47,84	
12	0,13	190,61	52	0,57	167,55	92	1,01	125,34	132	1,45	79,80	172	1,89	47,28	
13	0,14	190,37	53	0,58	166,66	93	1,02	124,18	133	1,46	78,75	173	1,90	46,74	
14	0,15	190,11	54	0,59	165,76	94	1,03	123,01	134	1,47	77,69	174	1,91	46,20	
15	0,16	189,84	55	0,60	164,86	95	1,04	121,85	135	1,48	76,65	175	1,92	45,67	
16	0,18	189,54	56	0,61	163,94	96	1,05	120,68	136	1,49	75,61	176	1,93	45,16	
17	0,19	189,22	57	0,63	163,01	97	1,06	119,51	137	1,50	74,52	177	1,94	44,65	
18	0,20	188,89	58	0,64	162,07	98	1,08	118,34	138	1,51	73,45	178	1,95	44,15	
19	0,21	188,54	59	0,65	161,11	99	1,09	117,17	139	1,53	72,40	179	1,96	43,66	
20	0,22	188,17	60	0,66	160,15	100	1,10	116,01	140	1,54	71,36	180	1,97	43,17	
21	0,23	187,78	61	0,67	159,18	101	1,11	114,84	141	1,55	70,36	181	1,99	42,70	
22	0,24	187,37	62	0,68	158,19	102	1,12	113,67	142	1,56	69,37	182	2,00	42,23	
23	0,25	186,95	63	0,69	157,20	103	1,13	112,50	143	1,57	68,40	183	2,01	41,77	
24	0,26	186,51	64	0,70	156,20	104	1,14	111,33	144	1,58	67,46	184	2,02	41,31	
25	0,27	186,05	65	0,71	155,18	105	1,15	110,17	145	1,59	66,53	185	2,03	40,87	
26	0,29	185,57	66	0,72	154,16	106	1,16	109,00	146	1,60	65,62	186	2,04	40,43	
27	0,30	185,08	67	0,74	153,13	107	1,17	107,84	147	1,61	64,73	187	2,05	40,00	
28	0,31	184,56	68	0,75	152,10	108	1,18	106,68	148	1,62	63,86	188	2,06	39,58	
29	0,32	184,03	69	0,76	151,05	109	1,20	105,52	149	1,63	63,00	189	2,07	39,16	
30	0,33	183,49	70	0,77	150,00	110	1,21	104,36	150	1,65	62,17	190	2,08	38,75	
31	0,34	182,92	71	0,78	148,93	111	1,22	103,20	151	1,66	61,35	191	2,10	38,34	
32	0,35	182,34	72	0,79	147,86	112	1,23	102,05	152	1,67	60,54	192	2,11	37,94	
33	0,36	181,75	73	0,80	146,79	113	1,24	100,90	153	1,68	59,75	193	2,12	37,55	
34	0,37	181,14	74	0,81	145,70	114	1,25	99,75	154	1,69	58,98	194	2,13	37,17	
35	0,38	180,51	75	0,82	144,62	115	1,26	98,61	155	1,70	58,22	195	2,14	36,79	
36	0,39	179,86	76	0,83	143,52	116	1,27	97,47	156	1,71	57,48	196	2,15	36,41	
37	0,41	179,20	77	0,84	142,42	117	1,28	96,33	157	1,72	56,75	197	2,16	36,04	
38	0,42	178,53	78	0,86	141,31	118	1,29	95,19	158	1,73	56,03	198	2,17	35,68	
39	0,43	177,84	79	0,87	140,20	119	1,31	94,06	159	1,74	55,33	199	2,18	35,32	
40	0,44	177,13	80	0,88	139,08	120	1,32	92,94	160	1,76	54,64	200	2,19	34,97	
Los elementos de la sección transversal son todos compactos ( $\lambda_f$ y $\lambda_w$ ) < $\lambda_r$															

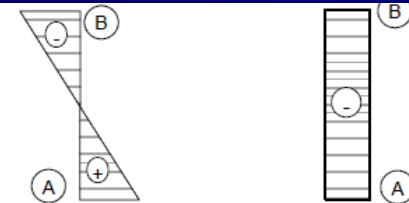
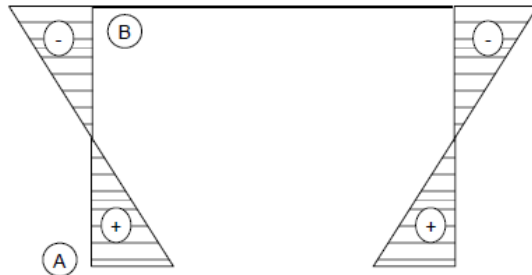
Los elementos de la sección transversal son todos compactos ( $\lambda_f$  y  $\lambda_w$ ) <  $\lambda_r$

Tabla de valores $C_p$				Tabla de valores $C_p$			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo	Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
5	1.00	0.99	0.99	33	0.49	0.48	0.46
6	0.99	0.99	0.99	34	0.47	0.45	0.44
7	0.99	0.99	0.98	35	0.45	0.43	0.42
8	0.99	0.98	0.98	36	0.42	0.41	0.40
9	0.98	0.98	0.97	37	0.40	0.39	0.38
10	0.98	0.97	0.96	38	0.38	0.37	0.37
11	0.98	0.96	0.95	39	0.37	0.36	0.35
12	0.97	0.96	0.94	40	0.35	0.34	0.33
13	0.96	0.95	0.93	41	0.33	0.33	0.32
14	0.96	0.94	0.92	42	0.32	0.31	0.31
15	0.95	0.92	0.90	43	0.31	0.30	0.29
16	0.94	0.91	0.89	44	0.29	0.29	0.28
17	0.92	0.89	0.87	45	0.28	0.28	0.27
18	0.91	0.88	0.85	46	0.27	0.26	0.26
19	0.89	0.86	0.83	47	0.26	0.25	0.25
20	0.87	0.83	0.80	48	0.25	0.24	0.24
21	0.85	0.81	0.78	49	0.24	0.24	0.23
22	0.82	0.78	0.75	50	0.23	0.23	0.22
23	0.80	0.76	0.73	51	0.22	0.22	0.22
24	0.77	0.73	0.70	52	0.21	0.21	0.21
25	0.74	0.70	0.67	53	0.20	0.20	0.20
26	0.70	0.67	0.64	54	0.20	0.20	0.19
27	0.67	0.64	0.61	55	0.19	0.19	0.19
28	0.64	0.61	0.59	56	0.18	0.18	0.18
29	0.61	0.58	0.56	57	0.18	0.18	0.17
30	0.58	0.55	0.53	58	0.17	0.17	0.17
31	0.55	0.53	0.51	59	0.17	0.16	0.16
32	0.52	0.50	0.48	60	0.16	0.16	0.16



## EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº

**Ejercicio N° 3:** Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
$M_D$	+32 kNm	-64 kNm
$M_L$	+ 16 kNm	-32 kNm
$P_D$	-90 kN	-90 kN
$P_L$	-45kN	-45kN

### EJERCICIO FLEXOCOMPRESIÓN TEMA 1

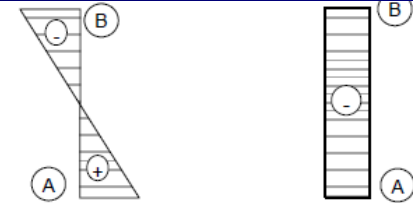
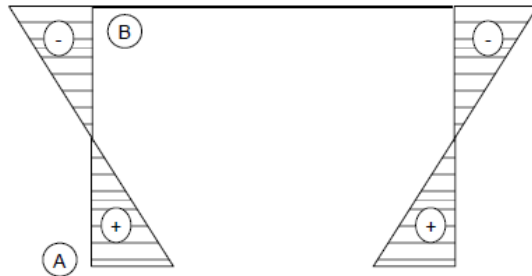
H-25	$f'_c = 25 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$
$\gamma =$	0,9	Diagrama II-10
$b =$	200 mm	
$h =$	300 mm	

Solicitaciones en pórtico. Sección A-A			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	32	90
	L	16	45
	E	50	95

Solicitaciones en pórtico. Sección B-B			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	-64	90
	L	-32	45
	E	150	200

## EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº

**Ejercicio N° 3:** Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



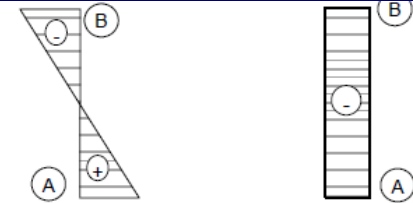
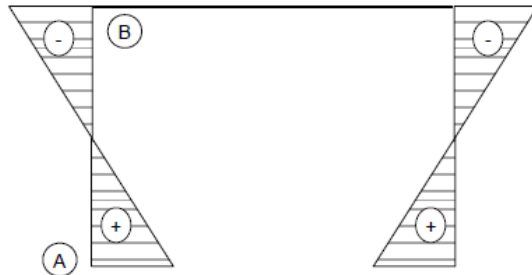
Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
$M_D$	+32 kNm	-64 kNm
$M_L$	+ 16 kNm	-32 kNm
$P_D$	-90 kN	-90 kN
$P_L$	-45kN	-45kN

Solicitaciones en pórtico. Sección A-A			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	32	90
	L	16	45
	E	50	95
C1	1,2D+1,6L	64,0	180,0
C2	1,2D+0,5L+E	96,4	<b>225,5</b>
C3	1,2D+0,5L-E	-3,6	35,5
C4	0,8D+E	75,6	167,0
C5	0,8D+-E	-24,4	<b>-23,0</b>
Axial = Negativo es tracción			

Combinación	sección inferior = pie					
	<b>Mu</b>	<b>Pu</b>	<b>mu</b>	<b>pu</b>	Cuantía	
	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	$\rho$	Punto
<b>C1</b>	64	180,0	3,56	3,00		
<b>C2</b>	96	225,5	5,36	3,76		
<b>C3</b>	-4	35,5	0,20	0,59		
<b>C4</b>	76	167,0	4,20	2,78		
<b>C5</b>	-24	-23,0	1,36	-0,38		

## EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº

**Ejercicio N° 3:** Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
$M_D$	+32 kNm	-64 kNm
$M_L$	+ 16 kNm	-32 kNm
$P_D$	-90 kN	-90 kN
$P_L$	-45kN	-45kN

Solicitaciones en pórtico. Sección B-B			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	-64	90
	L	-32	45
	E	150	200

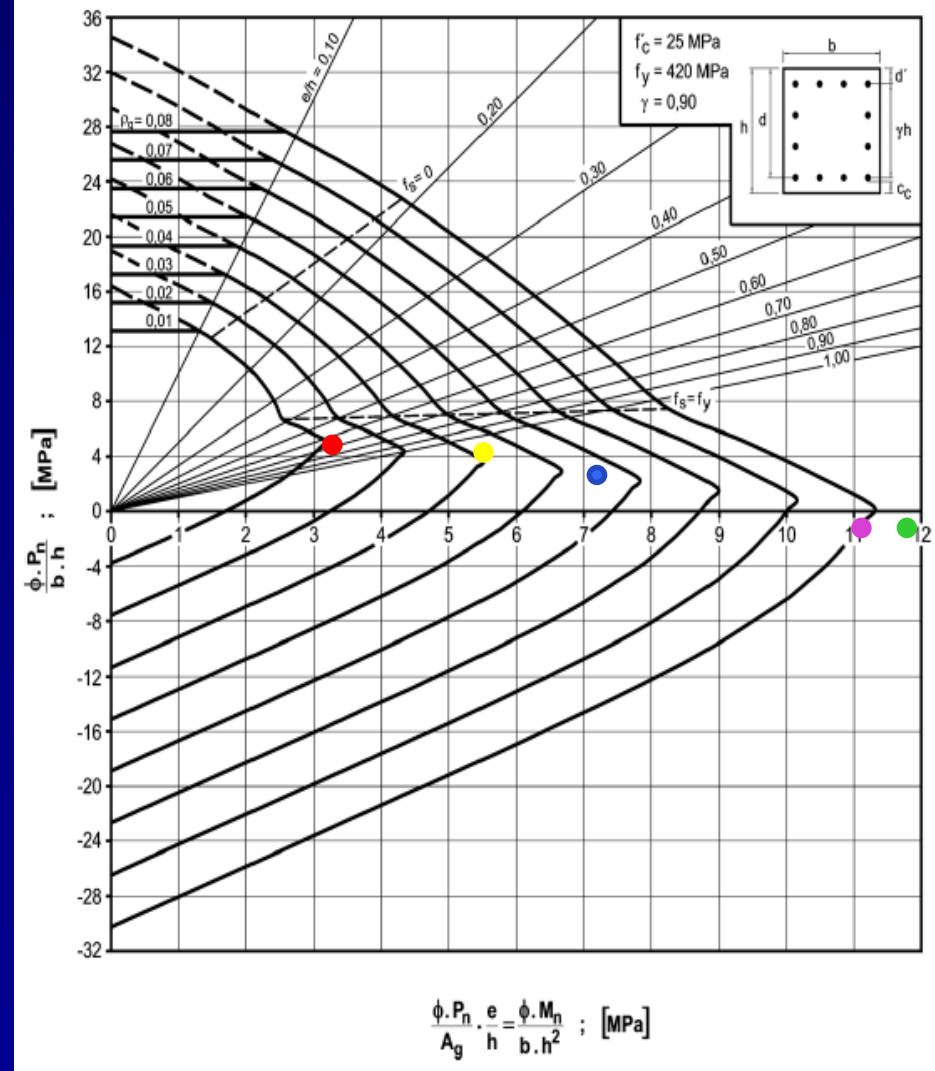
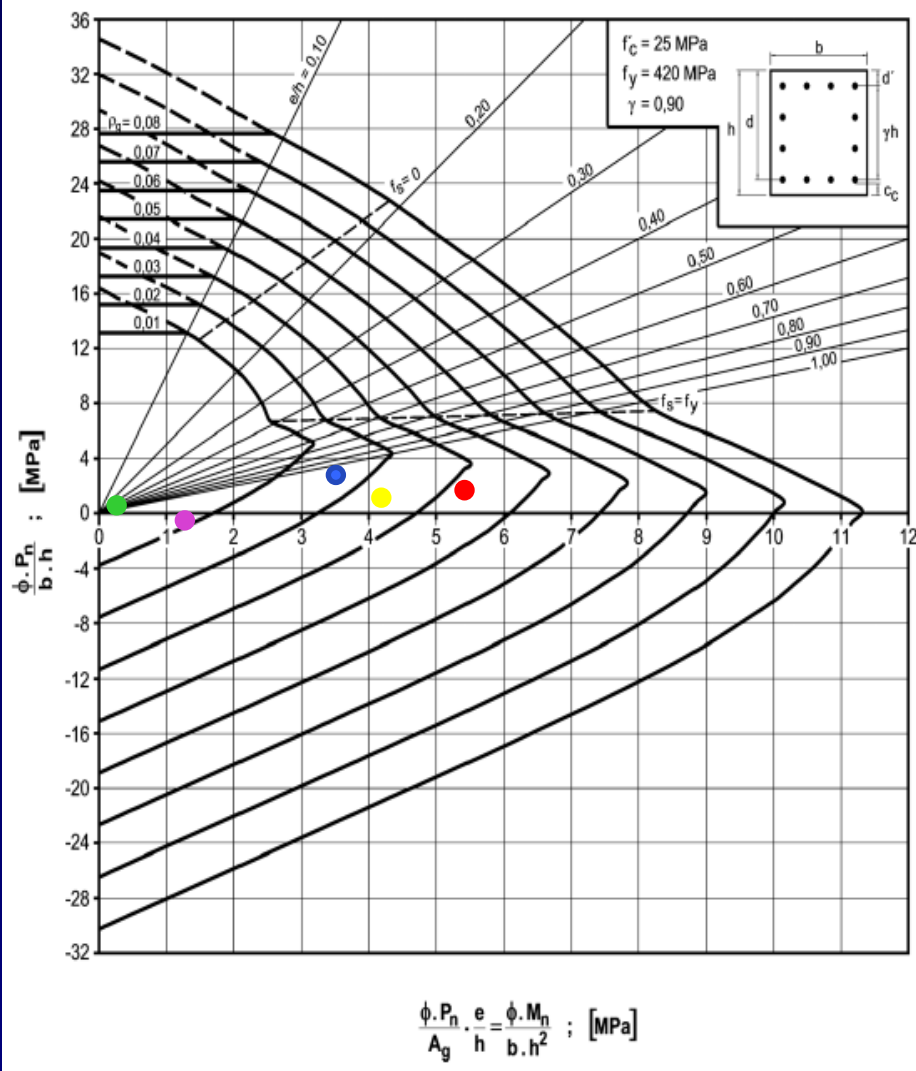
C1	1,2D+1,6L	-128,0	180,0
C2	1,2D+0,5L+E	57,2	330,5
C3	1,2D+0,5L-E	-242,8	-69,5
C4	0,8D+E	98,8	272,0
C5	0,8D+-E	-201,2	-128,0

Axial = Negativo es tracción

Combinación	sección inferior = pie					
	$M_u$	$P_u$	$m_u$	$p_u$	Cuantía	
	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	$\rho$	Punto
<b>C1</b>	-128	180,0	7,11	3,00		
<b>C2</b>	57	330,5	3,18	5,51		
<b>C3</b>	-243	-69,5	13,49	-1,16		
<b>C4</b>	99	272,0	5,49	4,53		
<b>C5</b>	-201	-128,0	11,18	-2,13		



# EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº



**“DISEÑO ESTRUCTURAL”**  
**ESFUERZOS COMBINADOS**  
**FIN**