

00	07/12/2016	EMISION CON CORRECCIONES	J.R.	M.M.	R.P.
00	30/10/2016	EMISIÓN ORIGINAL	J.R.	J.R.	R.P.
REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	PROY. POR	ELAB. POR	APROB. POR



GOBIERNO DE LA CIUDAD
AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES
DIRECCIÓN GENERAL DE
PLANIFICACIÓN DE LA MOVILIDAD

IATASA
INGENIERÍA

atec
Ingenieros Consultores

PROYECTO EJECUTIVO
VIADUCTO FC BELGRANO SUR
TRAMO CALLE DIÓGENES TABORDA - ESTACIÓN CONSTITUCIÓN

TÍTULO:

INFRAESTRUCTURA - PILA TIPO 6A-6B
MEMORIA DE CÁLCULO

PROY.	J.R.	ESCALAS : -	FECHA: 30/10/2016	N°:VFBS-PE-ES-MC-0124-01
ELAB.	J.R.			
APROB.	R.P.			

INDICE

I.- GENERALIDADES

II.- INFRAESTRUCTURA

- 1.- Geometría**
- 2.- Análisis de carga**
- 3.- Parámetros geotécnicos**
- 4.- Verificación de la capacidad portante de los pilotes**
- 5.- Calculo de solicitaciones y dimensionamiento de secciones**

I.- GENERALIDADES

La presente Memoria de Cálculo contiene el diseño estructural de la pila tipo P6 del viaducto ferroviario de las vías del Belgrano Sur, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Dicha estructura tiene como fin brindar apoyo a la estructura de soporte ferroviario (vigas), transmitiendo las cargas sobre esta hacia el suelo de fundación.

La pila es de hormigón armado *in-situ* y está compuesta por un dintel con los apoyos elastoméricos que soportan las vigas, unido mediante una única columna central a las fundaciones, formadas por un cabezal que da lugar a un pilote.

Se estudian las pilas ubicadas dentro de la estación Buenos Aires, correspondientes a secciones de superestructura SES1-SES1 (P6A típica), SES1-SES2 (P6A especial en cruce con Av. Velez Sarsfield) y S3-SES1 (P6B)

Reglamentos

El cálculo de cargas y solicitaciones se realiza de acuerdo con los lineamientos del "Reglamento para Puentes Ferroviarios de Hormigón Armado" de Ferrocarriles Argentinos.

El dimensionamiento de las estructuras se realiza de acuerdo con el cuerpo de Reglamentos C.I.R.S.O.C.

Los materiales previstos en este proyecto son:

Hormigón Superestructura:	H- 30	$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$	
Hormigón Pilotes H-21	H- 21	$\sigma'_{bk} = 210 \text{ kg/cm}^2$	
Acero para Hormigón	ADN-420	$\beta_s = 4200 \text{ kg/cm}^2$	(Conformado en barras)

2. Análisis de Cargas

2.1. Cargas Permanentes (Peso propio pila)

Peso específico = **2.50** ton/m³

ELEMENTO	PILA 6A		PILA 6B	
	SECCIÓN	PESO (Ge)	SECCIÓN	PESO (Ge)
	m ²	ton	m ²	ton
Dintel	1.80	19.69	2.25	15.75
Cabecal	1.44	5.76	1.44	5.76
Columna	1.54	28.48	1.54	28.48
Pilote	1.77	123.70	1.77	123.70
Totales/Resultante	-	177.63	-	173.69

2.2. Cargas Provenientes de tablero

Se indican las reacciones de las distintas secciones sobre la pila correspondiente

Tipo de carga	Seccion S ES1			Seccion S ES2			Seccion S3		
	Longitud = 25 m			Longitud = 31.3 m			Longitud = 20 m		
	V [ton]	H _{transv.} [ton]	H _{long.} [ton]	V [ton]	H _{transv.} [ton]	H _{long.} [ton]	V [ton]	H _{transv.} [ton]	H _{long.} [ton]
Peso Propio del tablero	116.3	-	-	156.7	-	-	113.8	-	-
Sobrecarga	111.5	-	-	121.5	-	-	92.2	-	-
Frenado	-	-	15.30	-	-	18.24	-	-	12.70
Balanceo	-	4.30	-	-	4.97	-	-	3.60	-
Variacion de longitud	-	-	6.20	-	-	7.69	-	-	23.40
Viento	±7.79	7.40	-	±8.89	7.84	-	±7.79	6.80	-

La pila 6A típica soporta dos secciones S ES1 de 25 m de cada lado.

La pila 6A especial soporta una sección tipo S ES1 de 25 m de longitud de un lado, y una sección tipo S ES2 de 31.3 m de longitud del otro.

La pila 6B soporta una sección tipo S ES1 de 25 m de longitud de un lado, y una sección tipo S3 de 20 m de longitud del otro.

3. Parámetros geotécnicos

Según sondeo n°11

3.1. Coeficiente de balasto horizontal

Separación entre nodos en el modelo de cálculo

 $l_i = 0.50 \text{ m}$

Profundidad Inicial	Profundidad Final	kh	k_{rh}
		[ton/m ³]	[ton/m]
-2.5	-9.0	250.00	187.50
-9.0	-13.0	200.00	150.00
-13.0	-20	500.00	375.00
-20.0	< -20	2000.00	1500.00

3.2. Tensiones admisibles

Tensión admisible por punta:

 $\sigma_{adm.punta} = 200 \text{ ton/m}^2$

Tensión admisible por fricción:

$\sigma_{adm.fricción}$ [ton/m ²]	Cota de inicio	Cota de fin	$L_{Fricc.}$ [m]
1.0	2.5	9.0	6.5
2.0	9.0	13.0	4.0
3.0	13.0	-	15.0

0

3.3. Recomendaciones

Longitud mínima de pilote

 $L_{pilmin} = 23.00 \text{ m}$

Diámetro mínimo de pilote

 $\varnothing_{pil.min} = 1.00 \text{ m}$

4. Verificación de la capacidad portante de los pilotes

	Carga Máx. (ton)	Diámetro del pilote (m)	Sección del Pilote (m ²)	Perímetro del pilote (m)	$P_{adm(*)}$ (ton)	Verifica
P6A _T	597.5	1.50	1.77	4.71	634	Si
P6A _E	630.6	1.50	1.77	4.71	634	Si
P6 _B	578.9	1.50	1.77	4.71	634	Si

 $(*) P_{adm} = \sigma_{adm.punta} \times A_{pil} + \sigma_{adm.fricción} \times Per_{pil.} \times L_{Fricc.}$

5. Calculo de solicitaciones y dimensionamiento de secciones

5.1. Modelo para el cálculo electrónico

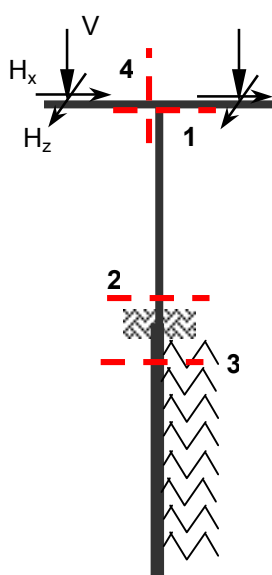
Se realiza un modelo de portico espacial, mediante proceso STAAD PRO 2005, para cada tipo de pila.
 Se considera el efecto de segundo orden mediante el método P-D.

Esquema del Modelo

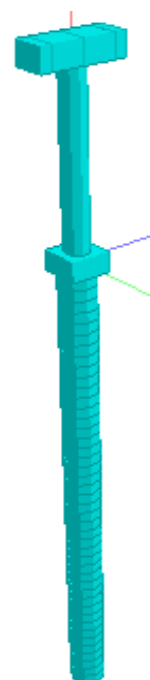
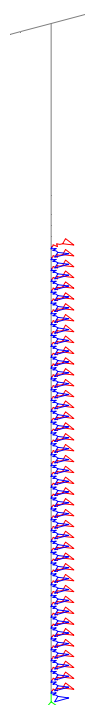
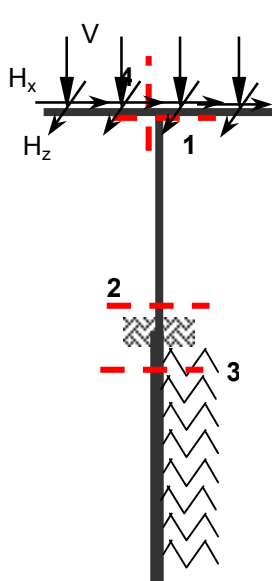
Vista del Modelo

Render 3D

Secciones S ES1, S ES2



Sección S3



Se consideran 2 estados de carga diferentes teniendo en cuenta:

- i) Estados completos con mayor carga gravitatoria y mayor fuerza horizontal de frenado.
- ii) Estados de sobrecarga desbalanceada longitudinalmente.

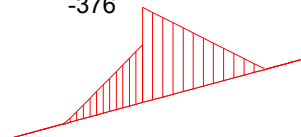
5.2. Diagramas de características envolvente obtenidos a partir del modelo de cálculo.

5.2.1 Diagrama de Características del Dintel

Flexión en z M_z [ton.m]

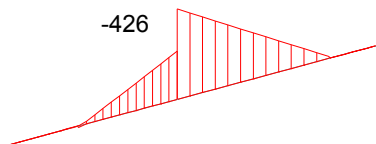
P6A típica

-376



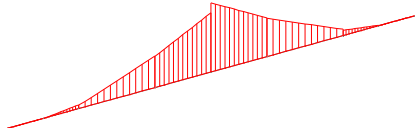
P6A especial

-426



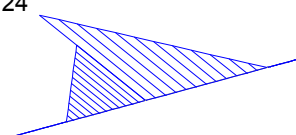
P6B

-290

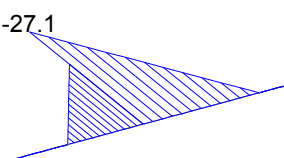


Flexión en y M_y [ton.m]

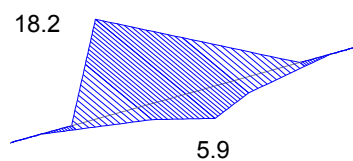
24



-27.1



18.2

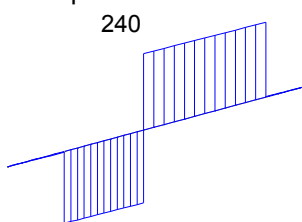


5.9

Corte en y Q_y [ton]

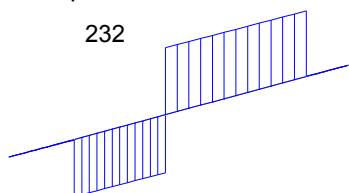
P6A típica

240



P6A especial

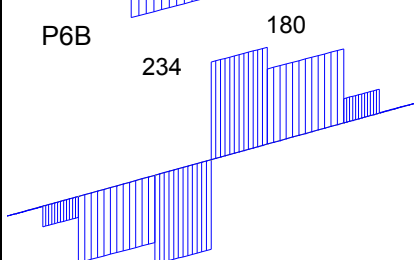
232



P6B

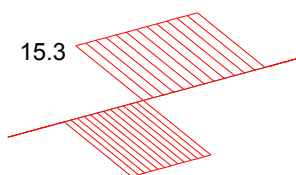
234

180

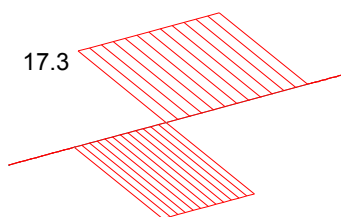


Corte en z Q_z [ton]

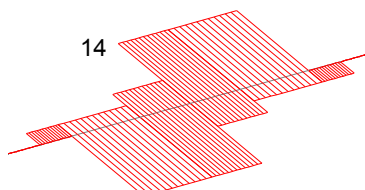
15.3



17.3



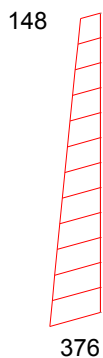
14



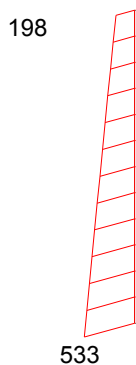
5.2.2 Diagrama de Características de la Columna

Flexión en z M_z [ton.m]

P6A típica



P6A especial

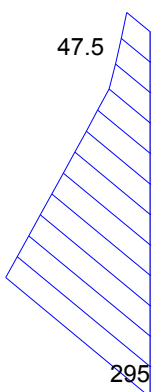


P6B

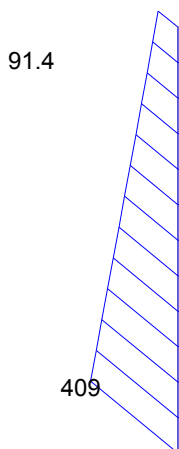


Flexión en y M_y [ton.m]

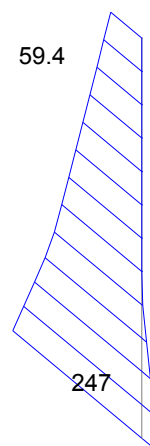
P6A típica



P6A especial

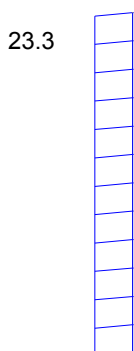


P6B

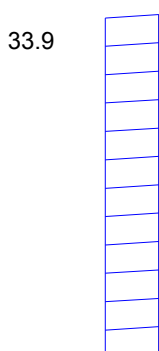


Corte en y Q_y [ton]

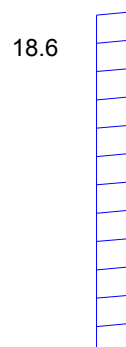
P6A típica



P6A especial



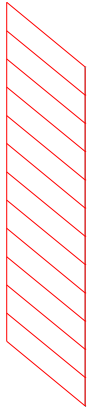
P6B



Corte en z Qz [ton]

P6A típica

30.6



P6A especial

34.6



P6B

27.9



10.7

5.2.3 Diagrama de Características de los Pilotes

Flexión en z Mz [ton.m]

P6A típica

458



P6A especial

654



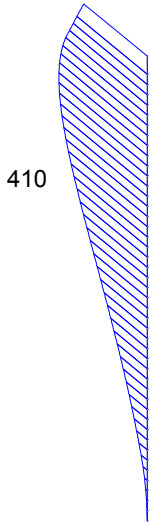
P6B

349

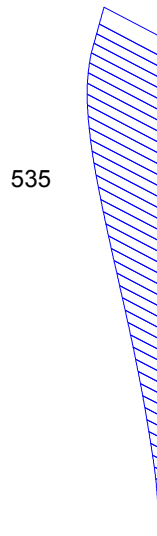


Flexión en y My [ton.m]

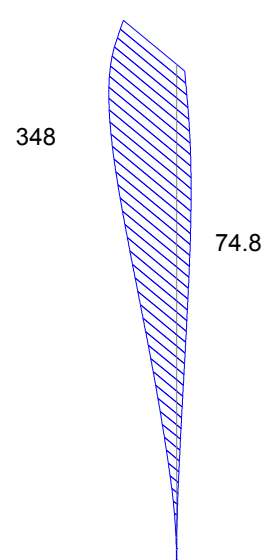
P6A típica



P6A especial

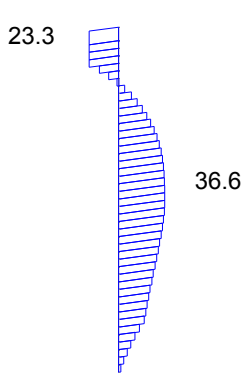


P6B

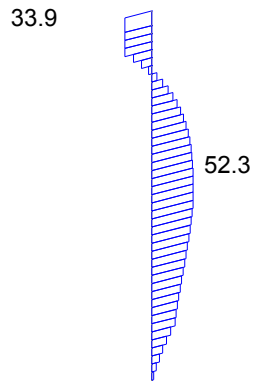


Corte en y Qy [ton]

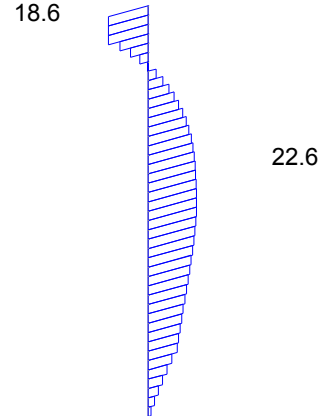
P6A típica



P6A especial

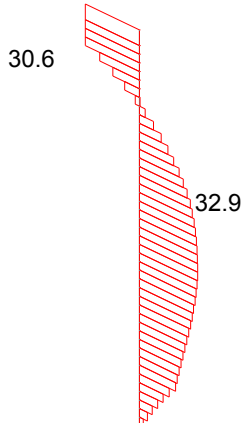


P6B

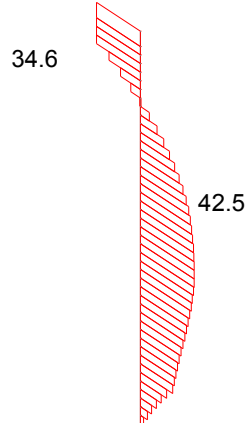


Corte en z Qz [ton]

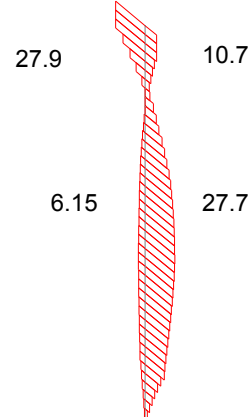
P6A típica



P6A especial



P6B



5.3. Dimensionamiento Pila 6A Típica

5.3.1 Dimensionamiento del pilote y columna

Flexión en estados de Servicio

SECCION	SOLICITACIONES				ARMADURAS					
	M	N	m	n	ω_o	μ	$fe_{nec.}$	ϕ	Cant	fe_{adop}
1	149.0	-468	0.03	-0.13	0.00	0.008	123.09	25	25.1	27Ø25
1	117.1	-356	0.02	-0.10	0.00	0.008	123.09	25	25.1	27Ø25
2	478.4	-498	0.10	-0.14	0.40	0.022	336.31	25	68.5	70Ø25
2	286.8	-387	0.06	-0.11	0.30	0.016	252.23	25	51.4	70Ø25
3	617.2	-519	0.13	-0.17	0.60	0.025	441.56	25	90.0	90Ø25
3	352.6	-407	0.08	-0.13	0.35	0.015	257.58	25	52.5	90Ø25

Corte en estados de Servicio

 n° ramas = **2**

SECCION	SOLICITACIONES				ARMADURAS				
	Q	b	d	τ_o	Zona	τ_{red}	$fe_{(rama)}$	sep	adop
1/2	38.35	0.00	1.40	33.23	Zona I	13.29	0.31	0.10	Ø10c/10
3	49.15	0.00	1.50	37.10	Zona I	14.84	0.74	0.20	Ø10c/20

Torsión en estados de servicio

SECCION	M_T	τ_T	Fe_T	$\tau_T < \tau_{02}$	Q	τ_C	Fe_C rama	$\tau_C + \tau_T$	$\tau_C + \tau_T < 1.3\tau_{02}$	Estribo
	[ton.m]	[ton/m ²]	[cm ² /m]		[ton]	[ton/m ²]	[cm ² /m]	[ton/m ²]		
1 / 2	8.4	15.6	1.1	ok	38.4	13.3	3.9	28.92	ok	E° Ø10 c/10cm

Armatura Longitudinal de Torsión

SECCION	M_T	τ_T	Fe_T	$\Sigma Fe_{necesaria}^{flex}$	$\Sigma Fe_{adoptada}^{flex}$	Fe a agregar
	[ton.m]	[ton/m ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]
1	8.4	15.6	5.0	336.3	343.6	---
2	8.4	15.6	5.0	252.2	343.6	---

5.3.2 Dimensionamiento del Dintel

Flexión Vertical en Estado de Servicio, Verificación como Ménsula Corta

Armadura Superior

$$P = 227.80 \text{ ton}$$

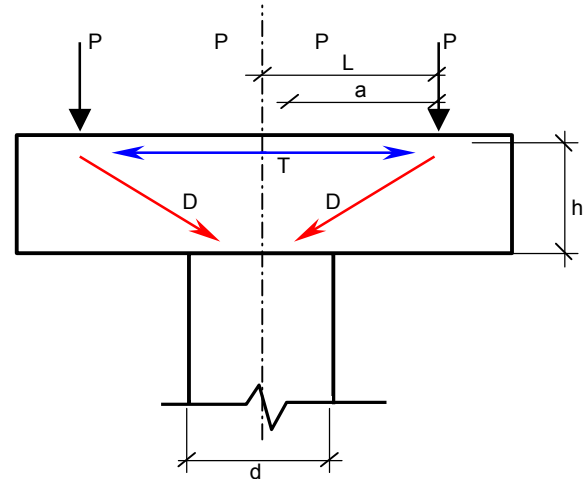
$$L = 1.57 \text{ m}$$

$$a = L - d/6 = 1.34 \text{ m}$$

$$h = 1.46 \text{ m}$$

$$T = P \times a / (0.8 \times h) = 260.7 \text{ ton}$$

$$A_s = T / \sigma_e = 108.6 \text{ cm}^2$$



Armadura adoptada 23 ϕ 25 (sup)

Verificación de Biela Comprimida

$$D = \sqrt{P^2 + T^2} = 346 \text{ ton}$$

$$\sigma_b = D / (b \times 0.2 h)$$

$$\sigma_{adm} = \beta r / 2.1$$

$$\sigma_b = 79.0 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm} = 109.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \textbf{Verifica}$$

Flexión Horizontal en Estado de Servicio, Verificación como Ménsula Corta

Armadura Lateral

$$P = 15.32 \text{ ton}$$

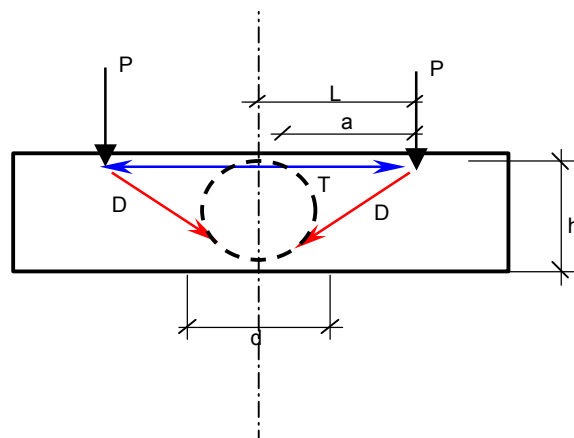
$$L = 1.57 \text{ m}$$

$$a = L - d/6 = 1.34 \text{ m}$$

$$h = 0.97 \text{ m}$$

$$T = P \times a / (0.8 \times h) = 26.4 \text{ ton}$$

$$A_s = T / \sigma_e = 11.0 \text{ cm}^2$$



Armadura adoptada 7 ϕ 20 (Lat)

Verificación de Biela Comprimida

0

$$D = \sqrt{(P^2 + T^2)} = 31 \text{ ton}$$

$$\sigma_b = D / (b \times 0.2 h)$$

$$\sigma_{adm} = \beta r / 2.1$$

$$\sigma_b = 10.5 \text{ kg/cm}^2 <$$

$$\sigma_{adm} = 109.5 \text{ kg/cm}^2$$

Verifica

5.4. Dimensionamiento Pila 6B

5.4.1 Dimensionamiento del pilote y columna

Flexión en estados de Servicio

SECCION	SOLICITACIONES				ARMADURAS					
	M	N	m	n	ω_o	μ	fe _{nec.}	ϕ	Cant	fe _{adop}
1	86.1	-411	0.02	-0.12	0.00	0.008	123.09	25	25.1	27Ø25
1	69.2	-320	0.01	-0.09	0.00	0.008	123.09	25	25.1	27Ø25
2	318.4	-442	0.06	-0.12	0.15	0.008	126.11	25	25.7	27Ø25
2	289.3	-347	0.06	-0.10	0.15	0.008	126.11	25	25.7	27Ø25
3	410.3	-462	0.11	-0.17	0.35	0.015	224.38	25	45.7	90Ø25
3	398.3	-368	0.11	-0.14	0.35	0.015	224.38	25	45.7	90Ø25

Corte en estados de Servicio

nº ramas = 2

SECCION	SOLICITACIONES				ARMADURAS				
	Q	b	d	τ_o	Zona	τ_{red}	fe (rama)	sep	adop
1/2	30.30	0.00	1.40	26.26	Zona I	10.50	0.25	0.10	Ø10c/10
3	32.61	0.00	1.50	24.62	Zona I	9.85	0.49	0.20	Ø10c/20

Torsión en estados de servicio

SECCION	M _T	τ_T	Fe _T	$\tau_T < \tau_{02}$	Q	τ_C	Fe _C rama	$\tau_C + \tau_T$	$\tau_C + \tau_T < 1.3 \tau_{02}$	Estribo
	[ton.m]	[ton/m ²]	[cm ² /m]		[ton]	[ton/m ²]	[cm ² /m]	[ton/m ²]		
1 / 2	9.5	17.7	1.3	ok	30.3	10.5	3.1	28.15	ok	E° Ø10 c/10cm

Armadura Longitudinal de Torsión

SECCION	MT [ton.m]	τ_T [ton/m ²]	Fe_T [cm ²]	$\Sigma Fe_{necesaria}^{flex}$ [cm ²]	$\Sigma Fe_{adoptada}^{flex}$ [cm ²]	Fe a agregar [cm ²]
1	9.5	17.7	5.7	126.1	132.5	---
2	9.5	17.6	5.7	126.1	132.5	---

5.4.2 Dimensionamiento del Dintel

Flexión Vertical en Estado de Servicio, Verificación como Ménsula Corta

Armadura Superior

$$P = \mathbf{178.13} \text{ ton}$$

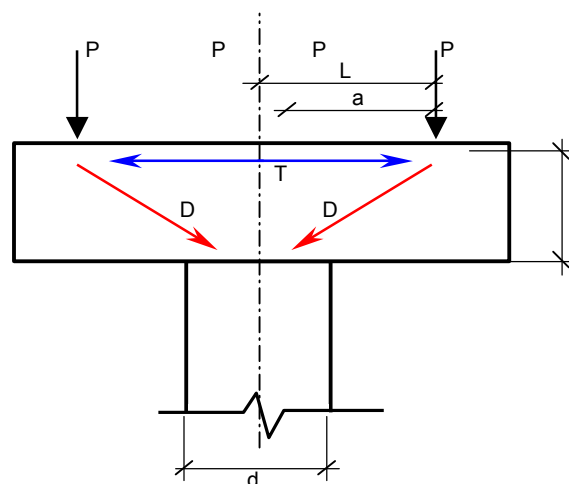
$$L = \mathbf{1.60} \text{ m}$$

$$a = L - d/6 = 1.37 \text{ m}$$

$$h = \mathbf{1.17} \text{ m}$$

$$T = P \times a / (0.8 \times h) = 260.1 \text{ ton}$$

$$As = T / \sigma_e = 108.4 \text{ cm}^2$$



Armadura adoptada 23 ϕ 25 (sup)

Verificación de Biela Comprimida

$$D = \sqrt{P^2 + T^2} = 315 \text{ ton}$$

$$\sigma_b = D / (b \times 0.2 h)$$

$$\sigma_{adm} = \beta r / 2.1$$

$$\sigma_b = 89.8 \text{ kg/cm}^2 <$$

$$\sigma_{adm} = 109.5 \text{ kg/cm}^2$$

Verifica

Flexión Horizontal en Estado de Servicio, Verificación como Ménsula Corta

Armadura Lateral

$$P = 11.29 \text{ ton}$$

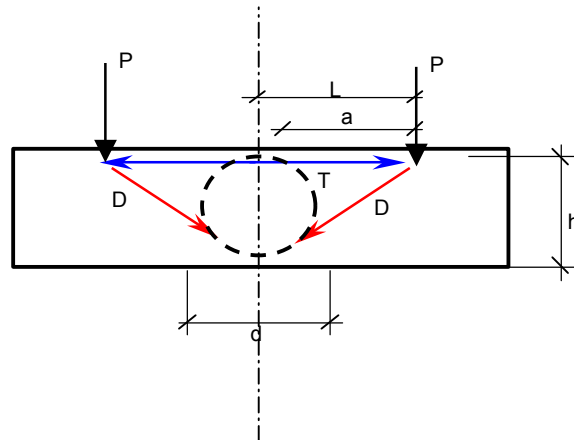
$$L = 1.57 \text{ m}$$

$$a = L - d/6 = 1.34 \text{ m}$$

$$h = 0.97 \text{ m}$$

$$T = P \times a / (0.8 \times h) = 19.4 \text{ ton}$$

$$A_s = T / \sigma_e = 8.1 \text{ cm}^2$$



Armadura adoptada 7 ϕ 20 (lat)

Verificación de Biela Comprimida

$$D = \sqrt{P^2 + T^2} = 22 \text{ ton}$$

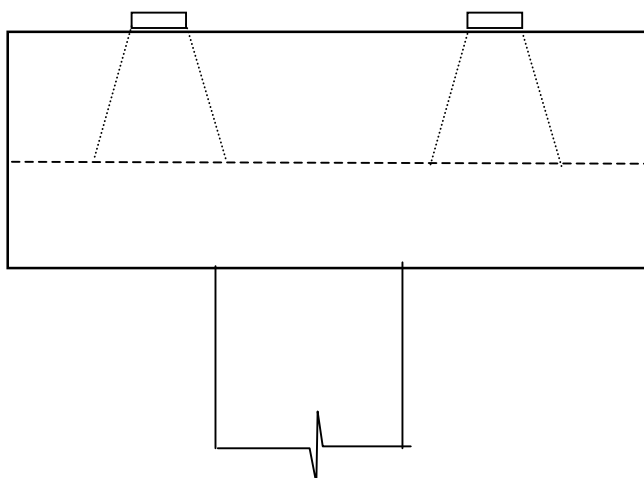
$$\sigma_b = D / (b \times 0.2 h)$$

$$\sigma_{adm} = \beta r / 2.1$$

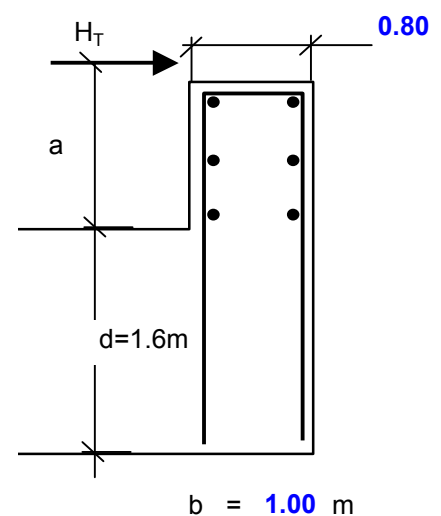
$$\sigma_b = 7.7 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm} = 109.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \textbf{Verifica}$$

5.4.3 Dimensionamiento del Apoyo de la Sección S1 en el Dintel

Vista Frontal



Vista Lateral



$$H = 7.65 \text{ ton} \quad \text{Esfuerzo de frenado sobre 1 apoyo}$$

$$H = 7.65 \text{ ton/m} \quad \text{Esfuerzo de frenado distribuido}$$

$$a = 1 \text{ m}$$

$$z = 0.61 \text{ m}$$

$$Z = 12.50 \text{ ton/m}$$

$$Fe = 2.98 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Adoptado: } \phi \text{ 12 c/ 15 cm} = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Verificación de la biela comprimida:

$$\sigma_b = 168.057 \text{ ton/m}^2 < \sigma_{\text{admisible}} = 1095.24 \text{ ton/m}^2 \Rightarrow \text{Verifica}$$

5.5. Dimensionamiento Pila 6A Especial

5.5.1 Dimensionamiento del pilote y columna

Flexión en estados de Servicio

$$\text{Diámetro Columna sección 1 y 2} = 1.40 \text{ m} \Rightarrow \text{Area} = 1.539 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro Pilote sección 3} = 1.50 \text{ m} \Rightarrow \text{Area} = 1.766 \text{ m}^2$$

0	SOLICITACIONES				ARMADURAS					
	M	N	m	n	ω_o	μ	$fe_{\text{nec.}}$	ϕ	Cant	fe_{adop}
1	84.3	-500	0.02	-0.14	0.00	0.008	123.09	25	25.1	27Ø25
1	110.7	-404	0.02	-0.11	0.00	0.008	123.09	25	25.1	27Ø25
2	540.1	-531	0.11	-0.15	0.45	0.025	378.34	25	77.1	79Ø25
2	552.4	-434	0.11	-0.12	0.45	0.025	378.34	25	77.1	79Ø25
3	729.7	-440	0.16	-0.14	0.75	0.031	551.95	25	112.4	112Ø25
3	720.9	-522	0.16	-0.17	0.75	0.031	551.95	25	112.4	112Ø25

Corte en estados de Servicio

$$n^{\circ} \text{ ramas} = 2$$

SECCION	SOLICITACIONES				ARMADURAS				
	Q	b	d	τ_o	Zona	τ_{red}	$fe \text{ (rama)}$	sep	adop
1/2	48.44	0.00	1.40	41.98	Zona I	16.79	0.39	0.10	Ø10c/10
3	57.96	0.00	1.50	43.75	Zona I	17.50	0.66	0.15	Ø10c/15

Torsión en estados de servicio

SECCION	M_T [ton.m]	τ_T [ton/m ²]	Fe_T [cm ² /m]	$\tau_T < \tau_{02}$	Q [ton]	τ_C [ton/m ²]	$Fe_{C\text{ rama}}$ [cm ² /m]	$\tau_c + \tau_T$ [ton/m ²]	$\tau_c + \tau_T < 1.3\tau_{02}$	Estribo
1 / 2	9.5	17.7	1.3	ok	48.4	16.8	4.9	34.44	ok	E° Ø10 c/10cm

Armadura Longitudinal de Torsión

SECCION	MT [ton.m]	τ_T [ton/m ²]	Fe_T [cm ²]	$\Sigma Fe_{\text{necesaria flex}}$ [cm ²]	$\Sigma Fe_{\text{adoptada flex}}$ [cm ²]	Fe a agregar [cm ²]
1	9.5	17.7	5.7	378.3	387.8	---
2	9.5	17.6	5.7	378.3	387.8	---

5.5.2 Dimensionamiento del Dintel

Flexión Vertical en Estado de Servicio, Verificación como Ménsula Corta

Armadura Superior

$$P = \mathbf{251.63} \text{ ton}$$

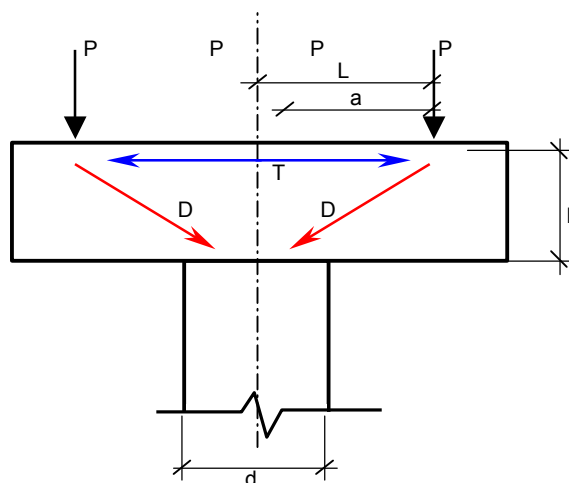
$$L = \mathbf{1.60} \text{ m}$$

$$a = L - d/6 = 1.37 \text{ m}$$

$$h = \mathbf{1.46} \text{ m}$$

$$T = P \times a / (0.8 \times h) = 294.4 \text{ ton}$$

$$As = T / \sigma_e = 122.7 \text{ cm}^2$$



Armadura adoptada 26 ϕ 25 (sup)

Verificación de Biela Comprimida

$$D = \sqrt{(P^2 + T^2)} = 387 \text{ ton}$$

$$\sigma_b = D / (b \times 0.2 h)$$

$$\sigma_b = 88.4 \text{ kg/cm}^2$$

<

$$\sigma_{adm} = \beta r / 2.1$$

$$\sigma_{adm} = 109.5 \text{ kg/cm}^2$$

Verifica

Flexión Horizontal en Estado de Servicio, Verificación como Ménsula Corta

Armadura Lateral

$$P = 17.30 \text{ ton}$$

$$L = 1.57 \text{ m}$$

$$a = L - d/6 = 1.34 \text{ m}$$

0

$$h = 0.97 \text{ m}$$

$$T = P \times a / (0.8 \times h) = 29.8 \text{ ton}$$

$$A_s = T / \sigma_e = 12.4 \text{ cm}^2$$

Armadura adoptada 7 ϕ 20 (lat)

Verificación de Biela Comprimida

$$D = \sqrt{(P^2 + T^2)} = 34 \text{ ton}$$

$$\sigma_b = D / (b \times 0.2 h)$$

$$\sigma_b = 11.8 \text{ kg/cm}^2 <$$

$$\sigma_{adm} = \beta r / 2.1$$

$$\sigma_{adm} = 109.5 \text{ kg/cm}^2$$

Verifica

