

1 DISEÑO ESTRUCTURAL MUROS DE CONTENCIÓN (CIMENTACIÓN DIRECTA H=4,0m).

1.1 Introducción

En el presente proyecto realizado tiene como objetivo principal el diseño estructural de muros de contención de 4.0 metros de altura en voladizo convencional.

1.2 Análisis estructural

En este capítulo se presentan los datos de entrada y salida del modelo realizado, las verificaciones de desplazamientos y de capacidad del suelo para asegurar su buen funcionamiento. A partir de los datos obtenidos se realiza la revisión de los elementos en concreto reforzado.

1.2.1 Materiales de construcción

Concretos y Acero de Refuerzo:

- De limpieza: $f'c =$ 140 kg/cm² (14 MPa)
- Muros y caissons $f'c =$ 210 kg/cm² (21 MPa)
- 3/8" y mayores: $f_y =$ 4200 kg/cm² (420 MPa) NTC-2289

1.2.2 Capacidad portante (t/m²)

Capacidad Portante del Suelo (ELS):	55.11	ton/m ²
Capacidad Portante del Suelo (ELR):	30.31	ton/m ²

1.2.3 Parámetros sísmicos

a:	0.25
po de suelo	C
pga	1.30
ho	0.33

1.3 Lineamientos diseño estructural

El diseño realizado sigue los lineamientos de la Norma Colombiana de diseño de Puentes CCP-14 para estructuras en concreto reforzado. El diseño se realizó para las combinaciones últimas antes descritas, considerando las cargas máximas para los elementos. **Para el diseño de los elementos se obtienen los momentos máximos de las combinaciones últimas en los sentidos principales y a partir de estos valores se asignan aceros de refuerzo en los dos sentidos.** Los momentos positivos son tanto para el vástago como para la zarpa están en la cara del trasdós del muro

1.4 CARGAS Y COMBINACIONES

Las combinaciones de carga usadas en los modelos se tomaron de la Norma Colombiana de diseño de Puentes CCP-14 se presentan en la Tabla 2.

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH III	γ_p	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	γ_p	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—
SERVICE III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—
FATIGUE— LL, IM & CE ONLY	—	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
DC: Component and Attachments		1.25	0.90
DC: Strength IV only		1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.4	0.25
	Piles, λ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
EH: Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At-Rest		1.35	0.90
• AEP for anchored walls		1.35	N/A
EL: Locked-in Erection Stresses		1.00	1.00
EV: Vertical Earth Pressure			
• Overall Stability		1.00	N/A
• Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts		1.95	0.90
• Flexible Metal Box Culverts		1.50	0.90
ES: Earth Surcharge		1.50	0.75

Tabla 1 Combinaciones de carga.

1.5 MURO DE H= 4.0 m.

Cargas

Angulo de Fricción Interna	30	grados
Peso Unitario del Relleno Material Mejorado	2.00	t/m ³
Capacidad Portante del Suelo (ELS):	47.85	ton/m ²
Capacidad Portante del Suelo (ELR):	26.32	ton/m ²
Sobrecarga	1.8	ton/m ²
Ka	0.33	
KP	3.00	
PGA	0.25	g
Grupo de Uso:	I	
Coficiente de Importancia:	1.0	
$W_{relleno1} = \gamma_{relleno} H_{relleno1}$	7.2	ton/m ²
$PLT = \gamma_{relleno} H Ka$	2.67	ton/m ²
$SC = Wsc Ka$	0.60	ton/m ²
$K_{EQ} = K_{AE} - K_A$	0.24	
$EQ1 = \gamma_{relleno} H K_{EQ}$	1.82	ton/m ²

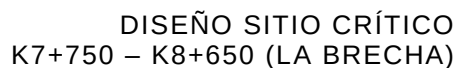
Análisis Pseudoestático de Mononobe - Okabe

Ángulo de fricción del suelo equivalente	$\phi = 30$	→	0.52 rad
Peso unitario del suelo	$\gamma =$		2.00 ton/m ³
Ángulo de fricción suelo-estructura $\phi/2$	$\delta = 15$	→	0.26 rad
Ángulo de falla suelo estructura - Muro recto	$\beta = 0.00$	→	0.03 rad
Coficiente de Aceleración del sitio	$A =$		0.30
Coficiente sísmico horizontal	$K_h =$		0.18
Coficiente sísmico vertical	$K_v =$		0.00
$Artan(K_h / 1 - K_v)$	$\theta = 10.20$	° Rad	0.18 rad
Ángulo del talud del terraplén	$i = 0.00$		0.00 rad
Coficiente Activo Estático	$K_a =$		0.33
	$\psi =$		2.30
Coficiente Activo Sísmico	$K_{ae} =$		0.57
	$K_{eq} =$		0.24

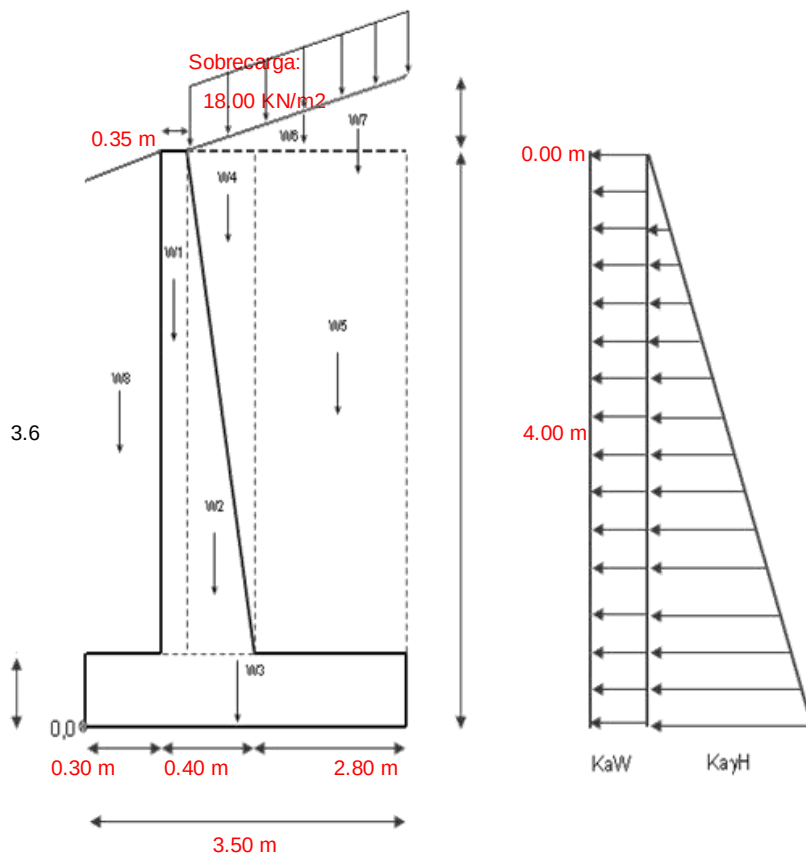
Fuerza de Colisión vehicular (CT)

Por tratarse de una vía principal, las barreras del puente se diseñan para un nivel de prueba 4 (TL4). De este modo los parámetros de diseño son los presentados a continuación:

$F_T =$	240 KN	$L_T =$	1070 mm
$F_L =$	80 KN	$L_L =$	1070 mm
$F_v =$	80 KN	$L_v =$	5500 mm



1.5.2 Cálculo cargas actuantes:



FUERZA (KN)	PESO (KN)	Xo (m)	MOMENTO ESTABILIZANTE (KN-m)
W1	26.88	0.48	12.77
W2	1.92	0.67	1.28
W3	33.6	1.75	58.80
W4	1.80	0.68	1.23
W5	201.60	2.10	423.36
W6	51.30	2.08	106.45
W7	0.00	2.43	-
W8	0.00	0.15	-
WII	0.00	0.57	-
Contrafuerte	0.00	1.63	-
t1x	0.00	1.00	-
t2x	0.00	1.00	-
t3x	0.00	1.00	-
t1y	0.00	0.48	-
t2y	0.00	0.48	-
t3y	0.00	0.48	-
Σ =	317.10		603.89
mpw1	0.00	0.40	-
mpw2	0.00	0.40	-
mpr			-

EMPUJES	EMPUJES (KN)	Yo (m)	MOMENTO VUELCO (KN-m)
Esc	21.60	2.00	43.20
Eplt	53.33	1.33	71.11
Eat	-	4.00	-
Σ =	74.93		114.31

Carga sísmica

Eeq		36.43
Wm		60.48
Ws		201.60
Pir=	Kh(Wm+Ws)	42.59 kN
Pae=		91.68 kN
Dpae+.5Pir=		57.72 kN
.5DPae+Pir=		60.80 kN

1.5.3 Estabilidad y análisis

		CT		40 kN		158.4 kN.m													
		EH	DC	ES	LL	EQ	ΣFac	Anclaje x	EH pasivo	Anclaje y	ΣFest	F/S	x	e	σ _u	Verificación	Mac		
kN.m		71.11	603.89		43.20	144.49													
kN		53.33	317.10	0.00	21.60	60.20		0.00	4.80	0.00									kN.m/m
RESISTENCIA I	1.5	1.25	1.5	1.75	0	117.80	1	1.35	1	165.03	1.40	1.44	0.31	137.20	ok		182.27		
RESISTENCIA II	1.5	1.25	1.5	1.35	0	109.16	1	1.35	1	165.03	1.51	1.49	0.26	133.18	ok		164.99		
RESISTENCIA III	1.5	1.25	1.5	0	0	80.00	1	1.35	1	165.03	2.06	1.64	0.11	121.19	ok		106.67		
RESISTENCIA IV	1.5	1.5	1.5	0	0	80.00	1	1.35	1	196.74	2.46	1.68	0.07	141.55	ok		106.67		
EV. EXTREMO I	1.5	1.25	1.5	1	1	161.80	1	1.35	1	165.03	1.02	1.53	0.22	129.85	ok		294.36		
EV. EXTREMO II	1.5	1.25	1.5	0.5	1	130.80	1	1.35	1	165.03	1.26	1.58	0.17	125.37	ok		286.67		
SERVICIO I	1	1	1	1	0	74.93	1	1	1	131.64	1.76	1.54	0.21	102.69	ok		114.31		
SERVICIO II	1	1	1	1.3	0	81.41	1	1	1	131.64	1.62	1.50	0.25	105.49	ok		127.27		
SERVICIO III	1	1	1	0.8	0	70.61	1	1	1	131.64	1.86	1.57	0.18	100.91	ok		105.67		
SERVICIO IV	1	1	1	1	0	74.93	1	1	1	131.64	1.76	1.54	0.21	102.69	ok		114.31		

1.5.4 Diseño vástago

Materiales					Geometría				
$f_y =$	4200	kg/cm ²			$b =$	100	cm		
$f'_c =$	280	kg/cm ²			$h =$	40	cm		
β_1	0.85				$\phi =$	0.9			
Resistencia Última									
	d' (cm)	d (cm)	M_u (ton.m)	ρ	A_s (cm ² /m)	$A_{s\ min}$ (cm ² /m)	$1.33A_s$	$A_s\ Mcr$	$\rho\ Mcr$
M_{ppal}^+	7.50	32.50	29.44	0.0079	25.77	10.83	34.36	17.21	0.005297
M_{ppal}^-	5.00	35.00	4.71	0.0010	3.59	11.67	4.79	17.21	0.005297
M_{hor}^+	7.50	32.50	3.53	0.0009	2.90	6.50	3.86	17.21	0.005297
M_{hor}^-	5.00	35.00	2.83	0.0006	2.15	7.00	2.86	17.21	0.005297
Calculado					Suministrado				
	$A_s\ calculada$ (cm ² /m)	A_{barra} (cm ²)	ϕ	Barra	Refuerzo	ϕ	Barra	Refuerzo	
	25.77	2.84	3/4	# 6 c./ 0.11		3/4	#6 c./	0.11	
	4.79	1.27	1/2	# 4 c./ 0.26		1/2	#4 c./	0.25	
	3.86	1.27	1/2	# 4 c./ 0.32		1/2	#4 c./	0.25	
	2.86	1.27	1/2	# 4 c./ 0.44		1/2	#4 c./	0.25	

CORTE

$V_{ud} =$	16.18	ton
$d =$	32.50	cm
$\beta =$	1.74	

$$\phi v_c = \phi 0.083 B \cdot \sqrt{f'_c (Mpa)} = 7.65 \text{ kg/cm}^2 \quad v_{ud} = \frac{V_u}{b \cdot d} = 4.98 \text{ kg/cm}^2 \quad v_n < \phi v_c \text{ CUMPLE}$$

5.7.3.4 Control de agrietamiento

γ_e	1
B_s	1.3297
$s <$	297.77 mm
	29.777 cm OK

5.7.3.3.2 Refuerzo mínimo

γ_1	1.6
γ_3	0.75
M_{cr}	168 kN m

5.10.8 Retracción y temperatura

$A_s \geq$	255.1 mm ² /m
$A_s \geq$	255.1 mm ² /m

1.5.5 Diseño zarpa

Materiales				Geometría			
$f_y =$	4200	kg/cm ²		$b =$	100	cm	
$f'_c =$	280	kg/cm ²		$h =$	40	cm	
β_1	0.85			$\phi =$	0.9		
$E_c =$	25426.08	MPa					
Resistencia Última							
	d' (cm)	d (cm)	M_u (ton.m)	ρ	A_s (cm ² /m)	$A_{s \text{ min}}$ (cm ² /m)	$1.33A_s$
M_{ppal}^+	7.50	32.50	23.55	0.0062	20.29	10.83	27.05
M_{ppal}^-	7.50	32.50	9.42	0.0024	7.83	10.83	10.45
M_{hor}^+	7.50	32.50	3.77	0.0010	3.09	6.50	4.12
M_{hor}^-	7.50	32.50	3.39	0.0009	2.78	6.50	3.71

REFUERZO

Calculado				Suministrado		
A_s calculada (cm ² /m)	A_{barra} (cm ²)	ϕ Barra	Cantidad	ϕ Barra	Refuerzo	
20.29	2.84	3/4	# 6 c./ 0.13	3/4	#6 c./	0.13
10.45	1.98	5/8	# 5 c./ 0.18	5/8	#5 c./	0.15
4.12	1.27	1/2	# 4 c./ 0.3	1/2	#4 c./	0.30
3.71	1.27	1/2	# 4 c./ 0.34	1/2	#4 c./	0.30

CORTE

$$V_{ud} = 12.26 \text{ ton}$$

$$d = 32.50 \text{ cm}$$

$$\beta = 1.74$$

$$\phi_v = \phi 0.083 B \cdot \sqrt{f'_c (Mpa)} = 7.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{ud} = \frac{V_u}{b \cdot d} = 3.77 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n < \phi_v \text{ CUMPLE}$$

5.7.3.4 Control de agrietamiento

$$\gamma_e = 1$$

$$B_s = 1.3297$$

$$s < 308.11 \text{ mm}$$

$$30.811 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

5.7.3.3.2 Refuerzo mínimo

$$\gamma_1 = 1.6$$

$$\gamma_3 = 0.75$$

$$M_{cr} = 168 \text{ kN m}$$

5.10.8 Retracción y temperatura

$$A_{s \geq} = 255.1 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s \geq} = 255.1 \text{ mm}^2/\text{m}$$