



MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL SITIO CRÍTICO K24+700

MEMORIA DE CÁLCULO - VERSIÓN 0.

CONTRATO DE OBRA -2096-2022



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

OCTUBRE DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

1	DISEÑO ESTRUCTURAL MUROS DE CONTENCIÓN PR23+600	2
1.1	INTRODUCCIÓN.....	2
1.2	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	2
1.2.1	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	2
1.2.2	CAPACIDAD PORTANTE REQUERIDA (t/m ²)	2
1.3	LINEAMIENTOS DISEÑO ESTRUCTURAL	2
1.4	CARGAS Y COMBINACIONES.....	3
1.5	MURO	4
1.5.1	GEOMETRÍA.....	5
1.5.2	CÁLCULO CARGAS ACTUANTES:	5
1.5.3	VERIFICACIÓN ESTABILIDAD	7
1.5.4	DISEÑO VÁSTAGO	8
1.5.5	DISEÑO ZARPA.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Capacidad portante requerida	2
Tabla 2	Combinaciones de carga	3
Tabla 3	Cargas actuantes y resistentes.....	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	Geometría del muro	5
Ilustración 2	Cargas actuantes.....	5

1 DISEÑO ESTRUCTURAL MUROS DE CONTENCIÓN PR23+600

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto realizado tiene como objetivo principal el diseño estructural de un muro de contención, de 6.00 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 $f'c =$ 280 kg/cm² (28 MPa)
- 3/8" y mayores: $f_y =$ 4200 kg/cm² (420 MPa) NTC-2289

1.2.2 CAPACIDAD PORTANTE REQUERIDA (t/m²)

Capacidad Portante del Suelo (ELE):	12.5	ton/m ²
Capacidad Portante del Suelo (ELR):	10.0	ton/m ²

Tabla 1 Capacidad portante requerida

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_F	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH II	γ_F	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH III	γ_F	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH IV	γ_F	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	γ_F	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TD}	γ_{SE}	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	γ_F	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	γ_F	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 2 Combinaciones de carga.

1.5 MURO

Cargas

Angulo de Fricción Interna	30	grados
Peso Unitario del Relleno Material Mejorado	2.00	t/m ³
Capacidad Portante del Suelo (ELE):	12.5	ton/m ²
Capacidad Portante del Suelo (ELR):	10.0	ton/m ²

Análisis Pseudoestático de Mononobe - Okabe

Coeficiente Activo Sísmico	K _{ae} =	0.508
	K _{eq} =	0.211

$W_{\text{relleno}_1} = \gamma_{\text{relleno}} H_{\text{relleno}_1}$	11.2	ton/m ²
$PLT = \gamma_{\text{relleno}} H K_a$	4.00	ton/m ²
$SC = W_{sc} K_a$	0.40	ton/m ²
$K_{EQ} = K_{AE} - K_A$	0.21	
$EQ1 = \gamma_{\text{relleno}} H K_{EQ}$	2.53	ton/m ²

Carga sísmica

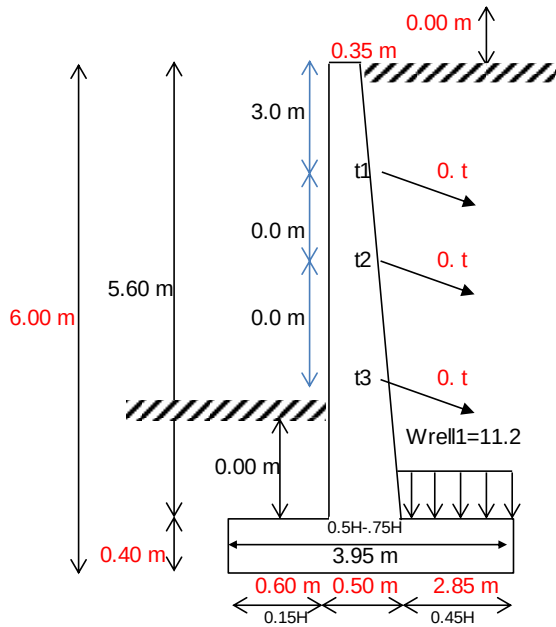
E _{eq MO}	75.92 kN
W _m	90.96 kN
W _s	319.20 kN
D _{Pae}	62.95
Pir= Kh(W _m +W _s)	24.61 kN
Pae=	182.95 kN
D _{pae+.5Pir} =	75.26 kN
.5D _{Pae} +Pir=	84.61 kN

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

1.5.1 GEOMETRÍA



tanf 0.577
 $\phi\tau$ 0.85 tabla 10.5.5.2.2-1
 ϕ_{ep} 0.5
 llave = 0.50 m SI

CHEQUEO DE ESTABILIDAD

	Vol	Desl
RESISTENCIA I	ok	OK
RESISTENCIA I min	ok	OK
EV. EXTREMO I	ok	OK
EV. EXTREMO I min	ok	OK

Ilustración 1 Geometría del muro

1.5.2 CÁLCULO CARGAS ACTUANTES:

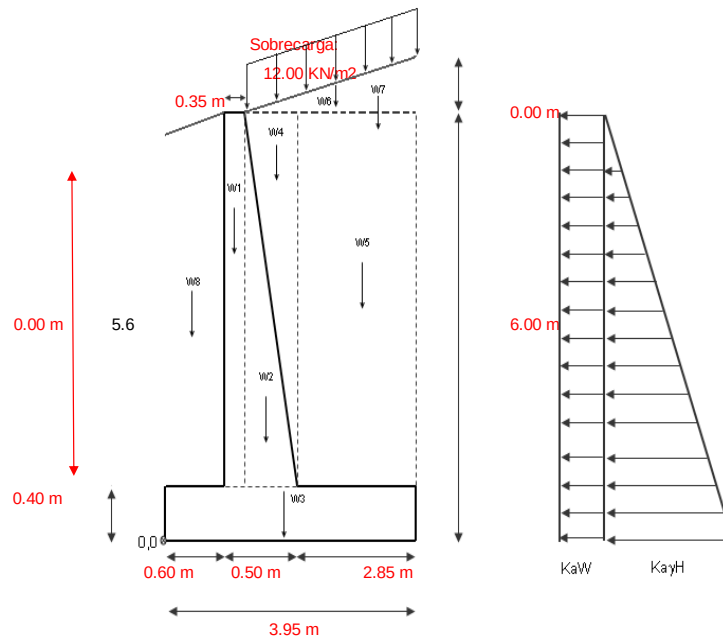


Ilustración 2 Cargas actuantes

FUERZA (KN)	PESO (KN)	Xo (m)	MOMENTO ESTABILIZANTE (KN-m)
W1 DC	43.68	0.78	33.85
W2 DC	9.36	1.00	9.36
W3 DC	37.92	1.98	74.89
W4 EV	8.40	1.05	8.82
W5 EV	319.20	2.53	805.98
W6 LS	36.00	2.45	88.20
W7	0.00	2.83	-
W8	0.00	0.30	-
WII	0.00	0.89	-
Contrafuerte	0.00	2.05	-
t1x	0.00	3.00	-
t2x	0.00	3.00	-
t3x	0.00	3.00	-
t1y	0.00	0.78	-
t2y	0.00	0.78	-
t3y	0.00	0.78	-
$\Sigma =$	454.56		1,021.10
mpw1	0.00	0.40	-
mpw2	0.00	0.40	-
mpr			-

EMPUJES	EMPUJES (KN)	Yo (m)	MOMENTO VUELCO (KN-m)
Esc	24.00	3.00	72.00
Eplt	120.00	2.00	240.00
Eat	-	6.00	-
$\Sigma =$	144.00		312.00

Tabla 3 Cargas actuantes y resistentes

1.5.3 VERIFICACIÓN ESTABILIDAD

	EH	DC	EV	LS	EQ
kN.m	240.00	135.17	800.25	72.00	203.31
kN	120.00	98.40	321.75	24.00	84.71
RESISTENCIA I	1.5	1.25	1.35	1.75	0
RESISTENCIA I min	1.5	0.9	1	1.75	0
RESISTENCIA III	1.5	1.25	1.35	0	0
RESISTENCIA IV	1.5	1.5	1.35	0	0
EV. EXTREMO I	1.5	1.25	1.35	0.5	1
EV. EXTREMO I min	0.9	0.9	1	0	1
SERVICIO I	1	1	1	1	0

	Verificación volcamiento			
kN.m				
kN	e	emax	sv= $\Sigma V/(B-2e)$	Verificación
RESISTENCIA I	0.54	1.32	77.16	ok
RESISTENCIA I min	0.82	1.32	96.20	ok
RESISTENCIA III				
RESISTENCIA IV				
EV. EXTREMO I	0.66	1.45	105.18	ok
EV. EXTREMO I min	0.57	1.45	68.48	ok
SERVICIO I	0.39		45.46	ok

	SMac	Verificación deslizamiento		
kN.m				
kN	kN.m/m	RR	Verificación	F/S D
RESISTENCIA I	486.00	331.51	OK	1.49
RESISTENCIA I min	486.00	268.99	OK	1.21
RESISTENCIA III	360.00			
RESISTENCIA IV	360.00			
EV. EXTREMO I	599.06	277.40	OK	1.00
EV. EXTREMO I min	419.06	193.24	OK	1.00
SERVICIO I	312.00	234.06	OK	1.63

1.5.4 DISEÑO VÁSTAGO

Materiales					Geometría					
	$f_y =$	4200	kg/cm ²		$b =$	100	cm			
	$f_c =$	280	kg/cm ²		$h =$	50	cm			
	β_1	0.85			$\phi =$	0.9				
Resistencia Última										
	d' (cm)	d (cm)	M_u (ton.m)	ρ	A_s (cm ² /m)	$A_{s \text{ min}}$ (cm ² /m)	$A_{s \text{ ryt}}$	$A_{s \text{ Mcr}}$	$A_{s1.33Mu}$	M_{cr}
M_{total}^+	7.50	42.50	53.92	0.0085	36.31	3.15	2.98	5.98	49.80	9.48
M_{ppal}^-	5.00	45.00	9.48	0.0013	5.64	3.15	2.98	5.98	7.52	9.48
M_{hor}^+	7.50	42.50	9.48	0.0014	5.98	3.15	2.98	5.98	7.98	9.48
M_{hor}^-	5.00	45.00	9.48	0.0013	5.64	3.15	2.98	5.98	7.52	9.48
Calculado					Suministrado					
	$A_{s \text{ calculada}}$ (cm ² /m)	A_{barra} (cm ²)	ϕ Barra	Refuerzo		ϕ Barra	Refuerzo			
✓	36.31	3.87	7/8	# 7 c./ 0.1		7/8	#7 c./	0.10		
	5.98	1.27	1/2	# 4 c./ 0.21		1/2	#4 c./	0.20		
	5.98	1.27	1/2	# 4 c./ 0.21		1/2	#4 c./	0.20		
	5.98	1.27	1/2	# 4 c./ 0.21		1/2	#4 c./	0.20		
CORTE										
	$V_{ud} =$	27.66	ton							
	$d =$	42.50	cm							
	$\beta =$	1.59								
$\phi v_c = \phi 0.083 B \cdot \sqrt{f_c'(Mpa)} = 6.99 \text{ kg/cm}^2 \quad v_{ud} = \frac{V_u}{b \cdot d} = 6.51 \text{ kg/cm}^2 \quad v_n < \phi v_c \text{ CUMPLE}$										

5.7.3.4 Control de agrietamiento
 $\gamma_e = 1$
 Bs 1.2521
 s< 277.72 mm
 27.772 cm OK

5.7.3.3.2 Refuerzo mínimo
 $\gamma_1 = 1.6$
 $\gamma_3 = 0.75$
 Mcr 94.8 kN m

5.10.8 Retracción y temperatura
 As>= 297.6 mm²/m
 As>= 297.6 mm²/m

1.5.5 DISEÑO ZARPA

Materiales					Geometría				
$f_y =$	4200	kg/cm ²			$b =$	100	cm		
$f'_c =$	280	kg/cm ²			$h =$	50	cm		
β_1	0.85				$\phi =$	0.9			
$E_c =$	25426.1	MPa							
Resistencia Última									
	d' (cm)	d (cm)	M_u (ton.m)	ρ	A_s (cm ² /m)	$A_{s\ min}$ (cm ² /m)	$A_{s\ ryt}$	$A_{s1.33Mu}$	$A_{s\ mcr}$
M_{ppal}^+	7.50	42.50	38.96	0.0060	25.61	14.17	7.65	34.77	8.312534
M_{ppal}^-	7.50	42.50	19.48	0.0029	12.45	14.17	7.65	16.71	8.312534
REFUERZO									
Calculado					Suministrado				
	A_s calculada (cm ² /m)	A_{barra} (cm ²)	ϕ Barra	Cantidad	ϕ Barra	Refuerzo			
	25.61	3.87	7/8	# 7 c./ 0.15	7/8	#7 c./	0.15		
	12.45	2.84	3/4	# 6 c./ 0.22	3/4	#6 c./	0.20		

CORTE

$$V_{ud} = 18.83 \text{ ton}$$

$$d = 42.50 \text{ cm}$$

$$\beta = 1.59$$

$$\phi v_c = \phi 0.083 B \cdot \sqrt{f'_c (Mpa)} = 6.99 \text{ ka/cm}^2$$

$$v_{ud} = \frac{V_u}{b \cdot d} = 4.43 \text{ ka/cm}^2$$

$$v_n < \phi v_c \text{ CUMPLE}$$

5.7.3.4 Control de agrietamiento

$\gamma_e = 1$

$B_s = 1.2521$

$s < 228.86 \text{ mm}$

22.886 cm OK

5.7.3.3.2 Refuerzo mínimo

$\gamma_1 = 1.6$

$\gamma_3 = 0.75$

$M_{cr} = 131 \text{ kN m}$

5.10.8 Retracción y temperatura

$A_{s \geq} 297.61905 \text{ mm}^2/\text{m}$

$A_{s \geq} 297.61905 \text{ mm}^2/\text{m}$