

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

PUENTE POTRERILLO

1.0 Datos previos

Longitud del puente	SC := "HL93"		
	$L = 14.5 \text{ m}$		
ancho total del tablero	$w_{\text{deck}} = 9800 \cdot \text{mm}$	$t_s = 0.2 \text{ m}$	(espesor de la losa)
ancho de calzada	$w_{\text{roadway}} = 9000 \cdot \text{mm}$		
ángulo de esviamiento	$\text{Skew} = 9.11 \cdot \text{deg}$		
Calidad del concreto a los 28 días	$f'_{c_{\text{viga}}} = 28 \cdot \text{MPa}$		
	$f'_{c_{\text{losa}}} = 28 \cdot \text{MPa}$		
Acero Pasivo para la losa	$f_y = 420 \cdot \text{MPa}$	$E_s = 200000 \cdot \text{MPa}$	
Peso específico del concreto	$\gamma_c = 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$N_{\text{ro_vías}} = 2$	
Peso específico asfalto	$\gamma_a = 23 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$		
Humedad relativa ambiente media alrededor del elemento del concreto, en porcentaje.	$\text{RH} = 70$		
Peso barrera (una)	$p_{\text{barrera}} = 5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$	$\text{bombeo} = 0 \cdot \%$	
Peso baranda peatonal (una)	$p_{\text{bar_peat}} = 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$		
Peso vereda (una)	$p_{\text{vereda}} = 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$		
espesor de carpeta asfáltica	$t_{\text{fws}} = 75 \cdot \text{mm}$		
ancho de veredas	$W_{\text{vereda_izq}} = 0 \cdot \text{mm}$	$W_{\text{vereda_der}} = 0 \cdot \text{mm}$	
Número de vigas	$N_{\text{vigas}} = 5$		
Espaciamiento entre vigas	$S = 2100 \cdot \text{mm}$		
canto de la viga	$h = 1100 \cdot \text{mm}$		
ancho de la viga	$b_w = 450 \cdot \text{mm}$	$t = 100 \cdot \text{mm}$ (ancho del filete)	
Número de diafragmas interiores	$N_{\text{ro_diaf_interm}} = 1$	canto diafragma	$h_{\text{diaf}} = 900 \cdot \text{mm}$
Indice medio diario de vehículos	$\text{ADT} = 1000$	ancho diafragma	$b_{\text{diaf}} = 250 \cdot \text{mm}$

Ancho del Ala Efectivo

Para vigas interiores el ancho efectivo puede evaluarse como el menor de:

$$\frac{L}{4} = 3.625 \text{ m}$$

$$12 \cdot t_s + b = 4.5 \text{ m}$$

$$S = 2.1 \text{ m}$$

$$b_{\text{efect_int}} = 2100 \cdot \text{mm}$$

Para vigas exteriores el ancho efectivo se puede tomar como el semiancho efectivo de la viga interior adyacente, más el menor valor entre

$$\frac{L}{8} = 1.813 \text{ m}$$

$$6 \cdot t_s + 0.5 \cdot b = 2.25 \text{ m}$$

$$\frac{w_{\text{deck}} - (N_{\text{vigas}} - 1) \cdot S}{2} = 0.7 \text{ m} \quad (\text{ancho del vuelo})$$

$$b_{\text{efect_ext}} = 1750 \cdot \text{mm}$$

Factor de Presencia multiple

Es un factor que se utiliza para tomar en cuenta la probabilidad de que los carriles esten ocupados simultáneamente por la totalidad de la sobrecarga de diseño HL93

Factor de Presencia Multiple (Tabla 3.6.1.1.2-1)

reducción por índice medio diario

No de vías cargadas	m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

FRed = 1.00

Factores de distribución de carga viva para el estado límite de resistencia

Estado Límite de resistencia I	Viga interior	Viga exterior
Momento Flector	0.649 líneas	0.686 líneas
Cortante	0.745 líneas	0.686 líneas

Reducción de los factores de distribución de carga para momento en vigas longitudinales sobre apoyos oblicuos (Tabla 4.6.2.2.2.e-1)

$$rM_{\text{skew}} := 1 - c_1 \cdot (\tan(\text{Skew}))^{1.5} \quad c_1 = 0.000$$

$$rM_{\text{skew}} = 1.00$$

Factor de corrección para los factores de distribución de carga para el corte en el apoyo de la esquina obtusa (Tabla 4.6.2.2.3.c-1

$$rV_{skew} = 1.03$$

ACCIONES E HIPÓTESIS DE CALCULO

Acciones a considerar

Las acciones a considerar en la estructura son:

- + Acciones permanentes:
 - Peso propio.
 - Cargas muertas.
- + Acciones permanentes de valor no constante:
 - Presolitaciones
 - Acciones reológicas (fluencia y tracción).
 - Acciones debidas al terreno.
- + Acciones variables:
 - Sobrecarga de uso:
 - Cargas verticales: tren de carga y sobrecarga de paseos.
 - Cargas horizontales: frenado, fuerza centrífuga.
 - Fatiga.
 - Sobrecarga en terraplenes.
 - Acciones climáticas:
 - . Viento.
 - . Nieve.
 - . Acciones térmicas.
 - Otras cargas en situaciones transitorias.
- + Acciones accidentales (A):
 - Impactos.
 - Acciones sísmicas.

Valores característicos de las acciones

Acciones permanentes

Peso propio

Corresponde al peso de los elementos estructurales y su valor característico se deduce utilizando un peso específico para el concreto armado y pretensado relativo al del agua

peso vigas	$W_{DC1} = 50.63 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
peso chaflan	$W_{DC2} = 1.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
peso losa	$W_{DC3} = 49.00 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Peso de vigas transversales	$DC_{diaf} = 28.875 \cdot \text{kN}$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Cargas muertas

Son las debidas a los elementos no resistentes tales como: barreras de protección, barandas, veredas, carpeta asfáltica, aparatos de iluminación, accesorios, etc. Su valor característico se deduce utilizando un peso específico correspondiente relativo al agua (9.8kN/m³) o el indicado en normas y catálogos especializados.

peso barreras	$W_{DC4} := Nro_barreras \times p_barrera$	$W_{DC4} = 10.00 \cdot \frac{N}{mm}$
peso baranda peatonal	$W_{DC5} := Nro_barandas \times p_bar_peat$	$W_{DC5} = 0.00 \cdot \frac{N}{mm}$
peso vereda	$W_{DC6} := Nro_barandas \times p_vereda$	$W_{DC6} = 0.00 \cdot \frac{N}{mm}$
peso carpeta asfáltica	$W_{DW} := w_{roadway} \cdot t_{fws} \cdot \gamma_a$	$W_{DW} = 15.52 \cdot \frac{N}{mm}$

Cargas permanentes por viga

$W_{DC_int} = 22.88 \cdot \frac{N}{mm}$	viga interior
$W_{DC_ext} = 21.13 \cdot \frac{N}{mm}$	viga exterior
$W_{DW} = 3.105 \cdot \frac{N}{mm}$	carga asfáltica por viga

Acciones permanentes de valor no constante

Pretensado.

El pretensado constituye una acción del tipo denominado "presolicitación", no es aplicable en este tipo de diseños, pues las vigas sólo cuentan con armadura pasiva.

Acciones reológicas

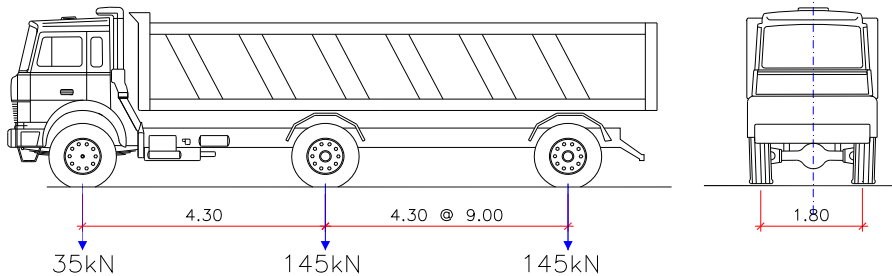
Dado que se trata de una estructura en que uno de los materiales constituyentes es el concreto, deben tenerse en cuenta las acciones reológicas provocadas por la fluencia y la retracción.

Acciones variables verticales

El AASHTO, considera las siguientes cargas:

• Camión de Diseño

Los pesos y las separaciones entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán como se especifica en la figura adjunta. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica.

**• Tandem de Diseño**

El tandem de diseño consistirá en un par de ejes de 110 kN con una separación de 1.2 m. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1.8 m. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica

• Carga de Carril de Diseño

La carga del carril de diseño consistirá en una carga de 9.3 kN/m, uniformemente distribuida en dirección longitudinal. Transversalmente la carga del carril de diseño se supondrá uniformemente distribuida en un ancho de 3.0 m. Las solicitaciones debidas a la carga del carril de diseño no estarán sujetas a un incremento por carga dinámica.

Factor de Amplificación dinámica (Impacto)

[A 3.6.2]

Se amplificarán los efectos estáticos del camión o tandem de diseño, a excepción de las fuerzas centrífugas y de frenado. El incremento de carga dinámica no se aplicará a las cargas peatonales ni a la carga de carril.

$$\text{Impacto} = 33 \cdot \%$$

$$IM_{\text{fatiga}} = 15 \cdot \%$$

Aplicación de Sobrecargas Vehiculares de Diseño

La solicitación externa se deberá tomar como el mayor de los siguientes valores:

- La solicitación debida al tandem de diseño combinada con la solicitación debida a la carga del carril de diseño, o
- La solicitación debida a un camión de diseño con la separación variable entre ejes como se especifica en el Artículo 3.6.1.2.2 del AASHTO combinada con la solicitación debida a la carga del carril de diseño, y
- Tanto para momento negativo entre puntos de contraflexión bajo una carga uniforme en todos los tramos como para reacción en pilas interiores solamente, 90 por ciento de la solicitación debida a dos camiones de diseño separados como mínimo 15.0m entre el eje delantero de un camión y el eje trasero del otro, combinada con 90 por ciento de la solicitación debida a la carga del carril de diseño. La distancia entre los ejes de 145 kN de cada camión se deberá tomar como 4300 mm

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Cargas Peatonales

Se deberá aplicar una carga peatonal de 3.6kN/m² en todas las aceras de más de 600 mm de ancho, y esta carga se deberá considerar simultáneamente con la sobrecarga vehicular de diseño. Los puentes exclusivamente para tráfico peatonal y/o ciclista se deberán diseñar para una sobrecarga de 4,1 kN/m².

Si las aceras, puentes peatonales o puentes para ciclistas también han de ser utilizados por vehículos de mantenimiento y/u otros vehículos, estas cargas se deberán considerar en el diseño. Para estos vehículos no es necesario considerar el incremento por carga dinámica.

Fuerzas Internas

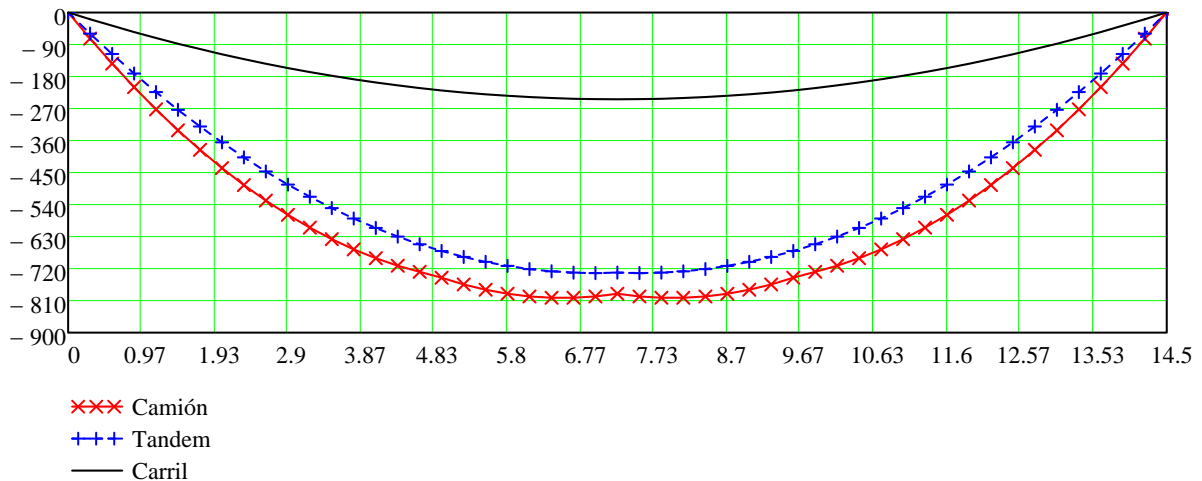
Por sobrecarga



Momentos por efecto de carga viva (kN.m)

distancia		Camión	Tandem	Carril	Veredas
0.00 L	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
0.05 L	0.73	177.619	144.925	46.439	0.00
0.10 L	1.45	331.675	273.900	87.990	0.00
0.15 L	2.18	462.169	386.925	124.652	0.00
0.20 L	2.90	569.100	484.000	156.426	0.00
0.25 L	3.63	652.469	565.125	183.312	0.00
0.30 L	4.35	712.275	630.300	205.309	0.00
0.35 L	5.08	756.044	679.525	222.418	0.00
0.40 L	5.80	791.300	712.800	234.639	0.00
0.45 L	6.53	802.994	730.125	241.971	0.00
0.50 L	7.25	791.125	731.500	244.416	0.00
0.55 L	7.98	802.994	730.125	241.971	0.00
0.60 L	8.70	791.300	712.800	234.639	0.00
0.65 L	9.43	756.044	679.525	222.418	0.00
0.70 L	10.15	712.275	630.300	205.309	0.00
0.75 L	10.88	652.469	565.125	183.312	0.00
0.80 L	11.60	569.100	484.000	156.426	0.00
0.85 L	12.33	462.169	386.925	124.652	0.00
0.90 L	13.05	331.675	273.900	87.990	0.00
0.95 L	13.78	177.619	144.925	46.439	0.00
1.00 L	14.50	0.000	0.000	0.000	0.00

Ley de Momentos (kN*m)



CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

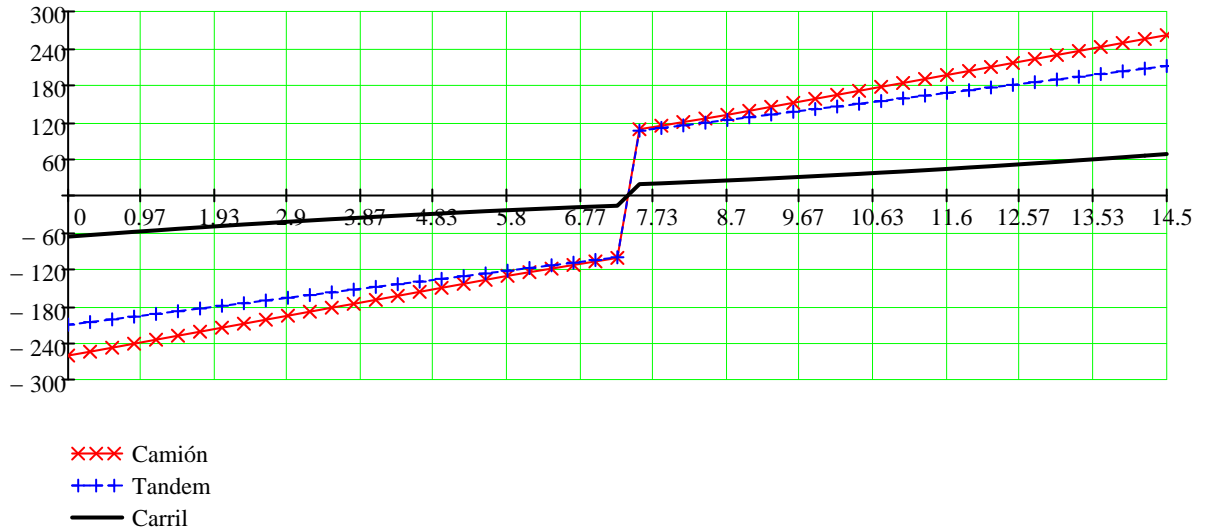


L = 14.50 m

Cortantes por efecto de carga viva (kN)

distancia		Camión	Tandem	Carril	Veredas
0.00 L	0.00	261.241	210.897	67.425	0.00
0.05 L	0.73	244.991	199.897	60.851	0.00
0.10 L	1.45	228.741	188.897	54.614	0.00
0.15 L	2.18	212.491	177.897	48.715	0.00
0.20 L	2.90	196.241	166.897	43.152	0.00
0.25 L	3.63	179.991	155.897	37.927	0.00
0.30 L	4.35	163.741	144.897	33.038	0.00
0.35 L	5.08	147.491	133.897	28.487	0.00
0.40 L	5.80	131.241	122.897	24.273	0.00
0.45 L	6.53	116.500	111.897	20.396	0.00
0.50 L	7.25	102.000	100.897	16.856	0.00
0.55 L	7.98	-116.500	-111.897	-20.396	0.00
0.60 L	8.70	-131.241	-122.897	-24.273	0.00
0.65 L	9.43	-147.491	-133.897	-28.487	0.00
0.70 L	10.15	-163.741	-144.897	-33.038	0.00
0.75 L	10.88	-179.991	-155.897	-37.927	0.00
0.80 L	11.60	-196.241	-166.897	-43.152	0.00
0.85 L	12.33	-212.491	-177.897	-48.715	0.00
0.90 L	13.05	-228.741	-188.897	-54.614	0.00
0.95 L	13.78	-244.991	-199.897	-60.851	0.00
1.00 L	14.50	-261.241	-210.897	-67.425	0.00

Ley de Cortantes (kN)



CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Momentos flectores y fuerzas cortantes máximas

Carga Viva vehicular

Viga interior: $g_{Mint} = 0.649$ $g_{Vint} = 0.745$ $rV_{skew} = 1.030$ $FRed = 100 \cdot \%$

$ML_{int}(0.5L) = 841.97 \cdot m \cdot kN$ Momento máximo

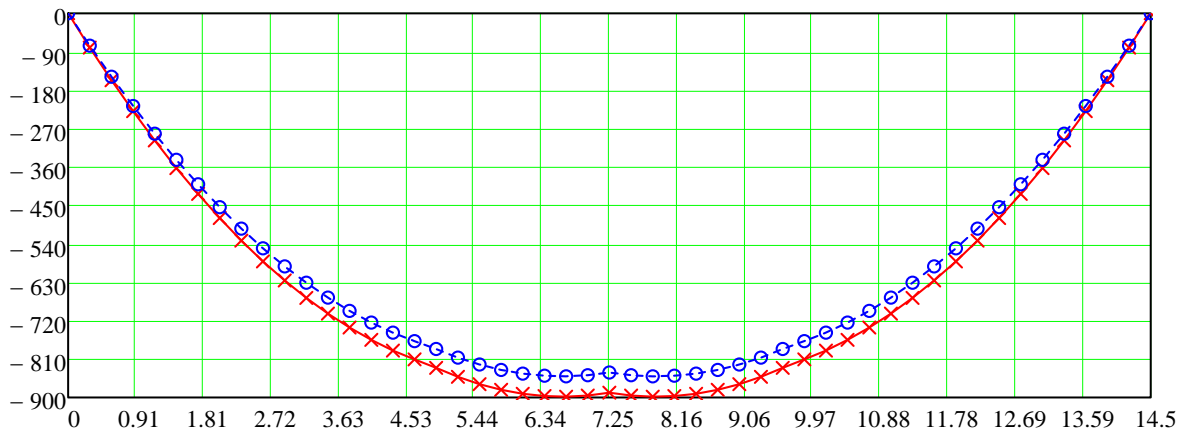
$VL_{int}(0L) = 318.18 \cdot kN$ Máximo Cortante

Viga exterior: $g_{Mext} = 0.686$ $g_{Vext} = 0.686$

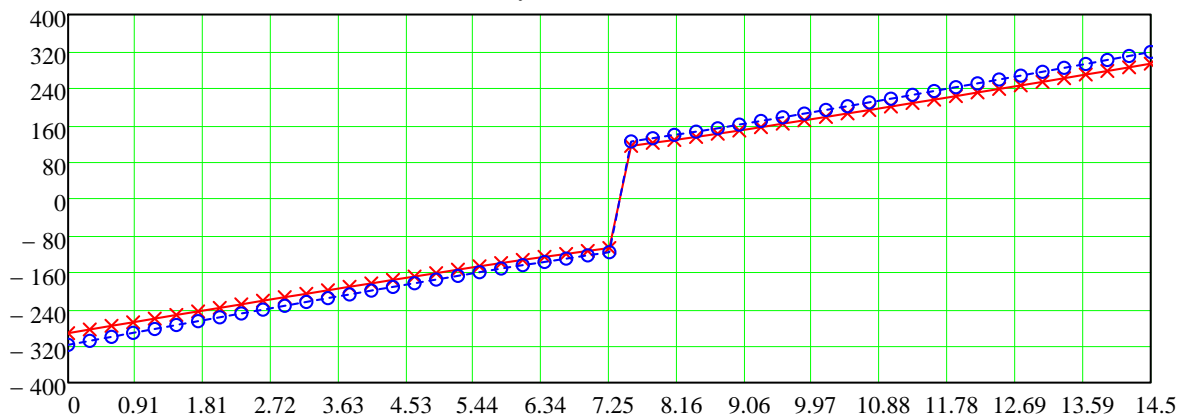
$ML_{ext}(0.5L) = 889.11 \cdot m \cdot kN$ Momento máximo

$VL_{ext}(0L) = 292.94 \cdot kN$ Máximo Cortante

Ley de Momentos (m*kN)



Ley de Cortantes (kN)



*** Viga Exterior
ooo Viga Interior

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Carga viva de veredas por viga

$$M_{L_{vereda}(0.5L)} = 0 \cdot m \cdot kN$$

$$V_{L_{vereda}(0.L)} = 0 \cdot kN$$

Por cargas permanentes

Peso Propio + Peso Muerto

$$M_{DC_int}(0.5L) = 601.184 \cdot m \cdot kN \quad \text{viga interior}$$

$$V_{DC_int}(0L) = 165.844 \cdot kN$$

$$M_{DC_ext}(0.5L) = 555.191 \cdot m \cdot kN \quad \text{viga exterior}$$

$$V_{DC_ext}(0L) = 153.156 \cdot kN$$

Superficie Asfáltica e Instalaciones para servicios públicos

$$M_{DW}(0.5L) = 81.603 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{DW}(0L) = 22.511 \cdot kN$$

Peso de vigas transversales

$$DC_{diáf} = 28.88 \cdot kN$$



$$\text{Viga exterior} \quad M_{d_ext}(0.5L) = 13.084 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{d_ext}(0L) = 1.805 \cdot kN$$

$$\text{Viga interior} \quad M_{d_int}(0.5L) = 26.168 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{d_int}(0L) = 3.609 \cdot kN$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

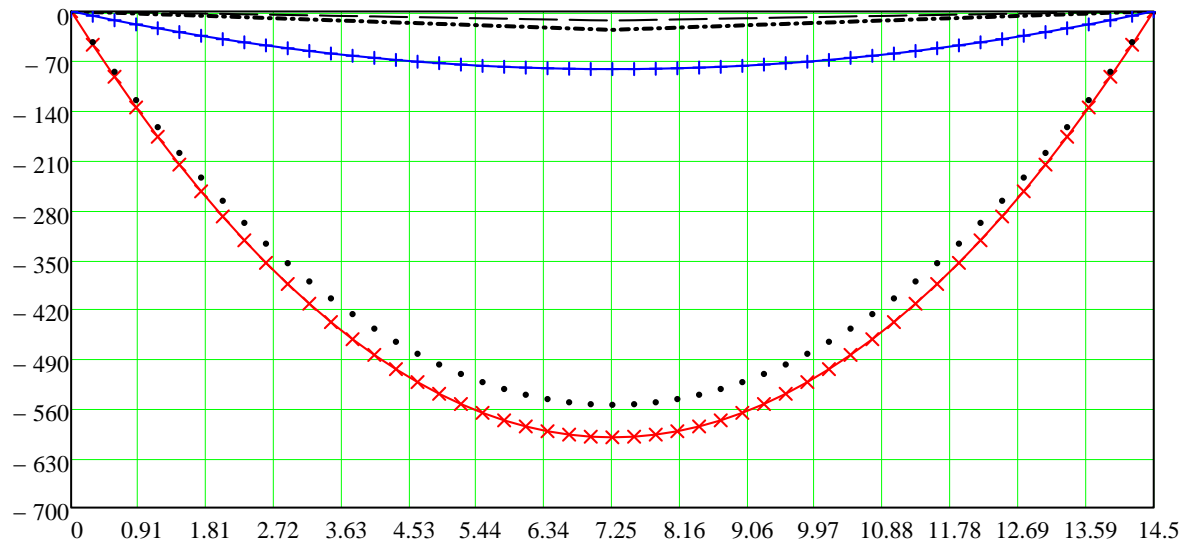
Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

L = 14.50 m

Momentos Flectores por cargas permanentes (kN*m)

distancia	M _{DC2_int}	M _{DC2_ext}	M _{d_int}	M _{d_ext}	M _{DW}
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.73	114.22	105.486	2.617	1.308	15.505
1.45	216.43	199.869	5.234	2.617	29.377
2.18	306.60	283.148	7.850	3.925	41.618
2.90	384.76	355.323	10.467	5.234	52.226
3.63	450.89	416.394	13.084	6.542	61.202
4.35	504.99	466.361	15.701	7.850	68.547
5.08	547.08	505.224	18.318	9.159	74.259
5.80	577.14	532.984	20.934	10.467	78.339
6.53	595.17	549.639	23.551	11.776	80.787
7.25	601.18	555.191	26.168	13.084	81.603
7.98	595.17	549.639	23.551	11.776	80.787
8.70	577.14	532.984	20.934	10.467	78.339
9.43	547.08	505.224	18.318	9.159	74.259
10.15	504.99	466.361	15.701	7.850	68.547
10.88	450.89	416.394	13.084	6.542	61.202
11.60	384.76	355.323	10.467	5.234	52.226
12.33	306.60	283.148	7.850	3.925	41.618
13.05	216.43	199.869	5.234	2.617	29.377
13.78	114.22	105.486	2.617	1.308	15.505
14.50	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Ley de Momentos (kN.m)



- *** peso propio + peso muerto (viga interior)
- peso propio + peso muerto (viga exterior)
- - - peso diafragmas (viga interior)
- · peso diafragmas (viga exterior)
- +++ peso del asfalto

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

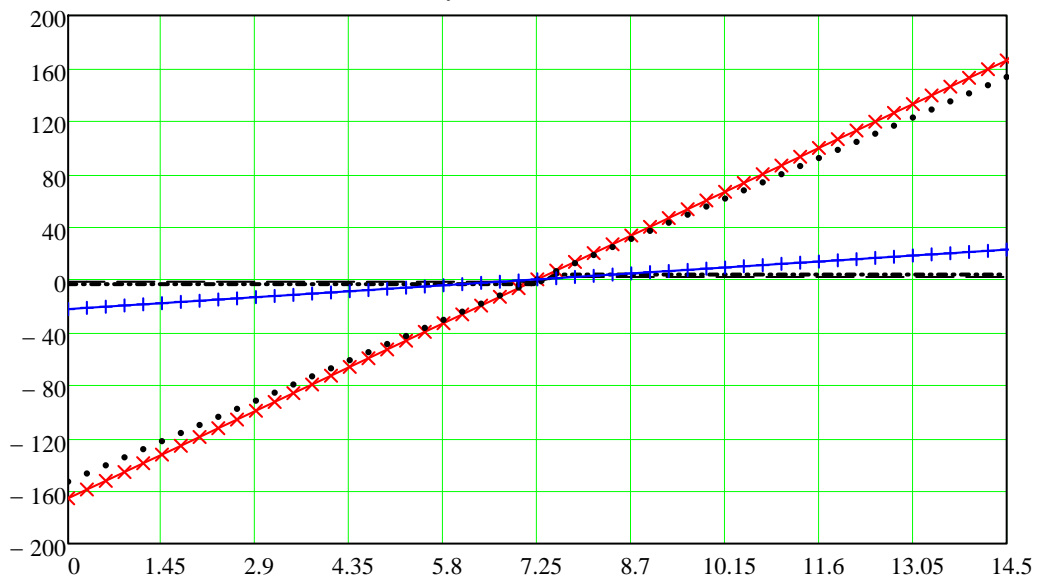
Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

L = 14.50 m

Fuerzas Cortantes por cargas permanentes (kN)

distancia	V_{DC2_ext}	V_{DC2_int}	V_{d_ext}	V_{d_int}	V_{DW}
0.00	165.84	153.156	3.609	1.805	22.511
0.73	149.26	137.841	3.609	1.805	20.260
1.45	132.68	122.525	3.609	1.805	18.009
2.18	116.09	107.209	3.609	1.805	15.758
2.90	99.51	91.894	3.609	1.805	13.507
3.63	82.92	76.578	3.609	1.805	11.256
4.35	66.34	61.263	3.609	1.805	9.005
5.08	49.75	45.947	3.609	1.805	6.753
5.80	33.17	30.631	3.609	1.805	4.502
6.53	16.58	15.316	3.609	1.805	2.251
7.25	0.00	0.000	3.609	1.805	0.000
7.98	-16.58	-15.316	-3.609	-1.805	-2.251
8.70	-33.17	-30.631	-3.609	-1.805	-4.502
9.43	-49.75	-45.947	-3.609	-1.805	-6.753
10.15	-66.34	-61.263	-3.609	-1.805	-9.005
10.88	-82.92	-76.578	-3.609	-1.805	-11.256
11.60	-99.51	-91.894	-3.609	-1.805	-13.507
12.33	-116.09	-107.209	-3.609	-1.805	-15.758
13.05	-132.68	-122.525	-3.609	-1.805	-18.009
13.78	-149.26	-137.841	-3.609	-1.805	-20.260
14.50	-165.84	-153.156	-3.609	-1.805	-22.511

Ley de Cortantes (kN)



- *** peso propio + peso muerto (viga interior)
- peso propio + peso muerto (viga exterior)
- - - peso diafragmas (viga interior)
- · peso diafragmas (viga exterior)
- +++ peso del asfalto

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

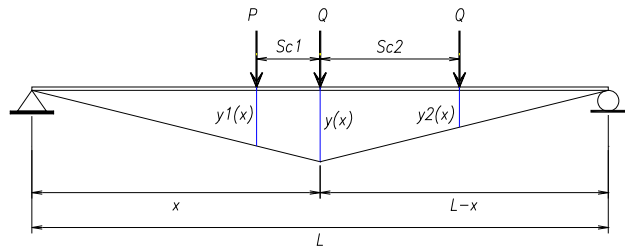
Esfuerzos por Fatiga

Momento flector por efecto del camión

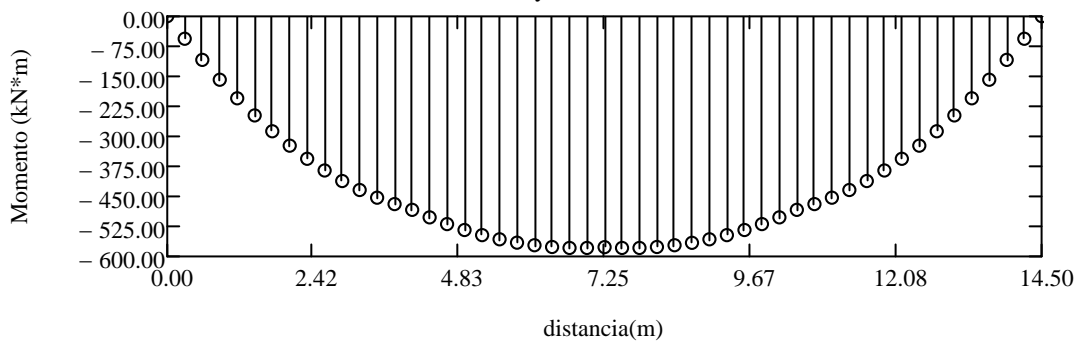
de acuerdo al artículo 3.6.1.4.1, la carga de fatiga será el camión de diseño pero con la separación constante de 9.0m entre los ejes de 145kN. Además se deberá aplicar el incremento por carga dinámica.

$$x := (0, 0.02L .. L) \quad Sc1 := 4300\text{mm} \\ Sc2 := 9000\text{mm}$$

$$y(x) := \frac{x \cdot (L - x)}{L} \quad P = 35 \cdot \text{kN} \\ Q = 145 \cdot \text{kN}$$

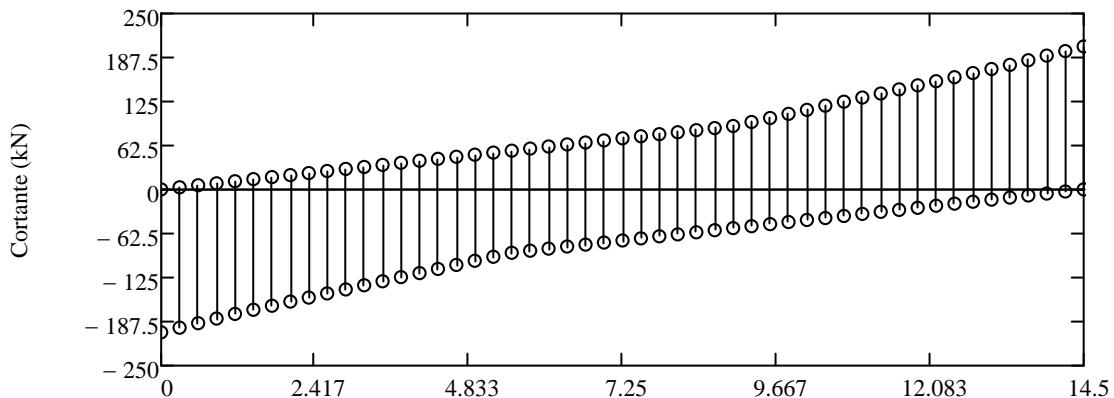


Ley de Momentos



$$M_{fatiga}(0.5L) = 577.25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Ley de Cortantes



$$V_{fatiga}(0L) = 202.897 \cdot \text{kN}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

L = 14.50 m

Fuerzas Internas por efecto de fatiga

distancia	Momento (kN*m)	Cortante Máximo (kN)	Cortante Mínimo (kN)
0.00	0.00	202.897	0.000
0.73	134.49	186.647	-7.250
1.45	247.95	171.000	-14.500
2.18	340.39	156.500	-21.750
2.90	411.80	142.000	-29.000
3.63	462.19	127.500	-36.250
4.35	502.95	113.000	-43.500
5.08	541.10	98.500	-50.750
5.80	566.20	87.000	-58.000
6.53	578.25	79.750	-65.250
7.25	577.25	72.500	-72.500
7.98	578.25	65.250	-79.750
8.70	566.20	58.000	-87.000
9.43	541.10	50.750	-98.500
10.15	502.95	43.500	-113.000
10.88	462.19	36.250	-127.500
11.60	411.80	29.000	-142.000
12.33	340.39	21.750	-156.500
13.05	247.95	14.500	-171.000
13.78	134.49	7.250	-186.647
14.50	0.00	0.000	-202.897

Factores de distribución de carga por fatiga

POR FLEXION

en viga exterior $g_{M1_ext} = 0.429$

en viga interior $g_{M_int1} = 0.491$

$g_{M_fat} = 0.491$

POR CORTE

en viga interior $g_{V_int1} = 0.636$

$g_{V1} = 0.571$

en viga exterior $g_{M1_ext} = 0.429$

$g_{V_fat} = 0.636$

Determinación de los factores de carga para los estados límites de resistencia I y estado límite de servicio I

a) Ecuación general de diseño (AASHTO art 1.3.2)

$$\sum \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i \leq \phi R_n$$

donde γ_i son los factores de carga y ϕ es el factor de resistencia; Q representa los efectos de las fuerzas; R_n es la resistencia nominal; η es un factor relacionado a la ductilidad, redundancia e importancia operativa para la cual se esta diseñando y es definido como:

$$\eta := \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L \geq 0.95. \blacksquare$$

Estado límite de resistencia	$\eta_D := 0.95$	$\eta_R := 0.95$	$\eta_L := 1.05$	
	$\eta_{resist} := \begin{cases} \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L & \text{if } \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L > 0.95 \\ 0.95 & \text{otherwise} \end{cases}$			$\eta_{resist} = 0.95$

Estado límite de servicio	$\eta_D := 1.00$	$\eta_R := 1.00$	$\eta_L := 1.00$	
	$\eta_{serv} := \text{round}(\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L, 2)$			$\eta_{serv} = 1$

b) Combinaciones de Carga y Factores de Carga (AASHTO Tabla3.4.1-1)

Estado Límite	Factores de Carga						
	DC	DW	LL	IM	WS	WL	EQ
Resistencia I	1.25	1.50	1.75	1.75	-	-	-
Servicio II	1.00	1.00	1.30	1.30	-	-	-
Fatiga	-	-	0.75	0.75	-	-	-

Factor de Resistencia

Flexión	$\phi_r := 0.90$
Corte	$\phi_v := 0.90$
Compresión Axial	$\phi_c := 0.85$

Resistencia I

$$Mu_{int}(x) := \eta_{resist} \cdot \left[1.25 \cdot (M_{DC_{int}}(x) + M_{d_{int}}(x)) + 1.50 \cdot M_{DW}(x) \dots \right. \\ \left. + 1.75 \cdot ML_{int}(x) \right]$$

$$Mu_{int}(0.5L) = 2261.03 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu_{ext}(x) := \eta_{resist} \cdot \left[1.25 \cdot (M_{DC_{ext}}(x) + M_{d_{ext}}(x)) + 1.50 \cdot M_{DW}(x) \dots \right. \\ \left. + 1.75 \cdot ML_{ext}(x) \right]$$

$$Mu_{ext}(0.5L) = 2269.25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Servicio I

$$M_{SI_int}(x) := \eta_{serv} \cdot \left[1.00 \cdot (M_{DC_int}(x) + M_{d_int}(x)) + 1.00 \cdot M_{DW}(x) \dots \right. \\ \left. + 1.00 \cdot (ML_{int}(x)) \right]$$

$$M_{SI_int}(0.5L) = 1550.92 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{SI_ext}(x) := \eta_{serv} \cdot \left[1.00 \cdot (M_{DC_ext}(x) + M_{d_ext}(x)) + 1.00 \cdot M_{DW}(x) \dots \right. \\ \left. + 1.00 \cdot (ML_{ext}(x)) \right]$$

$$M_{SI_ext}(0.5L) = 1538.98 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Fatiga

$$M_{Fat}(x) := 0.75 \cdot [g_{M_fat} \times M_{fatiga}(x) \times (1 + IM_{fatiga})]$$

$$M_{Fat}(0.5L) = 244.655 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Fat}(x) := 0.75 \cdot [g_{V_fat} \times V_{fatiga}(x) \times (1 + IM_{fatiga})]$$

$$V_{Fat}(0m) = 111.354 \cdot \text{kN}$$

Diseño por Flexión

calidad del concreto $f'_c := f'_{c_viga} \quad f'_c = 28 \cdot \text{MPa}$

calidad del acero $f_y = 420 \cdot \text{MPa}$

recubrimiento $recub = 40 \cdot \text{mm}$

diámetro de la varilla traccionada $\phi_{var} = 1 \cdot \text{in}$

diámetro del estribo $\phi_v = \frac{3}{8} \cdot \text{in}$

$$h = 1100 \cdot \text{mm} \quad d = 1012.4 \cdot \text{mm}$$

Definición del factor del bloque de esfuerzos en el concreto

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f'_c \leq 28\text{MPa} \\ 0.85 - \left(\frac{f'_c}{\text{MPa}} - 28 \right) \cdot \frac{0.05}{7} & \text{if } 28\text{MPa} < f'_c < 56\text{MPa} \\ 0.65 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \beta_1 = 0.85$$

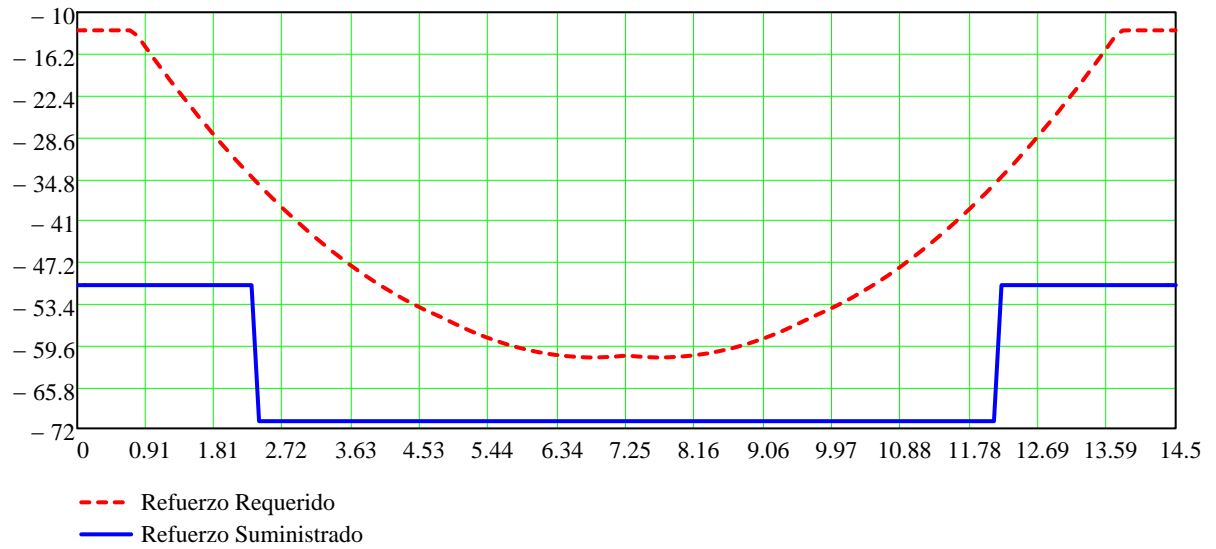
$$A_{s_min} = 12.7 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_requerido}(0.5L) = 61.162 \cdot \text{cm}^2$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

CAPA 1	$L1 = 14500 \cdot \text{mm}$	$\text{Nro_varillas}_1 = 5$	$\phi_{\text{var1}} = 1 \cdot \text{in}$
CAPA 2	$L2 = 14500 \cdot \text{mm}$	$\text{Nro_varillas}_2 = 5$	$\phi_{\text{var2}} = 1 \cdot \text{in}$
CAPA 3	$L3 = 11700 \cdot \text{mm}$	$\text{Nro_varillas}_3 = 4$	$\phi_{\text{var3}} = 1 \cdot \text{in}$
CAPA 4	$L4 = 9000 \cdot \text{mm}$	$\text{Nro_varillas}_4 = 0$	$\phi_{\text{var4}} = 1 \cdot \text{in}$



CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

L = 14.50 m

Viga Interior

distancia	M _u (kN.m)	a (cm)	As (cm ²)	As _{min} (cm ²)	As _{suministr.} (cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	12.716	50.671
0.73	466.00	1.029	12.240	12.716	50.671
1.45	876.30	1.943	23.121	12.716	50.671
2.18	1230.88	2.740	32.606	12.716	50.671
2.90	1529.74	3.417	40.661	12.716	70.939
3.63	1772.90	3.971	47.256	12.716	70.939
4.35	1960.34	4.400	52.365	12.716	70.939
5.08	2102.88	4.728	56.266	12.716	70.939
5.80	2211.31	4.978	59.242	12.716	70.939
6.53	2264.03	5.100	60.691	12.716	70.939
7.25	2261.03	5.093	60.609	12.716	70.939
7.98	2264.03	5.100	60.691	12.716	70.939
8.70	2211.31	4.978	59.242	12.716	70.939
9.43	2102.88	4.728	56.266	12.716	70.939
10.15	1960.34	4.400	52.365	12.716	70.939
10.88	1772.90	3.971	47.256	12.716	70.939
11.60	1529.74	3.417	40.661	12.716	70.939
12.33	1230.88	2.740	32.606	12.716	50.671
13.05	876.30	1.943	23.121	12.716	50.671
13.78	466.00	1.029	12.240	12.716	50.671
14.50	0.00	0.000	0.000	12.716	50.671

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Viga Exterior

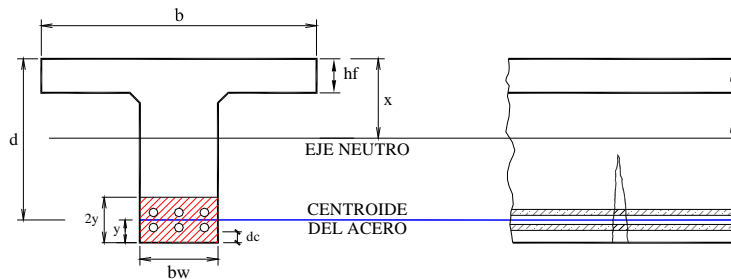
distancia	M _u (kN.m)	a (cm)	As (cm ²)	As _{min} (cm ²)	As _{suminstr.} (cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	12.729	50.671
0.73	471.16	1.249	12.389	12.729	50.671
1.45	885.51	2.361	23.413	12.729	50.671
2.18	1243.05	3.330	33.026	12.729	50.671
2.90	1543.78	4.153	41.186	12.729	70.939
3.63	1787.70	4.826	47.856	12.729	70.939
4.35	1974.81	5.345	53.004	12.729	70.939
5.08	2116.52	5.740	56.922	12.729	70.939
5.80	2224.24	6.041	59.911	12.729	70.939
6.53	2275.15	6.184	61.326	12.729	70.939
7.25	2269.25	6.168	61.162	12.729	70.939
7.98	2275.15	6.184	61.326	12.729	70.939
8.70	2224.24	6.041	59.911	12.729	70.939
9.43	2116.52	5.740	56.922	12.729	70.939
10.15	1974.81	5.345	53.004	12.729	70.939
10.88	1787.70	4.826	47.856	12.729	70.939
11.60	1543.78	4.153	41.186	12.729	70.939
12.33	1243.05	3.330	33.026	12.729	50.671
13.05	885.51	2.361	23.413	12.729	50.671
13.78	471.16	1.249	12.389	12.729	50.671
14.50	0.00	0.000	0.000	12.729	50.671

Armadura en las caras laterales

$$A_{sk} := 0.001 \text{ m} \cdot (d - 760 \text{ mm}) \quad \frac{A_{s_{suminstrado}(0.5L)}}{12} = 5.912 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{sk} = 2.524 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{lateral}} := \min \left(A_{sk}, \frac{A_{s_{suminstrado}(0.5L)}}{12} \right) \quad A_{s_{lateral}} = 2.52 \cdot \text{cm}^2$$

Análisis en el estado límite de Servicio**Verificación por fisuramiento**

$$\phi_{\text{var}} = 1 \cdot \text{in}$$

(diámetro barra traccionada)

$$\phi_{\text{var_comp}} = 1 \cdot \text{in}$$

(diámetro barra comprimida)

$$M_s(0.5L) = 1550.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

(momento actuante por servicio)

$$A_{s_{\text{sumistrado}}}(0.5L) = 70.939 \cdot \text{cm}^2$$

refuerzo suministrado

$$A_{s'} = 20.268 \cdot \text{cm}^2$$

refuerzo en compresión

$$d' = 62.23 \cdot \text{mm}$$

$$dc = 87.625 \cdot \text{mm}$$

$$Y = 87.62 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Área} = 56.33 \cdot \text{cm}^2$$

$$\sum \text{Nro_varillas} = 14$$

$$I_{cr} = 4.085 \times 10^6 \cdot \text{cm}^4$$

Momento de inercia de la sección fisurada

$$x_{EN} = 0.199 \text{ m}$$

profundidad del eje neutro

$$f_{s_{\text{act}}} = 231.016 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_s = 252 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo permisible en el acero

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

Estado Límite de Fatiga

$$f_f = 145 - 0.33 \cdot f_{\min} + 55 \cdot \left(\frac{r}{h} \right)$$

$\frac{r}{h} \leftarrow 0.30$ relación entre el radio de base y la altura de las deformaciones transversales

$$f_{\min} := 0 \text{ MPa}$$

$$f_{\max} = 36.442 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta f = 36.442 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{\text{Fat}}(0.5L) = 244.655 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

esfuerzo permisible

$$f_f := 145 \text{ MPa} - 0.33 \cdot f_{\min} + 55 \text{ MPa} \cdot (0.30)$$

$$f_f = 161.5 \cdot \text{MPa}$$

Condición = "El rango de esfuerzos es inferior al máximo permisible"

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Diseño por Fuerza Cortante

Tabla 5.8.3.4.2.1-1 del AASHTO LRFD, valores de θ , para secciones con refuerzo transversal

Tabla583421_1 =

"\	-0.2	-0.1	-0.05	0	0.13	0.25	0.5	0.75	1
0.08	22.3	20.4	21	21.8	24.3	26.6	30.5	33.7	36.4
0.1	18.1	20.4	21.4	22.5	24.9	27.1	30.8	34	36.7
0.13	19.9	21.9	22.8	23.7	25.9	27.9	31.4	34.4	37
0.15	21.6	23.3	24.2	25	26.9	28.9	32.1	34.9	37.3
0.18	23.2	24.7	25.5	26.2	28	29.7	32.7	35.2	36.8
0.2	24.7	26.1	26.7	27.4	29	30.6	32.8	34.5	36.1
0.23	26.1	27.3	27.9	28.5	30	30.8	32.3	34	35.7
0.25	27.5	28.6	29.1	29.7	30.6	31.3	32.8	34.3	35.8

Tabla583421_2 =

"\	-0.20	-0.10	-0.05	0.00	0.13	0.25	0.50	0.75	1.00
0.08	6.32	4.75	4.10	3.75	3.24	2.94	2.59	2.38	2.23
0.10	3.79	3.38	3.24	3.14	2.91	2.75	2.50	2.32	2.18
0.13	3.18	2.99	2.94	2.87	2.74	2.62	2.42	2.26	2.13
0.15	2.88	2.79	2.78	2.72	2.60	2.52	2.36	2.21	2.08
0.18	2.73	2.66	2.65	2.60	2.52	2.44	2.28	2.14	1.96
0.20	2.63	2.59	2.52	2.51	2.43	2.37	2.14	1.94	1.79
0.23	2.53	2.45	2.42	2.40	2.34	2.14	1.86	1.73	1.64
0.25	2.39	2.39	2.33	2.33	2.12	1.93	1.70	1.58	1.50

Resistencia I

1) Refuerzo cortante transversal. Este refuerzo se requiere en cualquier sección donde:

$$V_u > 0.5\phi(V_c + V_p)$$

donde:

V_c : resistencia cortante nominal del concreto

V_p : componente vertical de la fuerza de pretensado.

$$V_{u_int}(x) := \eta_{resist} \cdot \left[\begin{array}{l} 1.25 \cdot (V_{DC_int}(x) + V_{d_int}(x)) + 1.50 \cdot V_{DW}(x) \dots \\ + 1.75 \cdot (V_{L_int}(x) + V_{vereda}(x)) \end{array} \right]$$

$$V_{u_ext}(x) := \eta_{resist} \cdot \left[\begin{array}{l} 1.25 \cdot (V_{DC_ext}(x) + V_{d_ext}(x)) + 1.50 \cdot V_{DW}(x) \dots \\ + 1.75 \cdot (V_{L_ext}(x) + V_{vereda}(x)) \end{array} \right]$$

$$V_{u_int}(0L) = 762.283 \cdot \text{kN}$$

$$V_{u_ext}(0L) = 703.1 \cdot \text{kN}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

calidad del concreto	$f_c = 28 \cdot \text{MPa}$	
calidad del acero	$f_y = 420 \cdot \text{MPa}$	
diámetro del estribo	$\phi_v = \frac{3}{8} \cdot \text{in}$	$A_v = 1.425 \cdot \text{cm}^2$
$b_v := b_w$	$b_v = 0.45 \text{ m}$	

2) Mínimo refuerzo transversal. El refuerzo transversal donde sea requerido no será menor que:

$$A_v := 0.083 \sqrt{f'_{c_{\text{viga}}} \cdot \text{MPa}} \cdot \frac{b_v \cdot s}{f_y}$$

donde:

A_v : área del refuerzo transversal dentro de s

s : espaciamiento del refuerzo

b_v : ancho del alma

f_y : esfuerzo de fluencia del refuerzo transversal

$$f_y = 420 \cdot \text{MPa}$$

$f'_{c_{\text{viga}}}$: calidad del concreto de la viga

$$f'_{c_{\text{viga}}} = 28 \cdot \text{MPa}$$

$$d_e(x) := d - 0.5 \cdot \beta_1 \cdot c_e(x) \quad \blacksquare \quad \begin{array}{l} \text{distancia entre las resultantes de las fuerzas} \\ \text{de tracción y compresión debidas a flexión} \end{array}$$

d distancia entre la fibra extrema a compresión y el eje de la armadura a tracción

$$d_v(x) := \begin{cases} d_e(x) & \text{if } d_e(x) > \max(0.72 \cdot h, 0.9d) \\ \max(0.72 \cdot h, 0.9d) & \text{otherwise} \end{cases}$$

diámetro del estribo	$\phi_v = \frac{3}{8} \cdot \text{in}$	$A_v = 1.425 \cdot \text{cm}^2$
----------------------	--	---------------------------------

3) Contribución del pretensado a la resistencia por corte

V_p : Componente vertical de la fuerza de pretensado

$$V_p(x) := 0 \text{ kN} \quad E_p := 197000 \text{ MPa} \quad f_{po}(x) := 0.0 \text{ MPa} \quad A_{ps} := 0.0 \text{ cm}^2$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

4) Determinación de β y θ

$$\phi_v := 0.9$$

$$v(x) := \frac{V_{u_ext}(x) - \phi_v \cdot V_p(x)}{\phi_v \cdot b_v \cdot d_v(x) \cdot f'c_{viga}}$$

$$E_p = 1.97 \times 10^5 \cdot \text{MPa}$$

$$\varepsilon_x(x, \theta) := \begin{cases} \varepsilon 1 \leftarrow \frac{\frac{Mu_{ext}(x)}{d_v(x)} + 0.5 \cdot \frac{V_{u_ext}(x)}{\tan(\theta)} - A_{ps} \cdot f_{po}(x)}{2(E_s \cdot A_s(x) + E_p \cdot A_{ps})} \\ \varepsilon 2 \leftarrow \frac{\frac{Mu_{ext}(x)}{d_v(x)} + 0.5 \cdot \frac{V_{u_ext}(x)}{\tan(\theta)} - A_{ps} \cdot f_{po}(x)}{2(E_s \cdot A_s(x) + E_p \cdot A_{ps} + E_c \cdot A_c)} \\ \varepsilon 1 \text{ if } \varepsilon 1 > 0 \wedge \varepsilon 1 < 0.001 \\ 0.001 \text{ if } \varepsilon 1 \geq 0.001 \\ \varepsilon 2 \text{ otherwise} \end{cases}$$



$$d_v(0m) = 1.012 \text{ m} \quad x_1 := d_v(0m)$$

$$x_1 = 1012 \cdot \text{mm} \quad v(x_1) = 0.06 \quad \theta_1 = 36.216 \cdot \text{deg} \quad \varepsilon_x(x_1, \theta_1) \cdot 10^3 = 1 \quad \beta_1 = 2.261$$

$$x_2 = 2500 \cdot \text{mm} \quad v(x_2) = 0.05 \quad \theta_2 = 36.096 \cdot \text{deg} \quad \varepsilon_x(x_2, \theta_2) \cdot 10^3 = 1 \quad \beta_2 = 2.281$$

$$x_3 = 6000 \cdot \text{mm} \quad v(x_3) = 0.026 \quad \theta_3 = 35.809 \cdot \text{deg} \quad \varepsilon_x(x_3, \theta_3) \cdot 10^3 = 1 \quad \beta_3 = 2.328$$



conservadoramente tomamos $\beta(x) := 1.8$

5) Resistencia nominal al corte: Se determinará como el menor valor entre:

[5.8.3.3]

$$V_c(x) := 0.083 \cdot \beta(x) \cdot \sqrt{f'c_{viga} \cdot \text{MPa}} \cdot b_v \cdot d_v(x)$$

$$\text{alfa} := 90\text{deg}$$

(para estribos rectos)

$$V_s(x) := \begin{cases} \frac{|Vu(x)|}{\phi_v} - V_c(x) & \text{if } \frac{|Vu(x)|}{\phi_v} - V_c(x) > 0 \text{ kN} \\ 0.1 \text{ kN} & \text{otherwise} \end{cases}$$

refuerzo transversal mínimo

$$s_{\max} := \min \left(0.8 \cdot d_v(0m), 600 \text{ mm}, \frac{f_y \cdot A_v}{0.083 \sqrt{f'c_{viga} \cdot \text{MPa}} \cdot b_v} \right) \quad s_{\max} = 303 \cdot \text{mm}$$

refuerzo transversal requerido

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

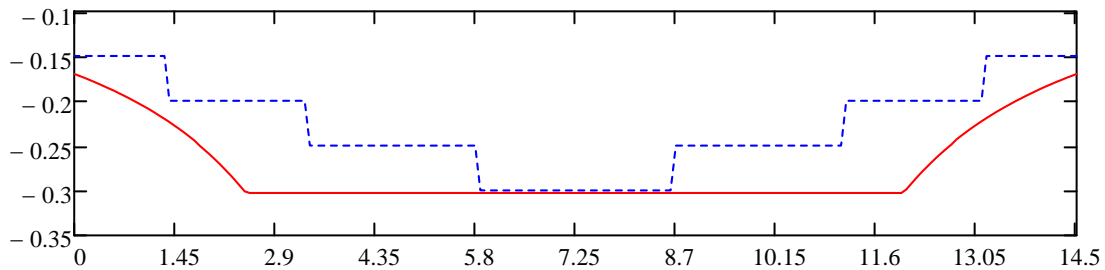
Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

$$\text{paso} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v \cdot \left(\frac{1}{\tan(\theta)} + \frac{1}{\tan(\alpha)} \right) \cdot \sin(\alpha)}{V_s}$$

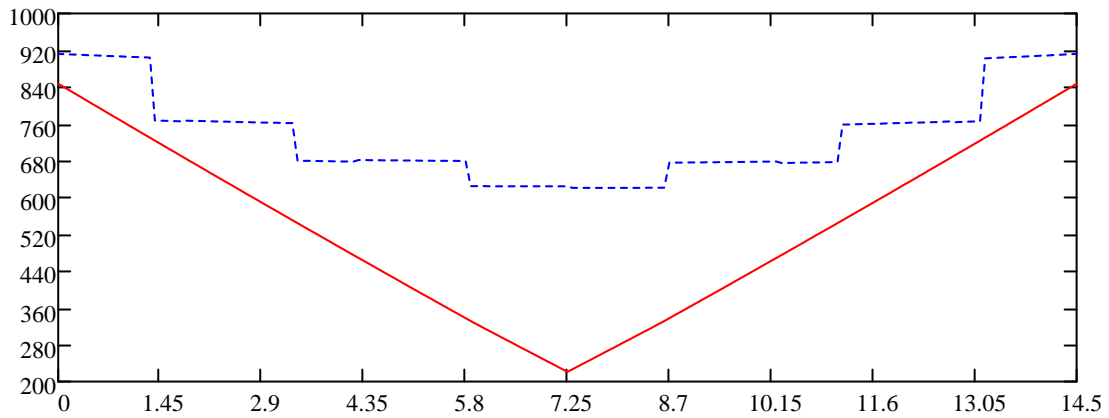
$L = 14.5 \text{ m}$ $\phi_v = \frac{3}{8} \cdot \text{in}$ diámetro del estribo

$\text{Long}_0 = 0 \text{ m}$	$\text{paso}(\text{Long}_0) = 0.17 \text{ m}$	$\text{paso1} = 150 \cdot \text{mm}$	$\text{cant1} = 10$
$\text{Long}_1 = 1.35 \text{ m}$	$\text{paso}(\text{Long}_1) = 0.222 \text{ m}$	$\text{paso2} = 200 \cdot \text{mm}$	$\text{cant2} = 10$
$\text{Long}_2 = 3.35 \text{ m}$	$\text{paso}(\text{Long}_2) = 0.303 \text{ m}$	$\text{paso3} = 250 \cdot \text{mm}$	$\text{cant3} = 10$
$\text{Long}_3 = 5.85 \text{ m}$	$\text{paso}(\text{Long}_3) = 0.303 \text{ m}$	$\text{paso4} = 300 \cdot \text{mm}$	$\text{cant4} = 4.7$

Espaciamiento de los estribos (m)



Ley de Cortantes (kN)



— Cortante actuante
- - - Cortante resistente

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

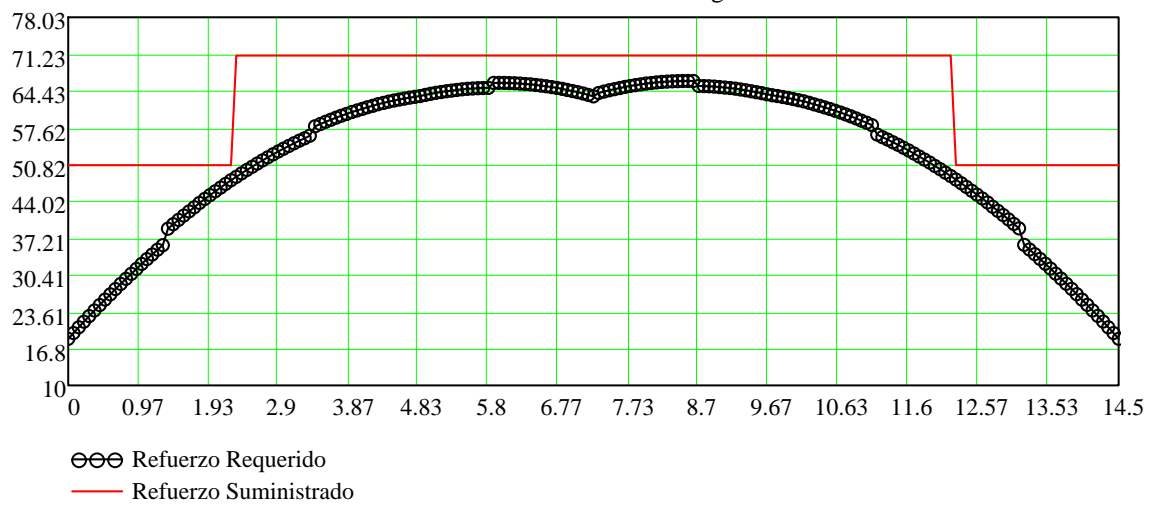
Segun AASHTO 5.8.3.5 se debe verificar la demanda adicional del refuerzo longitudinal causado por la fuerza de corte.

$$\text{Demanda} = \frac{M_u}{d_v \cdot \phi_r} + \left(\frac{V_u}{\phi_v} - 0.5 \cdot V_s \right) \cdot \cot(\theta)$$

$$A_{s_req}(0.5L) = 63.393 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_suministrado}(0.5L) = 70.939 \cdot \text{cm}^2 \quad (\text{refuerzo suministrado por flexión})$$

Distribución de la armadura longitudinal



CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Diseño de Vigas Transversales

propiedades geométricas de la viga

$$h_{\text{diaf}} = 0.9 \text{ m} \quad b_{\text{diaf}} = 0.25 \text{ m}$$

el momento de diseño lo evaluaremos suponiendo que la viga tiene apoyos semi rígidos.

$$(\text{Impacto} + 1) \cdot M_L = 67.498 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{momento por sobrecarga incluyendo la amplificación dinámica}$$

$$M_L = 50.75 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{DC} = 4.134 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{DW} = 0.761 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 124.43 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Diseño por Flexión

$$\text{calidad del concreto} \quad f_c = 28 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{calidad del acero} \quad f_y = 420 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{recubrimiento} \quad \text{recub} = 4 \cdot \text{cm}$$

$$\text{diámetro de la varilla longitudinal} \quad \phi_{\text{var}} = \frac{5}{8} \cdot \text{in}$$

$$\text{diámetro del estribo} \quad \phi_v = \frac{3}{8} \cdot \text{in}$$

$$\text{profundidad del eje neutro} \quad d = 0.843 \text{ m}$$

$$\text{Refuerzo mínimo} \quad A_{s_{\text{min}}} = 4.2 \cdot \text{cm}^2$$

$$N_{\text{varillas}} = 2 \quad \phi_{\text{var}} = \frac{5}{8} \cdot \text{in}$$

Diseño por Corte

$$V_L = 72.5 \cdot \text{kN} \quad \text{cortante por sobrecarga}$$

$$V_{DC} = 9.844 \cdot \text{kN} \quad \text{cortante por cargas permanentes}$$

$$V_{DW} = 1.811 \cdot \text{kN} \quad \text{cortante por carga de superf. de rodadura}$$

$$V_u = 183.77 \cdot \text{kN} \quad \text{cortante último}$$

$$d_v = 0.758 \text{ m}$$

$$v = 0.038 \quad \epsilon_x(\theta) \cdot 10^3 = 1.823 \quad \theta = 36.4 \cdot \text{deg}$$

$$\beta = 2.23$$

$$V_c = 185.667 \cdot \text{kN}$$

$$V_s = 18.517 \cdot \text{kN}$$

$$\phi_v = \frac{3}{8} \cdot \text{in} \quad \text{paso} = 0.545 \text{ m}$$

Deflexiones

Deflexiones por efecto de carga permanente

La deflexión diferida o adicional en el tiempo, resulta del flujo plástico del concreto y de la contracción de fraguado de los elementos en flexión, podrá estimarse multiplicando la deflexión inmediata causada por las cargas sostenidas (carga permanente) por el factor λ

Existirá una contraflecha tal que, para la carga permanente, resulte una geometría coherente con la razante prevista en el diseño geométrico. La contraflecha será un valor intermedio entre la estrictamente necesaria a tiempo cero y la que necesitaría una vez estabilizados los efectos diferidos de fluencia y retracción.

si el cálculo de la deflexión instantanea se realiza con I_g

$$\lambda_1 := 4$$

si el cálculo de la deflexión instantánea se realiza con I_e

$$\lambda_2 = 2.657$$

donde:

$$A_{s_{\text{suministrado}}(0.5L)} = 70.939 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s'} = 20.268 \cdot \text{cm}^2$$

Viga Interior

$$M_{\text{cr_int}} = 416.1 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{SI_int}}(0.5L) = 1.551 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{momento máximo por el estado límite de servicio}$$

$$I_{e_int} := \left(\frac{M_{\text{cr_int}}}{M_{\text{SI_int}}(0.5L)} \right)^3 \cdot I_{g_int} + \left[1 - \left(\frac{M_{\text{cr_int}}}{M_{\text{SI_int}}(0.5L)} \right)^3 \right] \cdot I_{\text{cr_int}}$$

$$I_{\text{cr_int}} = 0.0408 \cdot \text{m}^4 \quad \text{momento de inercia de la sección agrietada}$$

$$I_{g_int} = 0.0911 \cdot \text{m}^4 \quad \text{momento de inercia de la sección no agrietada}$$

$$I_{e_int} = 0.0418 \cdot \text{m}^4 \quad \text{momento de inercia efectiva}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Viga Exterior

$$M_{cr_ext} = 403.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{SI_ext}(0.5L) = 1.539 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$I_{e_ext} := \left(\frac{M_{cr_ext}}{M_{SI_ext}(0.5L)} \right)^3 \cdot I_{g_ext} + \left[1 - \left(\frac{M_{cr_ext}}{M_{SI_ext}(0.5L)} \right)^3 \right] \cdot I_{cr_ext}$$

$$I_{cr_ext} = 0.0398 \cdot \text{m}^4 \quad \text{momento de inercia de la sección agrietada}$$

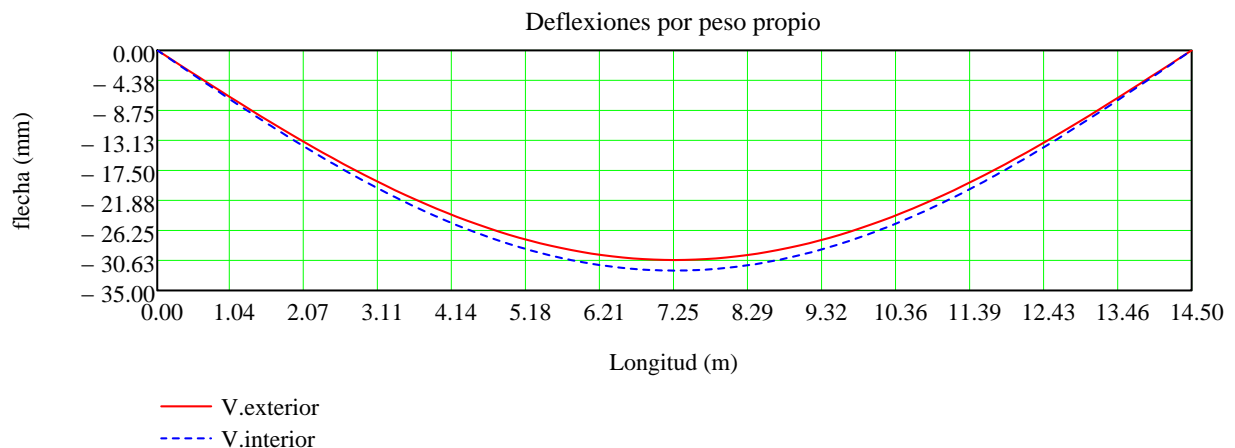
$$I_{g_ext} = 0.0853 \cdot \text{m}^4 \quad \text{momento de inercia de la sección no agrietada}$$

$$I_{e_ext} = 0.0406 \cdot \text{m}^4 \quad \text{momento de inercia efectiva}$$

Cargas por peso propio y peso muerto

$$W_{DC1_ext} = 21.746 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$W_{DC1_int} = 23.496 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Flechas por efecto de cargas permanentes [mm]

Posición	0.0 L	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L	0.5 L	0.6 L	0.7 L	0.8 L	0.9 L	1.0 L
Viga exterior	0.0	-6.9	-13.0	-17.8	-20.9	-21.9	-20.9	-17.8	-13.0	-6.9	0.0
	0.0	-9.6	-18.2	-24.9	-29.1	-30.6	-29.1	-24.9	-18.2	-9.6	0.0
Viga interior	0.0	-7.0	-13.2	-18.0	-21.1	-22.2	-21.1	-18.0	-13.2	-7.0	0.0
	0.0	-10.1	-19.1	-26.1	-30.6	-32.1	-30.6	-26.1	-19.1	-10.1	0.0

$$\lambda_1 = 4$$

$$\lambda_2 = 2.657$$

$$\lambda_1 = 4$$

$$\lambda_2 = 2.657$$

$$\Delta_{DC_max} = -32.1 \cdot \text{mm}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

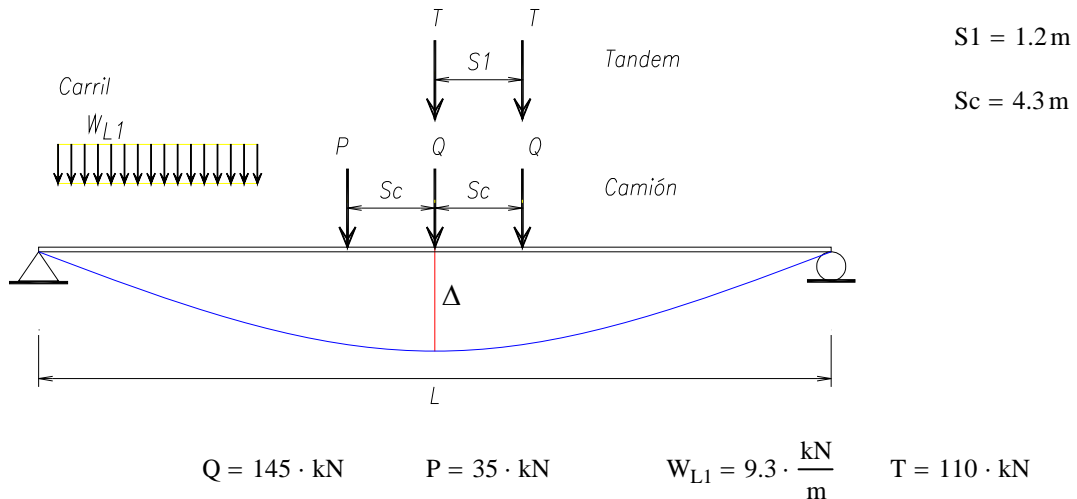
Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Por carga viva

Para el cálculo de las deflexiones por carga viva se considerarán todos los carriles cargados y se asume que el tablero se desplaza de manera conjunta con todas las vigas, también se tomará en cuenta el coeficiente de amplificación dinámica en el camión de diseño...

La deflexión se deberá tomar como el mayor de los siguientes valores

- La deflexión debida al camión de diseño solamente
- La deflexión debida al 25% del camión de diseño considerando conjuntamente con la carga de carril de diseño



datos de diseño:

$$I_{e_ext} = 4064153.302 \cdot \text{cm}^4 \quad \text{momento de inercia en la viga exterior}$$

$$I_{e_int} = 4181804.475 \cdot \text{cm}^4 \quad \text{momento de inercia en la viga interior}$$

$$I_{e_prom} = 4134744.006 \cdot \text{cm}^4$$

$$\Delta_{\text{Camión}} = -5.714 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{\text{Tandem}} = -4.955 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{\text{Carril}} = -1.936 \cdot \text{mm}$$

desplazamiento máximo, de acuerdo al artículo 3.6.1.3.2

$$\Delta_{\text{max}} = 7.6 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{\text{máx_permisible}} = 18.125 \cdot \text{mm}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Diseño de la Losa:

Estructura: Puente Potrerillo

L := 14.50m

Calidad del concreto a los 28 días $f_c := 28\text{MPa}$

Peso específico del concreto $\gamma_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Esfuerzo de fluencia de la
armadura pasiva

Peso específico asfalto $\gamma_a := 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Espesor de la vereda $e_{\text{vereda}} := 0.0\text{m}$

$f_y = 411.88\text{MPa}$

Ancho de vereda $a_{\text{vereda}} := 0.0\text{m}$

Separación de los elementos de apoyo S := 2.10m

distancia entre la carga de rueda extrema al eje de la viga exterior X1 := 0.0m X2 := 0.0m

Espesor del asfalto $e_{\text{asfalto}} := 0.075 \cdot \text{m}$
(sólo para cálculo)

ancho de calzada
 $w_{\text{roadway}} := 9.00\text{m}$

Carga viva peatonal $SC_{\text{peat}} := 3.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Espesor mínimo de la losa: Segun AASHTO 2.5.2.6.3

$$h_{\text{losa}} := \max\left(165\text{mm}, \frac{S + 3000\text{mm}}{30}\right)$$

$$h_{\text{losa}} = 0.17\text{ m}$$

Espesor de losa

$$e_{\text{Losa}} := 20\text{cm}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Medición de cargas

Peso propio $W_{pp} := \gamma_c \cdot e_{Losa} \cdot 1m$ $W_{pp} = 5.00 \frac{kN}{m}$

Peso de la vereda $W_{pv} := \gamma_c \cdot e_{vereda} \cdot 1m$ $W_{pv} = 0 \frac{kN}{m}$

Peso asfalto $W_{asfalto} := \gamma_a \cdot e_{asfalto} \cdot 1m$ $W_{asfalto} = 1.725 \frac{kN}{m}$

Peso SC peatonal $W_{sc_peat} := SC_{peat} \cdot 1m$ $W_{sc_peat} = 3.60 \frac{kN}{m}$

Peso barrera de protección $W_{baranda} := 5 \frac{kN}{m}$

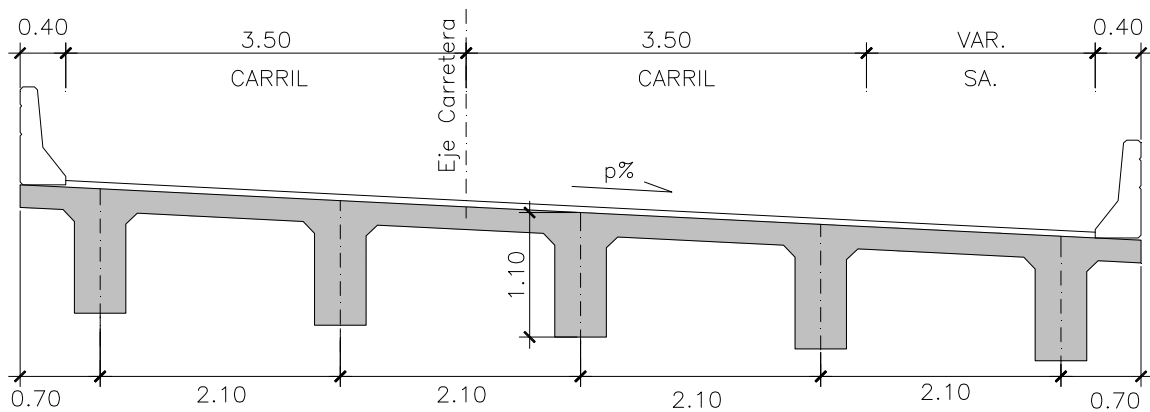
Peso baranda peatonal $W_{imposta} := 0.0 \frac{kN}{m}$

$\Phi_{barra} := \frac{5}{8} in$ recubrimiento_{sup} := 5cm

recubrimiento_{inf} := 3cm

peralte efectivo $d := e_{Losa} - recubrimiento_{sup} - \frac{\Phi_{barra}}{2}$ $d = 0.142 m$

$b := 100cm$

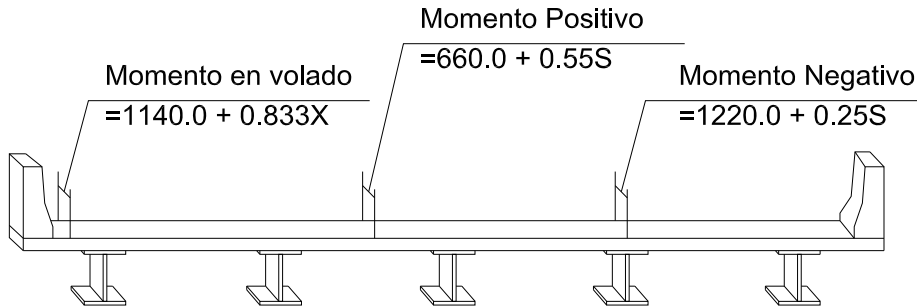


CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Evaluación de los anchos de las franjas equivalentes

Se calculará de acuerdo a lo indicado en el artículo 4.6.2.1.3 del AASHTO



Franja efectiva

para momento negativo

$$\text{Franja}_{\text{neg}} := 1220\text{mm} + 0.25 \cdot S$$

$$\text{Franja}_{\text{neg}} = 1.745 \text{ m}$$

Impacto := 33%

para momento positivo

$$\text{Franja}_{\text{pos}} := 660\text{mm} + 0.55 \cdot S$$

$$\text{Franja}_{\text{pos}} = 1.815 \text{ m}$$

X = 0

para volado

$$\text{Franja}_{\text{volado}} := 1140\text{mm} + 0.833X$$

$$\text{Franja}_{\text{volado}} = 1.14 \text{ m}$$

Diagrama de momentos flectores por sobrecarga

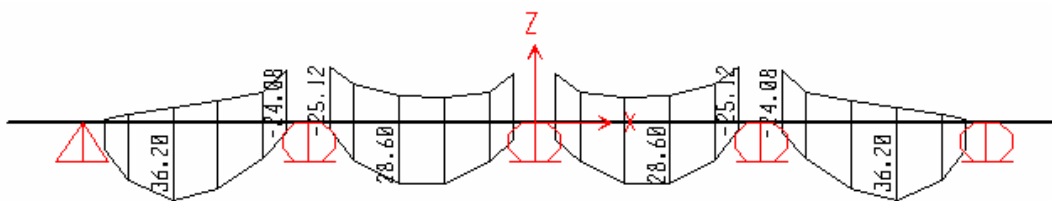
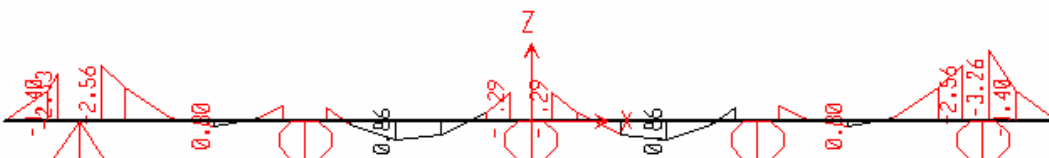


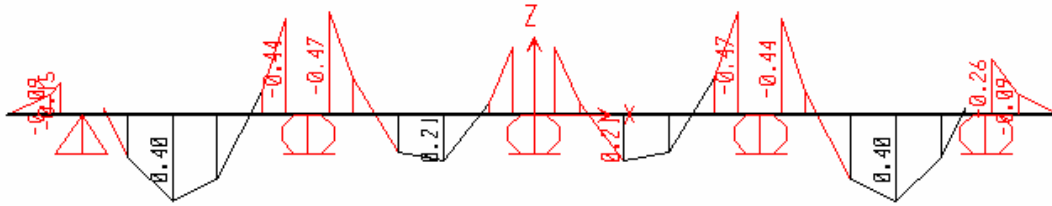
Diagrama de momentos flectores por peso propio y carga muerta



CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Diagrama de momentos flectores por peso asfalto



Extremo de viga (M-)	Momento positivo (M+)	Apoyo intermedio (M-)
$M_{Lv} := 0.0m \cdot kN$	$M_{Lv1} := 36.20m \cdot kN$	$M_{Lp} := 25.12m \cdot kN$
$M_{SCUv} := 0.0m \cdot kN$	$M_{SCU1} := 0.0m \cdot kN$	$M_{SCUp} := 0.0m \cdot kN$
$M_{DCv} := 2.56m \cdot kN$	$M_{DCv1} := 0.0m \cdot kN$	$M_{DCp} := 1.29m \cdot kN$
$M_{DWv} := 0.31m \cdot kN$	$M_{DWv1} := 0.40m \cdot kN$	$M_{DWp} := 0.47m \cdot kN$
$M_{SCv} := 0.00m \cdot kN$	$M_{SCv1} := 0.00m \cdot kN$	$M_{SCvp} := 0.00m \cdot kN$

Nota: No consideraremos el efecto de la carga de carril de acuerdo a lo indicado por el AASHTO

Estado Límite de resistencia

$$\eta_D := 0.95 \quad \eta_R := 0.95 \quad \eta_L := 1.05$$

$$\eta_{resist} := \begin{cases} \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L & \text{if } \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L > 0.95 \\ 0.95 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_{resist} = 0.95$$

$$M_{SCUv} := 0m \cdot kN$$

$$M_{SCU1} := 0m \cdot kN$$

$$M_{SCUp} := 0m \cdot kN$$

Verificación del espesor de la losa

$$e_{Losa} = 0.2m$$

$$\eta_D := 1.0 \quad \eta_R := 1.0 \quad \eta_L := 1.0$$

$$\eta_{serv} := \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L \quad \eta_{serv} = 1$$

$$M_{servicio} := \eta_{serv} \cdot \left[\frac{M_{Lp} \cdot 1m}{\text{Franja}_{neg}} \cdot (1 + \text{Impacto}) + M_{SCUp} + M_{DCp} + M_{DWp} + M_{SCvp} \right]$$

$$M_{servicio} = 20.906 kN \cdot m$$

$$\text{relación modular} \quad n := \text{floor} \left(\frac{E_s}{E_{concreto}} \right) \quad n = 7$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

$$k := \frac{n}{\left(n + \frac{0.5 \cdot f_y}{0.4 \cdot f_c} \right)} \quad k = 0.276 \quad j := 1 - \frac{k}{3} \quad j = 0.908$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

$$d_{\text{losa}} := \sqrt{\frac{2}{(0.4 \cdot f_c \cdot k \cdot j \cdot 1 \cdot m)} \cdot M_{\text{servicio}}}$$

$$d_{\text{losa}} = 12.211 \text{ cm}$$

Nota = "Por inspección, observamos que el espesor de la losa escogido es el adecuado"

Refuerzo Mínimo

Momento mínimo equivalente a 1.20 el momento de agrietamiento $M_{\text{min}} = 26.669 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Refuerzo mínimo requerido por agrietamiento $A_{\text{smin}} = 5.2 \text{ cm}^2$

Refuerzo negativo

a) En la zona de volado (viga exterior)

$$e_{\text{volado}} := 0.30 \text{ m}$$

$$M_{u_{v1}} := \eta_{\text{resist}} \cdot \left[\begin{array}{l} 1.75 \cdot \frac{M_{L_v} \cdot 1 \text{ m}}{\text{Franja}_{\text{volado}}} \cdot (1 + \text{Impacto}) + 1.75 \cdot M_{\text{SCU}_v} + 1.75 \cdot M_{\text{SC}_v} \dots \\ + 1.25 \cdot M_{\text{DC}_v} + 1.50 \cdot M_{\text{DW}_v} \end{array} \right]$$

$$M_{u_{v1}} = 3.482 \text{ m}\cdot\text{kN}$$

$$d_{\text{volado}} := e_{\text{volado}} - \text{recubrimiento}_{\text{sup}} - 0.5 \cdot \phi_1$$



$$A_{s1} = 5.231 \text{ cm}^2$$

$$\phi_1 = \frac{5}{8} \text{ in} \quad \text{paso1} := 0.20 \text{ m}$$

$$A_{s_sum_volado} = 9.9 \text{ cm}^2$$

Verificación por fisuramiento

momento máximo para el estado límite de servicio $M = 2.87 \text{ m}\cdot\text{kN}$

Momento de inercia de la sección fisurada $I_{\text{cr_int}} = 2.971 \times 10^4 \text{ cm}^4$

Profundidad del eje neutro $x = 51.398 \text{ mm}$

Esfuerzo actuante en el acero $f_{s_{\text{act}}} = 12.9 \text{ MPa}$

Parámetro relacionado con la fisura $\gamma_c = 0.65 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$

Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento $\text{sep}_{\text{min}} = 300 \text{ mm}$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

b) En la zona de apoyo intermedio

$$Mu_n := \eta_{resist} \left[1.75 \cdot \frac{M_{LP} \cdot 1m}{Franja_{neg}} \cdot (1 + Impacto) + 1.75 \cdot M_{SCUp} + 1.75 \cdot M_{SCvp} \dots \right. \\ \left. + 1.25M_{DCp} + 1.50 \cdot M_{DWp} \right]$$

$$Mu_n = 34.032 \text{ m} \cdot \text{kN} \quad d := e_{Losa} - \text{recubrimiento}_{sup} - \frac{\phi_2}{2} \quad d = 0.142 \text{ m}$$



$$A_s = 6.739 \text{ cm}^2$$

$$\phi_2 = \frac{5}{8} \text{ in} \quad \text{paso2} := 0.20\text{m}$$

$$As_{sum_neg} = 9.897 \text{ cm}^2$$

Verificación por fisuramiento

momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 20.91 \text{ m} \cdot \text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr_int} = 9.331 \times 10^3 \text{ cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 37.976 \text{ mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_act} = 163.2 \text{ MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.65 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep_min = 194 \text{ mm}$

Refuerzo positivo

a) En el vano lateral

$$Mu_{pos} := \eta_{resist} \left[1.75 \cdot \frac{M_{Lv1} \cdot 1m}{Franja_{pos}} \cdot (1 + Impacto) + 1.75 \cdot M_{SCU1} + 1.75 \cdot M_{SCv1} + 1.25M_{DCv1} + 1.50 \cdot M_{DWv1} \right]$$

$$Mu_{pos} = 44.671 \text{ m} \cdot \text{kN} \quad d := e_{Losa} - \text{recubrimiento}_{inf} - \frac{\phi_3}{2} \quad d = 0.162 \text{ m}$$



$$A_{sp} = 7.757 \text{ cm}^2$$

$$\phi_3 = \frac{5}{8} \text{ in} \quad \text{paso3} := 0.20\text{m} \quad \text{incrementar armadura de } 1/2'' \text{ cada } 0.30\text{m}$$

$$As_{sum_pos} = 9.897 \text{ cm}^2$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Verificación por fisuramiento

momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 26.93 \text{ m}\cdot\text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr_int} = 1.245 \times 10^4 \text{ cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 40.962 \text{ mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_act} = 183.3 \text{ MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.65 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep_min = 251 \text{ mm}$

Refuerzo longitudinal Inferior

Se considera un porcentaje del refuerzo principal

$$\text{porcentaje} := \begin{cases} 67\% & \text{if } \frac{3840}{\sqrt{\text{Span}}} > 67\% \\ \frac{3840}{\sqrt{\text{Span}}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Span} = 2100$$

$$\text{porcentaje} = 67\%$$

$$As_sum_pos = 9.897 \text{ cm}^2$$

$$As_transv := \max(\text{porcentaje} \times As_sum_pos, Asmin)$$

$$As_transv = 6.6 \text{ cm}^2$$

$$\phi_4 := \frac{1}{2} \text{ in} \quad \text{paso4} := 0.175 \text{ m}$$

Refuerzo longitudinal superior

Acero por temperatura

$$b_{losa} := 1 \text{ m}$$

$$As_{temp} := \max\left(0.0018e_{Losa}, 0.233 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}\right)$$

$$A_t := \frac{0.75 \cdot b_{losa} \cdot e_{Losa}}{2 \cdot (b_{losa} + e_{Losa}) \cdot f_y \div \text{MPa}}$$

$$A_t = 0.152 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

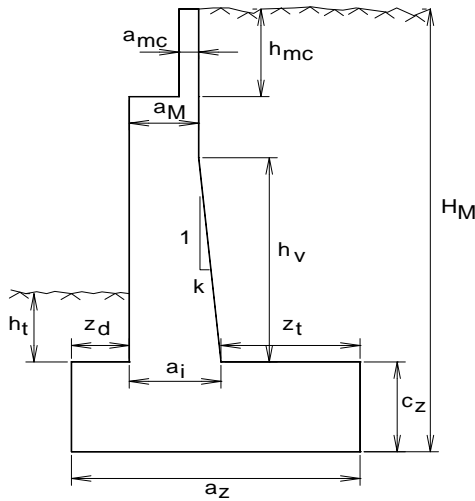
$$A_t := \begin{cases} A_t & \text{if } As_{temp} \leq A_t < 1.27 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \\ As_{temp} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$A_t = 3.6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\phi_5 := \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$\text{paso4} := 0.175 \text{ m}$$

Diseño del Estribo



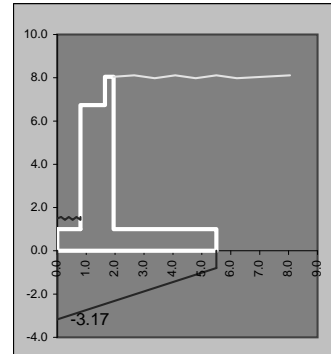
- $H_M = 8.05\text{m}$
- $a_z = 5.50\text{m}$
- $h_{mc} = 1.31\text{m}$
- $a_{mc} = 0.30\text{m}$
- $a_M = 1.15\text{m}$
- $h_v = 0.00\text{m}$
- $k = 0$
- $z_d = 0.80\text{m}$
- $c_z = 1.00\text{m}$
- $a_i = 1.150\text{m}$
- $z_t = 3.55\text{m}$
- $h_t = 0.50\text{m}$
- ángulo de fricción del relleno $\phi = 33^\circ$
- ángulo relleno muro $\delta = 16.50^\circ$
- α de fricción del terreno con el muro = 30°
- Coefficiente de Aceleración = 0.32
- Coef.sismico = 0.16
- coef hz = 0.160
- coef vert = 0.080
- coef. fricción $f = 0.577$
- Long. Muro (m) 1.00

	Carga (kN)	Bra Hz (m)	Bra Ver (m)
Carga vertical permanente externa	103.089	1.2	6.74
Carga vertical variable externa	84.67	1.2	
Fuerza de Frenado	8.291		9.85
Carga sísmica horizontal externa	46.536		6.737

(Teoría de Coulomb- superficies de presión irregulares)

- $K_a = 0.267$
- p.e. relleno = 19.0 kN/m^3
- p.e. concreto = 25.0 kN/m^3
- $\sigma_{adm} = 4.00\text{ kgf/cm}^2$
- $\text{Empuje} = 0.5 \times 0.267 \times 19 \times 8.05^2 \times 1 = 164.438\text{ kN}$
- $E_h = 164.438 \times \cos(16.5) = 157.667\text{ kN}$
- $E_v = 164.438 \times \text{seno}(16.5) = 46.703\text{ kN}$

Altura equivalente de suelo para la carga vehicular de estribos use $h_{eq} = 0.60\text{m}$
 $W_L = 11.40\text{ kN/m}^2$



Cargas verticales y horizontales no factoradas

	Cargas verticales Items	Fuerza (kN)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
1	DC Peso muro	312.29	1.994	622.64
2	EV Peso relleno	475.52	3.725	1771.32
3	DC Carga vertical permanente externa	103.09	1.2	123.71
4	LL Carga vertical variable externa	84.67	1.2	101.60
5	EH Comp.vert. Empuje	46.70	5.5	256.87
6	LS SC sobre relleno	40.47	3.73	150.75
2	EV Peso relleno en punta	7.60	0.4	3.04

	Cargas horizontales Items	Fuerza (kN)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
1	EH Comp.hz Empuje	157.67	2.683	423.07
2	LS Empuje por sobrecarga	24.51	4.025	98.66
3	EQ Empuje tierra por sismo (Mononobe Okabe)	60.38	4.025	243.04
4	EQ Fuerza inercial del muro + relleno	126.05	3.721	469.02
5	BR Fza de Frenado	8.29	9.850	81.67
6	CR+SH+TU Fluenc, contrac,temp	10.31	6.737	69.45
7	EQ Carga sísmica horizontal externa	46.54	6.737	313.51

Diseño del Estribo

coef hz = 0.16
coef vert = 0.08

$$k_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^2} \quad k_{AE} = 0.3850$$

$$E_{AE} = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (1 - K_v) \cdot K_{AE} \quad E_{AE} = 218.05 \text{ kN}$$

(EH) $E_{\text{activo}} = 157.67 \text{ kN}$ (empuje activo horizontal de tierras, utilizado para el evento extremo I)
 $\Delta E = 60.38 \text{ kN}$ (empuje de tierras debido al sismo - empuje de tierras sin sismo)

Combinaciones de Carga

	DC	EV	EH*	LL	BR	LS	CR+SH+TU	EQ
Resistencia I	1.25	1.35	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	0.00
Resistencia Ia	0.90	1.00	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	0.00
Resistencia III	1.25	1.35	1.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Resistencia IIIa	0.90	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Evento Extremo I	1.25	1.35	1.50	0.50	0.50	0.50	0.00	1.00
Evento Extremo Ia	0.90	1.00	1.50	0.00	0.50	0.50	0.00	1.00

maximo minimo
* 1.35 0.90 Coeficiente de reposo
1.50 0.90 Coeficiente activo

Cargas de diseño factoradas

Cargas verticales Vu (kN)

Items	1	2	3	4	5	6	
Notación	DC	EV	DC	LL	EH	LS	V _u
V _n	312.29	483.12	103.09	84.67	46.70	40.47	Total
Resistencia I	390.36	652.22	128.86	148.17	70.05	70.82	1460.48
Resistencia Ia	281.06	483.12	92.78	148.17	70.05	0.00	1075.19
Resistencia III	390.36	652.22	128.86	0.00	70.05	0.00	1241.49
Resistencia IIIa	281.06	483.12	92.78	0.00	70.05	0.00	927.01
Evento Extremo I	390.36	652.22	128.86	42.34	70.05	20.24	1304.06
Evento Extremo Ia	281.06	483.12	92.78	0.00	70.05	20.24	947.25
Servicio I	312.29	483.12	103.09	84.67	46.70	40.47	1070.34

Momento debido a Vu (kN.m)

Items	1	2	3	4	5	6	7	
Notación	DC	EV	DC	LL	EH	LS	EQ	M _{Vu}
M _{Vn}	622.64	1774.36	123.71	101.60	256.87	150.75	3.04	Total
Resistencia I	778.30	2395.39	154.63	177.81	385.30	263.81		4155.24
Resistencia Ia	560.38	1774.36	111.34	177.81	385.30	0.00		3009.18
Resistencia III	778.30	2395.39	154.63	0.00	385.30	0.00		3713.62
Resistencia IIIa	560.38	1774.36	111.34	0.00	385.30	0.00		2831.37
Evento Extremo I	778.30	2395.39	154.63	50.80	385.30	75.38		3839.80
Evento Extremo Ia	560.38	1774.36	111.34	0.00	385.30	75.38		2906.75
Servicio I	622.64	1774.36	123.71	101.60	256.87	150.75		3029.93

Cargas horizontales Hu (kN)

Items	1	2	3	4	5	6	7	
Notación	EH	LS	EQ	EQ	BR	CR+SH+TU	EQ	H _u
H _n	157.67	24.51	60.38	126.05	8.29	10.31	46.54	Total
Resistencia I	236.50	42.90	0.00	0.00	14.51	5.15	0.00	299.06
Resistencia Ia	236.50	42.90	0.00	0.00	14.51	5.15	0.00	299.06
Resistencia III	236.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.15	0.00	241.65
Resistencia IIIa	236.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.15	0.00	241.65
Evento Extremo I	236.50	12.26	60.38	126.05	4.15	0.00	46.54	485.87
Evento Extremo Ia	236.50	12.26	60.38	126.05	4.15	0.00	46.54	485.87
Servicio I	157.67	24.51	0.00	0.00	8.29	10.31	0.00	200.78

Diseño del Estribo

Momento debido a Hu (kN.m)

Ítems	1	2	3	4	5	6	7	
Notación	EH	LS	EQ	EQ	BR	CR+SH+TU	EQ	M _{Hu}
M _{Hn}	423.07	98.66	243.04	469.02	81.67	69.45	313.51	Total
Resistencia I	634.61	172.66	0.00	0.00	142.92	34.73	0.00	984.91
Resistencia Ia	634.61	172.66	0.00	0.00	142.92	34.73	0.00	984.91
Resistencia III	634.61	0.00	0.00	0.00	0.00	34.73	0.00	669.33
Resistencia IIIa	634.61	0.00	0.00	0.00	0.00	34.73	0.00	669.33
Evento Extremo I	634.61	49.33	243.04	469.02	40.83	0.00	313.51	1750.35
Evento Extremo Ia	634.61	49.33	243.04	469.02	40.83	0.00	313.51	1750.35
Servicio I	423.07	98.66	0.00	0.00	81.67	69.45	0.00	672.85

Estabilidad y condiciones de seguridad

Deberán satisfacerse tres condiciones: Excentricidad, Deslizamiento y capacidad de portante

Excentricidad

	V _L	H _L	M _v	M _H	X _o	e	e _{máx}	Margen de diseño %
Resistencia I	1460.48	299.06	4155.24	984.91	2.171	0.579	1.375	57.87
Resistencia Ia	1075.19	299.06	3009.18	984.91	1.883	0.867	1.375	36.92
Resistencia III	1241.49	241.65	3713.62	669.33	2.452	0.298	1.375	78.34
Resistencia IIIa	927.01	241.65	2831.37	669.33	2.332	0.418	1.375	69.62
Evento Extremo I	1304.06	485.87	3839.80	1750.35	1.602	1.148	1.833	37.40
Evento Extremo Ia	947.25	485.87	2906.75	1750.35	1.221	1.529	1.833	16.59
Servicio I	1070.34		3029.93	672.85	2.202	0.548		

Deslizamiento

	V _L	u	F _r	Φ _s	Φ _s .F _r	H _L	Margen de diseño %
Resistencia I	1460.48	0.58	842.70	0.80	674.159	299.06	55.64
Resistencia Ia	1075.19	0.58	620.38	0.80	496.306	299.06	39.74
Resistencia III	1241.49	0.58	716.34	0.80	573.071	241.65	57.83
Resistencia IIIa	927.01	0.58	534.89	0.80	427.910	241.65	43.53
Evento Extremo I	1304.06	0.58	752.44	1.00	752.442	485.87	35.43
Evento Extremo Ia	947.25	0.58	546.56	1.00	546.56	485.87	11.10

Capacidad portante

$$\sigma_{\text{útl}} = FS \cdot \sigma_{\text{adm}} \cdot \phi_r = 0.530 \text{ MPa}$$

Presión trapezoidal

Presión rectangular equivalente

	(1) V _L /B	(2) 6V _L .e/B ²	σ _{máx} (Mpa)	σ _{min} (Mpa)	Long. Comprimida	σ _m (Mpa)	
Resistencia I	265.54	167.80	0.433	0.098	5.500	0.336	< 0.53
Resistencia Ia	195.49	184.96	0.380	0.011	5.500	0.286	< 0.53
Resistencia III	225.73	73.35	0.299	0.152	5.500	0.253	< 0.53
Resistencia IIIa	168.55	76.81	0.245	0.092	5.500	0.199	< 0.53
Evento Extremo I	237.10	296.87	0.543	0.000	4.807	0.407	< 0.53
Servicio I	194.61	116.30	0.311	0.078	5.500	0.243	< 0.392

Diseño del Estribo

DI SEÑO

altura zapata = 1.00m fy = 420 MPa
 espesor garganta pantalla = 1.15m f'c = 21 MPa
 long punta = 0.80m
 long. Talon = 3.55m

H = 8.05m

ZAPATA ANTERIOR (PUNTA)

Considerando zapata flexible

Evento Extremo I

Mu = 154.0 kN.m
 d = 94.2 cm 1.2M_{cr} = 577.4 kN.m
 A_s = 3.91 cm² A_{s_{cr}} = 16.56 cm²

Familia	φ ₁
φ(pulg)	5/8
sep(cm)	15.0 cm
Adisp ^(*)	13.20

Zapata rígida

USE A_s = 11.03 cm²

se resuelve por el método puntal tirante

	σ _{máx} (kN/m ²)	σ _{min} (kN/m ²)	Long. Comprimida	σ _d (kN/m ²)	R1d (kN)	x1 (m)	0.85*d (x)	T (kN)	A _s (cm ²)
Resistencia I	433.34	97.74	5.500	366.99	401.19	0.560	0.801	280.62	7.42
Resistencia Ia	380.45	10.53	5.500	307.30	349.50	0.564	0.801	246.34	6.52
Resistencia III	299.08	152.38	5.500	270.07	275.49	0.554	0.801	190.65	5.04
Resistencia IIIa	245.36	91.74	5.500	214.98	225.84	0.557	0.801	157.11	4.16
Evento Extremo I	542.59	0.00	4.807	419.83	489.33	0.568	0.801	347.41	8.27

ZAPATA POSTERIOR (TALON)

	σ _{máx} (kN/m ²)	σ _{min} (kN/m ²)	Long. Comprimida	σ _d (kN/m ²)	Md (kN.m)	A _s cm ²	A _{s_{min}} cm ²	A _{s_{requer.}} cm ²
Resistencia I	433.34	97.74	5.500	314.36	391.22	11.17	16.59	14.89
Resistencia Ia	380.45	10.53	5.500	249.29	417.97	11.94	16.59	15.92
Resistencia III	299.08	152.38	5.500	247.06	177.34	5.02	16.59	6.70
Resistencia IIIa	245.36	91.74	5.500	190.89	199.50	5.65	16.59	7.54
Evento Extremo I	542.59	0.00	4.807	322.47	933.66	24.39	16.59	24.39

USE A_s = 24.39 cm²

Familia	φ ₂
φ(pulg)	3/4
sep(cm)	10.0 cm
Adisp ^(*)	28.50

Fisuración (SERVICIO I)

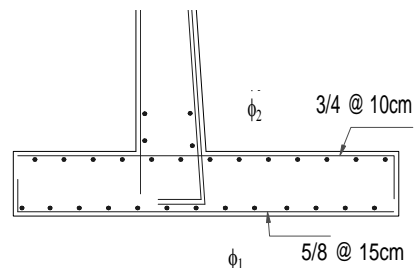
M = 264.65 kN.m Es = 200000 Mpa
 A_{s_{dispuesto}} = 28.50 cm² Ec = 23168.34 MPa
 n = 8.6 relación modular
 fs = 105.98 MPa Esfuerzo actuante en el acero
 γ_c = 0.500 para estructuras enterradas y en contacto con el agua
 β_s = 1.075
 Espac.máx = 300 mm

Refuerzo transversal

Se suministrará en las superficies expuestas por efecto de contracción y temperatura

$$A_s \geq \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b + h) \cdot f_y} \quad A_s > 7.55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

USE φ 5/8 @ 25cm



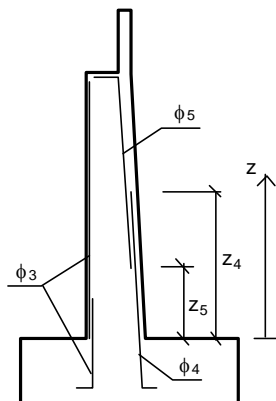
Diseño del Estribo

Cálculo a FlexoCompresión de la Pantalla

$h = 7.05\text{m}$

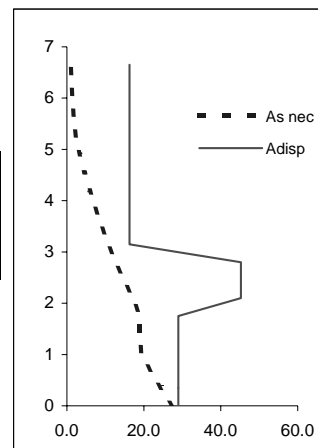
por Resistencia $M_u = 720.2 \text{ kN.m}$ $N_u = 503.873 \text{ kN}$ \Rightarrow $\eta = 0.95$ $A_s = 17.87 \text{ cm}^2$

Por evento Extremo $M_u = 1220.7 \text{ kN.m}$ \Rightarrow $A_s = 27.55 \text{ cm}^2$



Familia	φ ₃	φ ₄	φ ₅
φ(pulg)	5/8	1	3/4
sep(cm)	17.5 cm	17.5 cm	17.5 cm
Adisp ^(*)	11.31	28.95	

Intervalo de armadura	
z ₄ (m)	3.20
z ₅ (m)	1.40



Comprobación a cortante

$V_u = 184.076 \text{ kN}$
 $d_v = 97.857 \text{ cm}$
 $ag = 3/4 \text{ in}$
 $\epsilon_x (\times 10^3) = 0.957$
 $s_{xe} = 977 \text{ mm}$

$\theta = 52.6$
 $\beta = 1.6$

$V_c = 595.52 \text{ BIEN}$

(Tamaño del agregado)

Comprobación a Fisuración

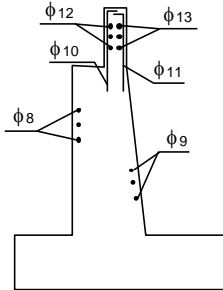
$M = 492.37 \text{ kN.m}$
 $A_{s \text{ dispuesto}} = 28.95 \text{ cm}^2$
 $n = 8.6$
 $f_s = 167.11 \text{ MPa}$
 $\gamma_c = 0.500$
 $\beta_s = 1.065$
 $\text{Espac.máx} = 24.6 \text{ cm}$

$E_s = 200000 \text{ Mpa}$
 $E_c = 23168.34 \text{ MPa}$

relación modular
 Esfuerzo actuante en el acero

Diseño del Estribo

Resto de armadura



espesor del muro contra = 0.30m
 cuantía geométrica horizontal de muro= 2.00 o/oo
 cuantía geométrica vertical de muro= 1.80 o/oo

Familia	$\phi_8 + \phi_9$		$\phi_{10} + \phi_{11}$		$\phi_{12} + \phi_{13}$	
Anec ^(*) (cm)	23.0		5.4		6.0	
ϕ (in)	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2
sep(cm)	15.0	15.0	17.5	17.5	20.0	20.0
Adisp (cm)	26.4		18.5		12.7	

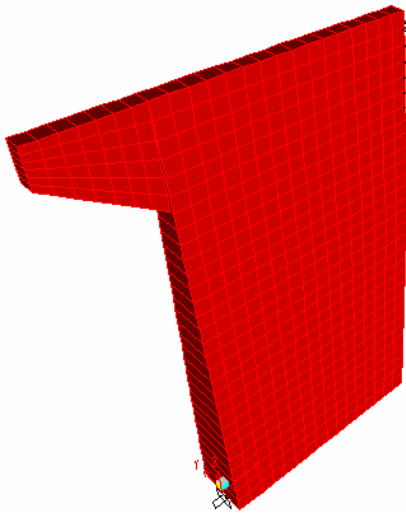
(*) Armadura necesaria estrictamente por cuantía geométrica

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

PUENTE POTRERILLO

Diseño del Muro Lateral



$$h := 7.362\text{m}$$

$$\gamma_s := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$h_{eq} = 0.6\text{m}$$

$$sc = 12 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$h_{estribo}$	h_{eq}
1.5	1.2
3	0.9
6	0.6

ángulo de fricción interna $\phi := 33\text{deg}$

ángulo del relleno con la horizontal $\beta := 0\text{deg}$

ángulo de fricción entre relleno y muro $\delta := 30\text{deg}$

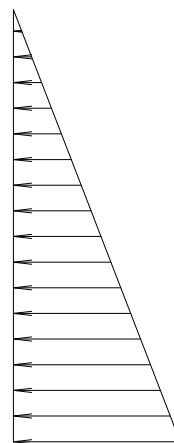
ángulo que forma el respaldo del muro respecto a la horizontal

$$\theta := \text{atan}\left(\frac{12.5}{1}\right)$$

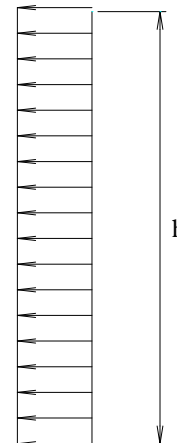
(€
S

coeficiente de empuje de reposo

$$k_o := 1 - \sin(\phi) \quad k_o = 0.455 \quad \theta = 85.43 \cdot \text{deg}$$



$\gamma_s \cdot k_o \cdot h$



$sc \cdot k_o$

Coeficiente de empuje activo

$$k_a := \frac{(\sin(\theta + \phi))^2}{(\sin(\theta))^2 \cdot \sin(\theta - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\theta - \delta) \cdot \sin(\theta + \beta)}}\right)^2}$$

$$k_a = 0.302$$

presión inferior

$$p_{inferior} := \gamma_s \times k_o \times h + sc \times k_o$$

$$p_{inferior} = 72.512 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{superior} := sc \times k_o$$

$$p_{superior} = 5.464 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

para el ingreso de cargas en el SAP2000

Value =

$$Ax + By + Cz + D$$

el valor de la presión es independiente de x e y

Value =

$$C \cdot z + D$$

cuando

$$z := 0$$

$$\text{Value} := p_{inferior}$$

$$D := \text{Value}$$

$$D = 72.512 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$z := h$$

$$\text{Value} := p_{superior}$$

$$C := \frac{(\text{Value} - D)}{z}$$

$$C = -9.107 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

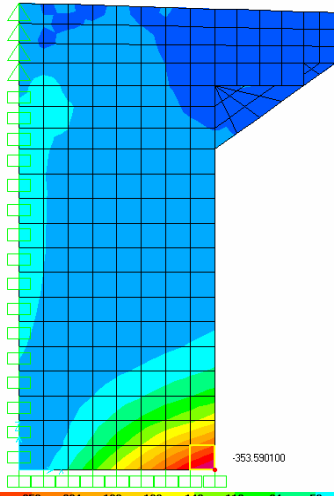
CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

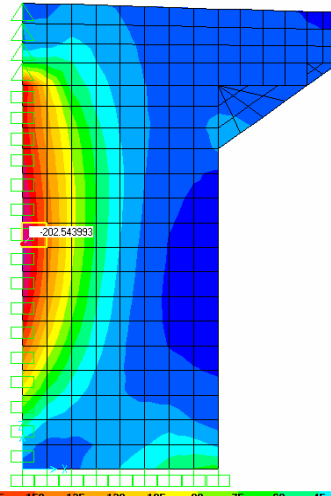
coeficiente de mayoración

$$\gamma_Q := 1.35 \rightarrow 1.35$$

Superficie de Momento vertical



Superficie de Momento horizontal



$$f_y := 420 \text{ MPa}$$

$$f'_c := 21 \text{ MPa} \quad c := 0.05 \text{ m} \quad (\text{recubrimiento})$$

Refuerzo Vertical Negativo (trasdos) en la base $z=0\text{m}$

canto al pie del muro

$$h := 0.98 \text{ m}$$

$$M_{d_{\text{neg1}}} := 353.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$d := h - c - \frac{5}{8} \cdot \text{in} - 0.5 \cdot \phi_1 \quad d = 0.905 \text{ m} \quad b := 100 \text{ cm}$$

Armadura Requerida

$$A_{s_{\text{min}}} = 26.2 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{\text{neg1}}} = 18.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_1 = \frac{3}{4} \cdot \text{in} \quad s_{\text{tr1}} := 15 \text{ cm}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Estado Límite de Fisuración

Momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 261.926 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{\text{cr}} = 1045768.053 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 0.157 \text{ m}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{\text{sact}} = 161.716 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_{\text{c}} = 0.6$
Parámetro	$\beta_{\text{s}} = 1.092$
Espaciamiento mínimo del refuerzo por requerimiento de fisuramiento	$\text{sep} = 0.3 \text{ m}$

Lo que indica que la separación suministrada es adecuada

Refuerzo Vertical Negativo (trasdos)

para $z=2.00\text{m}$

canto del muro

$$h := 0.82\text{m}$$

$$M_{\text{d}_{\text{neg}2}} := 72.70\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$d := h - c - \frac{5}{8} \cdot \text{in} - 0.5 \cdot \phi_2$$

$$d = 0.746 \text{ m}$$

$$b := 100\text{cm}$$

Armadura requerida

$$A_{\text{s}_{\text{min}}} = 14.1 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{s}_{\text{neg}2}} = 2.588 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_2 = \frac{5}{8} \cdot \text{in} \quad s_{\text{tr}} := 15\text{cm}$$

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocho - Puente Pallar

Estado Límite de Fisuración

A

Momento máximo para el estado límite de servicio	$M_2 = 53.852 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{\text{cr}} = 504249.211 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 0.119 \text{ m}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{\text{act}}} = 57.776 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.6$
Parámetro	$\beta_s = 1.109$
Espaciamiento mínimo del refuerzo por requerimiento de fisuramiento	$\text{sep} = 0.3 \text{ m}$

Lo que indica que la separación suministrada es adecuada

Refuerzo Horizontal Negativo (trasdos)

$$M_{d_{\text{hz_neg}}} := 202.54 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad h := 0.68 \text{ m} \quad \phi_3 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$A_{s_{\text{min}}} = 9.675 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{\text{neg}}} = 8.8 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{USAR} \quad A_{s_{\text{neg}}} = 9.675 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_3 = \frac{5}{8} \cdot \text{in} \quad s_{\text{tr}} := 15 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\text{suministrado2}}} = 13.196 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

A

Estado Límite de Fisuración

Esfuerzo actuante en el acero	
Momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 150.03 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{\text{cr}} = 343008.279 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 0.108 \text{ m}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{\text{act}}} = 194.024 \cdot \text{MPa}$

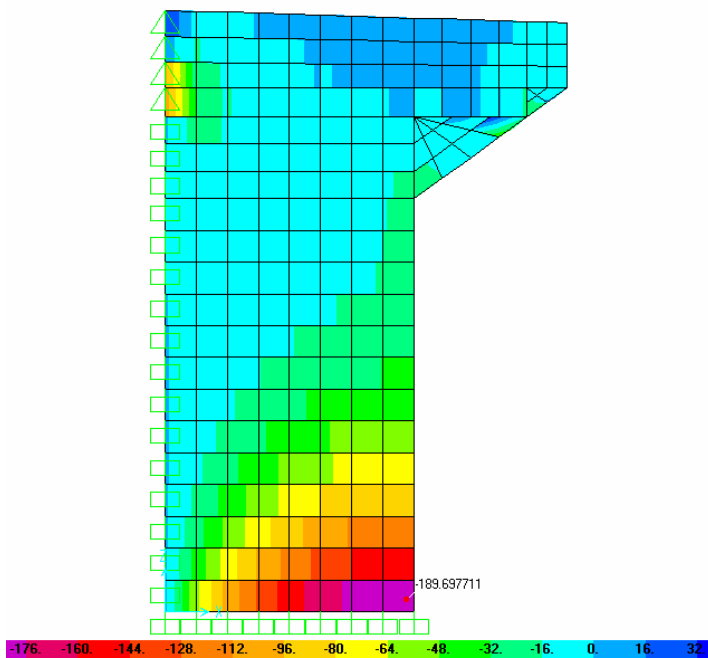
CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar

Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.6$
Parámetro	$\beta_s = 1.133$
Espaciamiento mínimo del refuerzo por requerimiento de fisuramiento	$sep = 0.22 \text{ m}$

luego observamos que la separación suministrada es adecuada

Verificación por Corte



$h :=$

$$V_u := 189.7 \text{ kN}$$

$$h = 0.98 \text{ m}$$

$$d := h - c - \phi_3 - 0.5 \cdot \phi_1$$

$$d = 905 \cdot \text{mm}$$

$$d_v := \max(0.9 \cdot d, 0.72 \cdot h, d - a_1)$$

$$d_v = 880 \cdot \text{mm}$$

$$b_v := 1000 \text{ mm}$$

$$\phi_f := 0.9$$

$$\phi_c := 0.9$$

$$d_v = 0.88 \text{ m} \quad b_v := 1 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 1.557 \times 10^{-3} \quad s_x = 150 \cdot \text{mm}$$

$$\beta = 2.215 \quad \theta = 34.4 \cdot \text{deg}$$

$$V_c := 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_v \cdot d_v \cdot \text{MPa}$$

$$V_c = 741.193 \cdot \text{kN}$$

Nota = "Por inspección, observamos que no se requiere refuerzo de corte"

CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

Estudio Definitivo de Mejoramiento y Construcción de la Carretera Ruta 10:
Tramo Huamachuco - Pte. Pallar - Juanjui
Sector: Huamachuco - Sacsacochoa - Puente Pallar

Segun AASHTO 5.8.3.5 se debe verificar la demanda adicional de en el refuerzo longitudinal causado por la fuerza de corte.

$$\text{Demanda} := \frac{M_{d_{neg1}}}{d_v \cdot \phi_f} + \left(\frac{V_u}{\phi_c} - 0.5 \cdot V_s \right) \cdot \cot(\theta) \quad V_s = 0.00 \cdot \text{kN}$$

$$A_{sn} := \frac{\text{Demanda}}{f_y} \quad A_{sn} = 17.9 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{suministrado}} = 19 \cdot \text{cm}^2 \quad (\text{refuerzo suministrado por flexión})$$