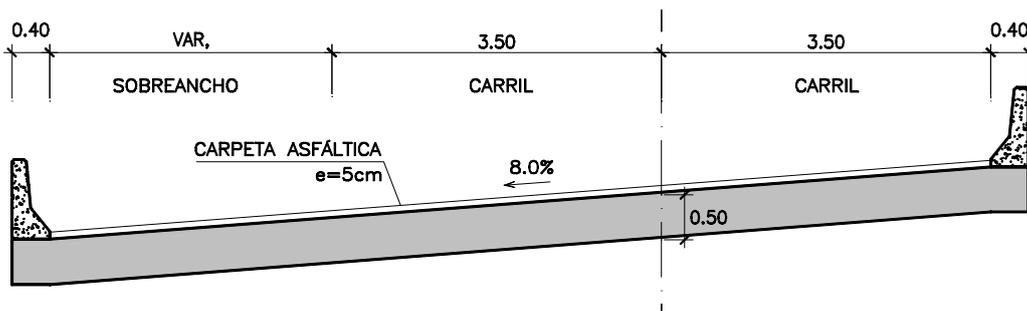
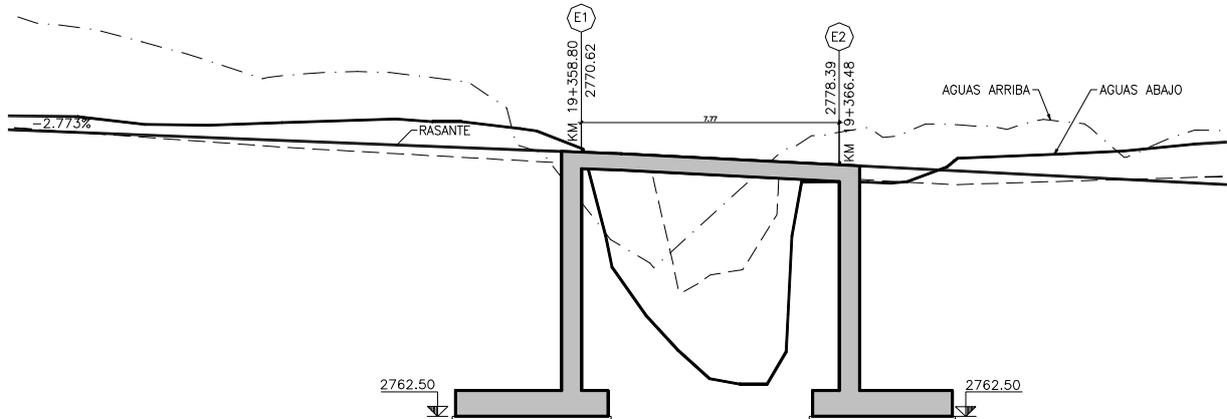


# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

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

## PONTÓN ANAMUELLE

Puente tipo Losa de canto variable integrado a los estribos



En el presente proyecto se tomó las siguientes dimensiones:

en la base de la columna	$h_{\text{foot}} := 0.60\text{m}$
en el extremo superior de la columna	$h_{\text{top}} := 0.60\text{m}$
en el extremo de la viga	$h_{\text{end}} := 0.50\text{m}$
en el centro de luz	$h_{\text{mid}} := 0.50\text{m}$

### ANALISIS

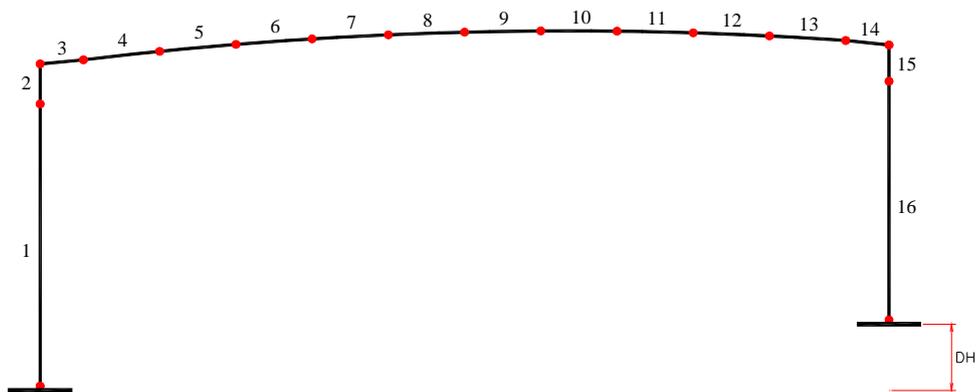
La estructura es evaluada usando el siguiente modelo matemático. Se analiza al pórtico en el plano, para ello se divide el pórtico en dovelas, de manera que muestre la curvatura de sus centroides. La evaluación de las fuerzas internas es evaluado con el programa electrónico SAP2000, consideramos que la estructura se encuentra restringido tanto de desplazamiento como de giro en los extremos inferiores de las columnas (empotrado). En el análisis se considera la unión entre la viga y la columna totalmente rígida, por lo que para el modelo matemático consideramos brazos rígidos medidos desde el punto de encuentro de los ejes columna-viga hasta la cara de la columna.

# 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

Las cargas actuantes son las debidas al peso propio, al peso muerto, al empuje del relleno y de la sobrecarga de relleno, asi como también la sobrecarga vigente aprobada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones

## ANALISIS BIDIMENSIONAL CON ELEMENTOS TIPO FRAME



### Datos Previos

Luz libre	Claro := 7.50m	pendiente := -4.969%	DH := 0m
Longitud del puente	$L := \text{Claro} + 2 \cdot h_{\text{top}}$ L = 8.7 m	$L_{\text{mid}} := \text{Claro} + h_{\text{top}}$ L <sub>mid</sub> = 8.1 m	
ancho total del tablero	w <sub>deck</sub> := 10.30m	Concreto losa	f <sub>closa</sub> := 28MPa
ancho de calzada	w <sub>roadway</sub> := 9.50m	Concreto estribo	f <sub>cestr</sub> := 28MPa
		Concreto zapata	f <sub>czap</sub> := 21MPa
Peso barrera (una)	p <sub>barrera</sub> := 5.00 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$	bombeo := 0.0%	
Peso baranda peatonal (una)	p <sub>bar_peat</sub> := 0.00 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$		
Peso vereda (una)	p <sub>vereda</sub> := 0.00 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$		
espesor de carpeta asfáltica	t <sub>fvs</sub> := 75mm (sólo para fines de cálculo)		
ancho de veredas	W <sub>vereda_izq</sub> := 0.00m	W <sub>vereda_der</sub> := W <sub>vereda_izq</sub>	
Altura de relleno	Hr := 0.00m		
	Nro_vías := floor( $\frac{w_{\text{roadway}}}{3.60\text{m}}$ )	Nro_vías = 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

Según recomendación del AASHTO, el espesor de la losa podrá tomarse:

$$e_{\text{losa}} := \frac{(L_{\text{mid}} + 3000\text{mm})}{30} \quad e_{\text{losa}} = 0.37 \text{ m}$$

## Cálculo de las propiedades geométricas del tablero

Número de dovelas  $nd := 10$   $span := \frac{\text{Claro}}{nd}$   $span = 0.75 \text{ m}$

ancho efectivo de la losa  $b_{\text{ef}} := 1000\text{mm}$

$$h(x) := \frac{4}{\text{Claro}^2} \cdot (h_{\text{end}} - h_{\text{mid}}) \cdot \left(x - \frac{\text{Claro}}{2}\right)^2 + h_{\text{mid}}$$

$$Ag_i := b_{\text{ef}} \cdot h(i \times \text{span})$$

$$yb_i := \frac{h(i \times \text{span})}{2} \quad yt_i := h(i \times \text{span}) - yb_i$$

$$Ig_i := \frac{b_{\text{ef}} \times (h(i \times \text{span}))^3}{12}$$

$i \cdot \text{span} =$	$h(i \times \text{span}) =$	$yb_i =$	$Ag_i =$	$Ig_i =$
0.000	0.500	0.250	0.500	0.0104
0.750	0.500	0.250	0.500	0.0104
1.500	0.500	0.250	0.500	0.0104
2.250	0.500	0.250	0.500	0.0104
3.000	0.500	0.250	0.500	0.0104
3.750	0.500	0.250	0.500	0.0104
4.500	0.500	0.250	0.500	0.0104
5.250	0.500	0.250	0.500	0.0104
6.000	0.500	0.250	0.500	0.0104
6.750	0.500	0.250	0.500	0.0104
7.500	0.500	0.250	0.500	0.0104

# 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

## Propiedades Geométricas de la Columna

en la base de la columna  $h_{\text{foot}} = 600 \cdot \text{mm}$

en el extremo superior de la columna  $h_{\text{top}} = 600 \cdot \text{mm}$

Número de dovelas  $\text{ndc} := 10$

altura libre de la columna  $H_f := 6.82\text{m}$   $\text{spanv} := \frac{H_f}{\text{ndc}}$

ancho efectivo de la columna  $b_{\text{ef}} := 1000\text{mm}$

$$\text{Ch}(z) := z \cdot \frac{(h_{\text{top}} - h_{\text{foot}})}{H_f} + h_{\text{foot}}$$

$$\text{Ag}_{c_j} := b_{\text{ef}} \cdot \text{Ch}(j \cdot \text{spanv})$$

$$y_{b_{c_j}} := \frac{\text{Ch}(j \cdot \text{spanv})}{2}$$

$$\text{Ig}_{c_j} := \frac{b_{\text{ef}} \cdot (\text{Ch}(j \cdot \text{spanv}))^3}{12}$$

$j \cdot \text{spanv} =$	$\text{Ch}(j \cdot \text{spanv}) =$	$y_{b_{c_j}} =$	$\text{Ag}_{c_j} =$	$\text{Ig}_{c_j} =$
0.00 m	0.60 m	0.300 m	0.600 m <sup>2.000</sup>	0.0180 m <sup>4.0000</sup>
0.68	0.60	0.300	0.600	0.0180
1.36	0.60	0.300	0.600	0.0180
2.05	0.60	0.300	0.600	0.0180
2.73	0.60	0.300	0.600	0.0180
3.41	0.60	0.300	0.600	0.0180
4.09	0.60	0.300	0.600	0.0180
4.77	0.60	0.300	0.600	0.0180
5.46	0.60	0.300	0.600	0.0180
6.14	0.60	0.300	0.600	0.0180
6.82	0.60	0.300	0.600	0.0180

## Coordenadas de los Nudos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	NUDO
-4.050	-4.050	-4.050	-3.750	-3.000	-2.250	-1500	-0.750	0.000	0.750	1500	2.250	3.000	3.750	4.050	4.050	4.050	X
0.000	6.820	7.070	7.055	7.018	6.981	6.943	6.906	6.869	6.831	6.794	6.757	6.720	6.682	6.668	6.418	0.000	Z

## 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

### Determinación de acciones

peso específico del concreto	$\gamma_c := 25 \text{ kN} \div \text{m}^3$
peso específico del asfalto	$\gamma_a := 23 \text{ kN} \div \text{m}^3$
peso específico relleno	$\gamma_s := 19 \text{ kN} \div \text{m}^3$

### i) Cargas Permanentes

en el tablero

$$\text{Peso propio de la losa} \quad W_{CD_i} := A g_i \cdot \gamma_c$$

$$\text{dist}^T = (0 \quad 750 \quad 1500 \quad 2250 \quad 3000 \quad 3750 \quad 4500 \quad 5250 \quad 6000 \quad 6750 \quad 7500) \cdot \text{mm}$$

$$W_{CD}^T = (12.50 \quad 12.50 \quad 12.50) \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de la carpeta asfáltica} \quad W_w &:= t_{fws} \cdot \gamma_a \cdot b_{ef} & t_{fws} &= 0.08 \text{ m} \\ W_w &= 1.73 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Peso del relleno

Para el cálculo del peso del relleno se considerará las recomendaciones del AASHTO para estructuras enterradas, considerando la amplificación de la carga por efecto de la interacción Suelo - Estructura.

$$W_E := \gamma_s \cdot F_e \cdot 1 \text{ m} \cdot H_r \quad \text{carga de suelo total no mayorada}$$

$$B_c := \text{Claro} + 2 \cdot h_{\text{top}} \quad B_c = 8.70 \text{ m} \quad \text{ancho exterior de la alcantarilla}$$

$$F_e := 1 + 0.20 \cdot \frac{H_r}{B_c} \quad F_e = 1 \quad \text{Factor de interacción suelo - estructura}$$

$$W_{EV} := \gamma_s \cdot F_e \cdot b_{ef} \cdot H_r \quad W_{EV} = 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Cargas adicionales a ser aplicadas en la losa de borde

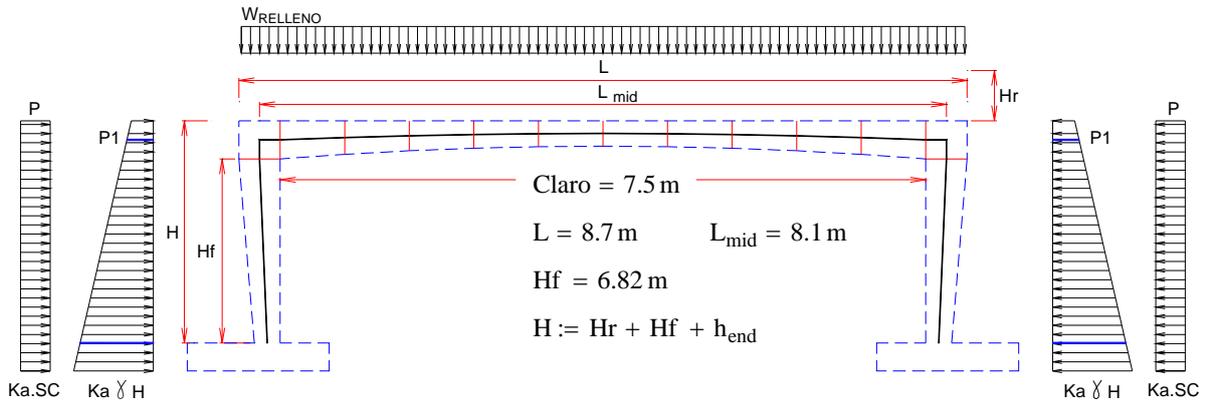
Peso de barandas, veredas, barreras de seguridad y formación de pendientes

$$\begin{aligned} W_{CD3\_ext} &:= p_{\text{barrera}} + p_{\text{bar\_peat}} + p_{\text{vereda}} + DC_{\text{bombeo}} & W_{CD3\_ext} &= 5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\ DC_{\text{bombeo}} &= 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

# 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

## ii) Cargas de presión de tierra



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

$$H = 7.32 \text{ m}$$

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

$$\text{sobrecarga} := h_{\text{eq}} \cdot \gamma_s \quad \text{sobrecarga} = 11.400 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

ángulo de fricción interna

$$\Phi := 33 \cdot \text{deg}$$

ángulo del relleno con la horizontal

$$\beta := 0 \text{ deg}$$

ángulo de fricción entre relleno y muro

$$\delta := 0 \text{ deg}$$

ángulo que forma el respaldo del muro respecto a la horizontal

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

Coefficiente de empuje activo

$$k_a := \frac{(\sin(\theta + \Phi))^2}{(\sin(\theta))^2 \cdot \sin(\theta - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \delta) \cdot \sin(\Phi - \beta)}{\sin(\theta - \delta) \cdot \sin(\theta + \beta)}}\right)^2} \quad k_a = 0.295$$

coeficiente de empuje de reposo

$$k_o := 1 - \sin(\Phi) \quad k_o = 0.455$$

# 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

*presión por efecto del relleno (considerando empuje activo):*

$$P0 := ka \cdot \gamma_s \cdot (Hr + yt_0) \cdot b_{ef} \quad P0 = 1.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura del extremo superior del eje de la viga})$$

$$P1 := ka \cdot \gamma_s \cdot (Hr + h_{end}) \cdot b_{ef} \quad P1 = 2.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura del extremo libre superior de la columna})$$

$$P2 := ka \cdot \gamma_s \cdot H \cdot b_{ef} \quad P2 = 41 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura de la base de la columna E1})$$

$$P2' := ka \cdot \gamma_s \cdot [H + (\text{Claro} + h_{top}) \cdot \text{pendiente}] \cdot b_{ef} \quad P2' = 38.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura de la base de la columna E2})$$

$$\text{por efecto de la sobrecarga} \quad P := ka \cdot \text{sobrecarga} \cdot b_{ef} \quad P = 3.36 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

*presión por efecto del relleno (considerando empuje de reposo):*

$$P0 := ko \cdot \gamma_s \cdot (Hr + yt_0) \cdot b_{ef} \quad P0 = 2.16 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura del extremo superior del eje de la viga})$$

$$P1 := ko \cdot \gamma_s \cdot (Hr + h_{end}) \cdot b_{ef} \quad P1 = 4.33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura del extremo libre superior de la columna})$$

$$P2 := ko \cdot \gamma_s \cdot H \cdot b_{ef} \quad P2 = 63.33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura de la base de la columna E1})$$

$$P2' := ko \cdot \gamma_s \cdot [H + (\text{Claro} + h_{top}) \cdot \text{pendiente}] \cdot b_{ef} \quad P2' = 59.85 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{a la altura de la base de la columna E2})$$

$$\text{por efecto de la sobrecarga} \quad P := ko \cdot \text{sobrecarga} \cdot b_{ef} \quad P = 5.19 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

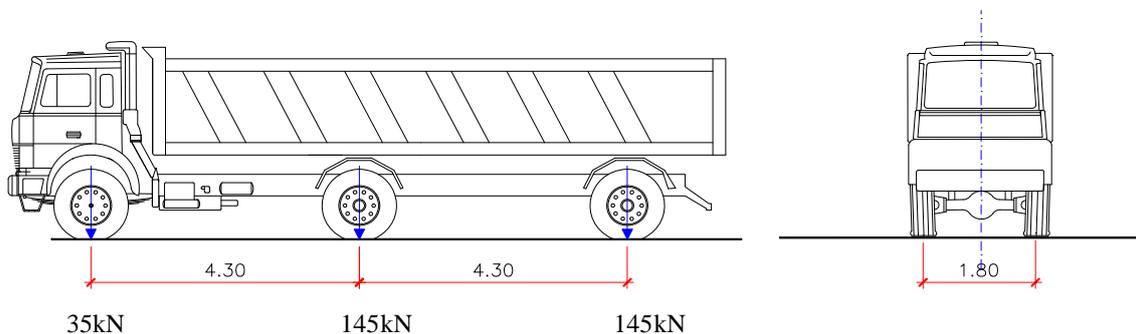
## Asentamiento

Se ha considerado en el modelo un asentamiento de 2.0 cm

## iii) sobrecarga

La sobrecarga de diseño es la HL93 del AASHTO LRFD

### CAMION



**TANDE** 110kN + 110kN espaciados en 1.20m  
**M**  
**CARRIL** 9.30kN/m por ancho de carril

## 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

### Factor de Amplificación dinámica (Impacto)

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 aplicara a las cargas peatonales ni a la carga de carril.

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

$$\text{IM}_{\text{fatiga}} := 15\%$$

### Ancho de distribución de la sobrecarga

$$L := \min(L_{\text{mid}}, 18000\text{mm}) \quad L = 8.1 \text{ m}$$

a) una línea cargada  $E_{\text{int}_1} := 250\text{mm} + 0.42 \cdot \sqrt{(L \cdot w_{\text{deck}})}$   $E_{\text{int}_1} = 4.09 \text{ m}$

b) varias líneas cargadas  $E_{\text{int}_2} := \min \left[ 2100 \cdot \text{mm} + 0.12 \cdot \sqrt{(L \cdot w_{\text{deck}})}, \frac{w_{\text{deck}}}{\text{Nro\_vías}} \right]$

$$E_{\text{int}_2} = 3.2 \text{ m}$$

$$w_{\text{deck}} = 10.3 \text{ m} \quad \text{Nro\_vías} = 2$$

$$E_{\text{int}} := \min \left( \frac{E_{\text{int}_1}}{1.20}, E_{\text{int}_2} \right) \quad E_{\text{int}} = 3.2 \text{ m}$$

para puentes esviados, el efecto de las fuerzas longitudinales pueden reducirse por el factor "r"

$$r := \min(1.05 - 0.25 \cdot \tan(\text{Skew}), 1)$$

$$r = 1$$

## 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

### iv) Efecto Sísmico

El puente será diseñado por efecto sísmico, para ello el puente será analizado dinámicamente mediante una aceleración espectral, considerando superposición modal con una combinación cuadrática CQC.

### ANALISIS SISMICO

del mapa de isoaceleraciones: **A=0.32g**

#### Clasificación e Importancia:

para puentes esenciales IC = I

Categoría del comportamiento sísmico **D**

Efecto del suelo TIPO: **I**

Coefficiente de Suelo: S= 1.0

Factor de Modificación de Respuesta: R= 2.0

por tratarse de un puente regular (configuración estructural regular), se puede usar el procedimiento I que considera un modo espectral o modo simple.

Para las combinaciones de fuerza sísmica en las direcciones ortogonales, se considerará 100% en una dirección y 30% en la otra dirección para tomar en cuenta la incertidumbre direccional del sismo.

Respuesta Espectral Sísmica (para un análisis dinámico)

$$C_{sm} = \frac{1.2A.S}{T_m^{2/3}}$$

T<sub>m</sub> = periodo del modo m de vibración

la aceleración espectral será:  $A_s = \frac{C.g}{R}$

El valor de C<sub>sm</sub>, no deberá exceder de 2.5A. Para suelos tipo III, en áreas donde donde el coeficiente A>=0.3, C<sub>sm</sub> no excederá de 2A

T <sub>m</sub>	C <sub>sm</sub>	A <sub>s</sub>
0.00	0.80	3.92
0.20	0.80	3.92
0.40	0.71	3.47
0.60	0.54	2.64
0.80	0.45	2.18
0.90	0.41	2.02
1.20	0.34	1.67
1.60	0.28	1.38
2.10	0.23	1.15
2.70	0.20	0.97
3.40	0.17	0.83

## 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

Las masas para efecto sismico serán:

masa por efecto de peso propio de la estructura, será considerada por el programa por defecto.

masa por efecto de cargas muertas:

$$\text{masa} := \frac{W_w \cdot \text{span} + W_{CD3\_ext} \cdot \text{span}}{g}$$

donde:

$$\text{span} = 0.75 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{masa} = 0.514 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$$

# 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

## 1.0 Datos previos

SC := "HL93"

Longitud del puente	$L_{mid} = 8.1 \text{ m}$	Luz Libre	Claro = 7.5 m
ancho total del tablero	$w_{deck} = 10.3 \text{ m}$		
ancho de calzada	$w_{roadway} = 9.5 \text{ m}$		
ángulo de esviamiento	Skew = 0·deg		
Calidad del concreto a los 28 días	$f_{c_{losa}} = 28 \cdot \text{MPa}$	$f_{c_{estr}} = 28 \cdot \text{MPa}$	
Acero Pasivo para la losa	$f_y := 420 \text{ MPa}$	$E_s := 200000 \text{ MPa}$	

## Factor de Presencia multiple

[A  
3.6.1.1.2]

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)*

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

## 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  $\gamma_i$  son los factores de carga y  $\phi$  es el factor de resistencia; Q representa los efectos de las fuerzas;  $R_n$  es la resistencia nominal;  $\eta$  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	$\eta_D := 0.95$	$\eta_R := 0.95$	$\eta_L := 1.05$
	$\eta_{resist} := \text{round}(\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L, 2)$		$\eta_{resist} = 0.95$
Estado límite de servicio	$\eta_D := 1.00$	$\eta_R := 1.00$	$\eta_L := 1.00$
	$\eta_{serv} := \text{round}(\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_L, 2)$		$\eta_{serv} = 1$

# 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) Combinaciones de Carga y Factores de Carga (AASHTO

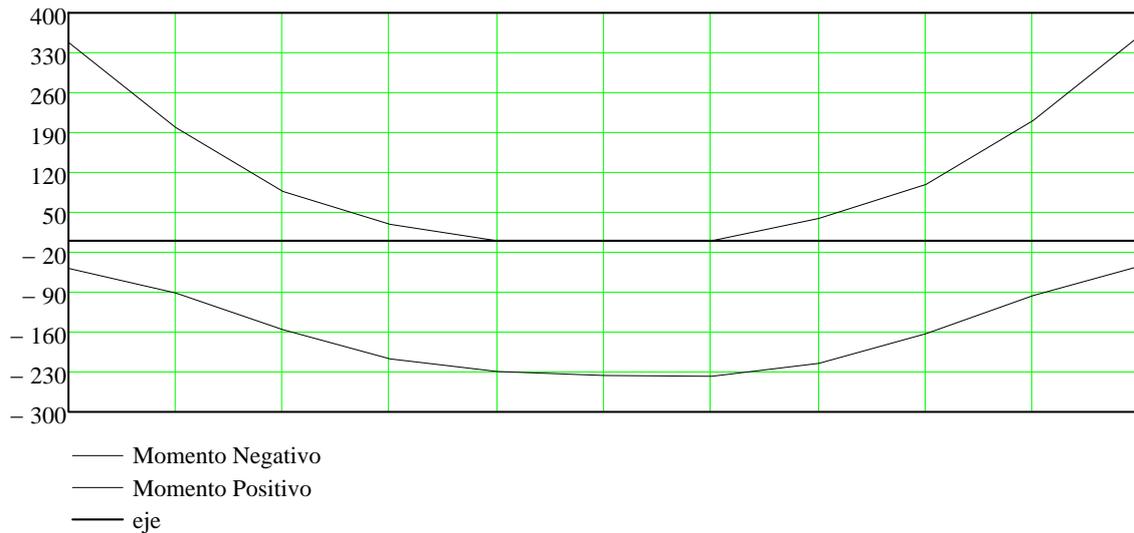
Tabla 3.4.1-1)

Estado Límite	DC	DW	LL	IM	EH	ES	EQ
Resistencia I	1.25-0.90	1.50-0.65	1.75	1.75	1.50-0.90 1.35-0.90	1.50- 0.75	-
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
Extremo I	1.25-0.90	1.50-0.65	0.00	0.00	1.50-0.90 1.35-0.90	1.50- 0.75	1.00
Fatiga	-	-	0.75	0.75	-	-	-

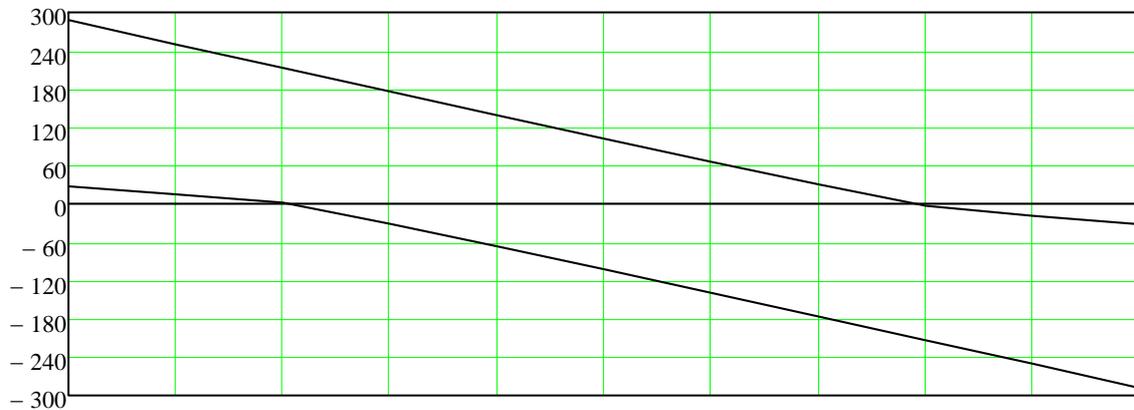
### Factor de Resistencia

Flexión  $\phi_r := 0.90$   
 Corte  $\phi_v := 0.90$   
 Compresión Axial  $\phi_c := 0.70$

### Ley de Momentos (m.kN)



### 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 - Sacsacocho - Puente Pallar

$i$ -span =	$Mu_{neg_i} =$	$Mu_{pos_i} =$	$V_{dis_i} =$	$N_{u_i} =$
0 m	-347.79 ·m·kN	48.47 ·m·kN	287.74 ·kN	-141.03 ·kN
0.75	-198.58	91.81	249.46	-142.16
1.5	-86.37	156.19	212.87	-145.93
2.25	-28.59	207.35	175.78	-147.36
3	0	229.37	138.6	-149.09
3.75	0	236.32	102.8	-153.12
4.5	0	237.73	139.66	-155.55
5.25	-39.18	215.07	176.86	-156.67
6	-98.78	162.95	214.02	-158.04
6.75	-211.12	96.18	250.75	-159.21
7.5	-360.62	44.22	288.94	-160.31

## Refuerzo mínimo

"Cualquier sección de un miembro sometido a flexión, el refuerzo de acero será el necesario para desarrollar un momento como mínimo 1.2 veces el momento de agrietamiento."

El requerimiento de refuerzo por agrietamiento, puede ser reemplazado si el refuerzo suministrado es 1/3 mayor que el refuerzo requerido por el análisis.

recubrimiento\_superior := 5.0cm

recubrimiento\_inferior := 4.0cm

variación de la armadura a lo largo del vano

$dist_i =$	$d_{t_i} =$	$Asmin_{neg_i} =$	$d_{b_i} =$	$Asmin_{pos_i} =$
0 m	0.44 m	10.30 ·cm <sup>2</sup>	0.45 m	10.06 ·cm <sup>2</sup>
0.75	0.44	10.30	0.45	10.06
1.5	0.44	10.30	0.45	10.06
2.25	0.44	10.30	0.45	10.06
3	0.44	10.30	0.45	10.06
3.75	0.44	10.30	0.45	10.06
4.5	0.44	10.30	0.45	10.06
5.25	0.44	10.30	0.45	10.06
6	0.44	10.30	0.45	10.06
6.75	0.44	10.30	0.45	10.06
7.5	0.44	10.30	0.45	10.06

# 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

Armadura necesario a lo largo del vano

$i \cdot \text{span} =$	$h(i \times \text{span}) =$	$Mu_{neg_i} =$	$As_{neg_i} =$	$Mu_{pos_i} =$	$As_{pos_i} =$
m	m	$\cdot kN \cdot m$	$\cdot cm^2$	$\cdot kN \cdot m$	$\cdot cm^2$
0	0.5	-347.79	22.02	48.47	2.88
0.75	0.5	-198.58	12.32	91.81	5.49
1.5	0.5	-86.37	5.28	156.19	9.41
2.25	0.5	-28.59	1.74	207.35	12.58
3	0.5	0	0	229.37	13.95
3.75	0.5	0	0	236.32	14.38
4.5	0.5	0	0	237.73	14.47
5.25	0.5	-39.18	2.38	215.07	13.06
6	0.5	-98.78	6.05	162.95	9.83
6.75	0.5	-211.12	13.12	96.18	5.75
7.5	0.5	-360.62	22.87	44.22	2.63

## Acero Dispuesto

### Negativo

en los extremos

$$\phi_1 := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$esp0 := \frac{0.25 \cdot \pi \cdot \phi_1^2 \cdot 1 \cdot m}{\max(As_{neg_0}, As_{min_{neg_0}})}$$

**USE  $\phi 3/4 @ 10$**

$$s_{tr1} := 10 \text{ cm}$$

en el centro de vano (por continuidad utilizamos lo mismo que el de los extremos)

$$\phi_2 := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$esp1 := \frac{0.25 \cdot \pi \cdot \phi_2^2 \cdot 1 \cdot m}{\max(As_{neg_5}, As_{min_{neg_5}})}$$

**USE  $\phi 3/4 @ 20$**

$$s_{tr2} := 20 \text{ cm}$$

### Positivo

en los extremos (por continuidad utilizamos lo mismo que en el centro de vano)

$$\phi_3 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$esp2 := \frac{0.25 \cdot \pi \cdot \phi_3^2 \cdot 1 \cdot m}{\max(As_{pos_0}, As_{min_{pos_0}})}$$

**USE  $\phi 5/8 @ 12.5$**

$$s_{tr3} := 12.5 \text{ cm}$$

en el centro de vano

$$\phi_4 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$esp3 := \frac{0.25 \cdot \pi \cdot \phi_4^2 \cdot 1 \cdot m}{\max(As_{pos_5}, As_{min_{pos_5}})}$$

**USE  $\phi 5/8 @ 12.5$**

$$s_{tr4} := 12.5 \text{ cm}$$

# 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 Fisuración

Momento negativo en el extremo de viga	$M_n := 278.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Momento positivo en el centro vano	$M_p := 162.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$

momento negativo

momento máximo para el estado límite de servicio	$M_n = 278.05 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr\_int} = 257923.07 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 113.64 \cdot \text{mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s\_act} = 244.24 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep\_min_{neg} = 134 \cdot \text{mm}$

momento positivo

momento máximo para el estado límite de servicio	$M_p = 162.37 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr\_int} = 165796.91 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 89.11 \cdot \text{mm}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s\_act} = 245.55 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
Espaciamiento mínimo del refuerzo, por requerimiento de fisuramiento	$sep\_min_{pos} = 165 \cdot \text{mm}$

## Refuerzo transversal

$$\%_{As} := \min\left(50, \frac{1750}{\sqrt{L_{mid} \div \text{mm}}}\right) \quad \%_{As} = 19.44$$

$$A_{s\_trasv} = 4.11 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_t := \frac{1}{2} \text{ in} \quad esp1 := \frac{0.25 \cdot \pi \cdot \phi_t^2 \cdot 1 \cdot \text{m}}{A_{s\_trasv}} \quad esp1 = 0.309 \text{ m} \quad \text{USE } \phi 1/2 @ 20$$

# 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

## verificación por corte

Parámetros para la evaluación del Cortante Resistente

$a_g = 1 \cdot \text{in}$  tamaño máximo del agregado

$i \cdot \text{span} =$	$h(i \times \text{span}) =$	$d_{v_i} =$	$\epsilon_i \cdot 10^3 =$	$s_{xe} =$	$\beta_i =$	$\theta =$
	$\cdot \text{m}$	$\cdot \text{mm}$	$\cdot \text{mm}$		$\cdot \text{mm}$	$\cdot \text{deg}$
0	500	418	1.96	305	1.65	35.88
0.75	500	426	1.25	305	2.10	33.39
1.5	500	433	0.72	305	2.64	31.53
2.25	500	436	0.42	305	3.10	30.48
3	500	437	0.24	305	3.45	29.85
3.75	500	437	0.18	305	3.59	29.63
4.5	500	437	0.24	305	3.45	29.86
5.25	500	435	0.47	305	3.02	30.64
6	500	432	0.78	305	2.58	31.72
6.75	500	426	1.31	305	2.06	33.58
7.5	500	417	2.02	305	1.62	36.08

$i \cdot \text{span} =$	$\phi v \cdot V_{c_i} =$	$V_{dis_i} =$	$V_{s_i} =$
	$\cdot \text{kN}$	$\cdot \text{kN}$	$\cdot \text{kN}$
0	272.44	287.74	17
0.75	354.33	249.46	0
1.5	452.27	212.87	0
2.25	533.38	175.78	0
3	596.47	138.60	0
3.75	621.22	102.80	0
4.5	595.77	139.66	0
5.25	519.46	176.86	0
6	440.22	214.02	0
6.75	346.34	250.75	0
7.5	267.20	288.94	24.16

## 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

$$\phi_v := \frac{3}{8} \text{ in} \quad A_v := 4 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_v^2}{4} \quad A_v = 2.85 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{paso}_i := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_{v_i} \cdot \left( \frac{1}{\tan(\theta_i)} + \frac{1}{\tan(\text{alfa})} \right) \cdot \sin(\text{alfa})}{V_{s_i}}$$

$$\text{paso}_0 = 4.07 \text{ m}$$

USAR ESTRIBOS ABIERTOS F 3/8" CADA 20cm

$$V_{s_i} := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_{v_i} \cdot \left( \frac{1}{\tan(\theta_i)} + \frac{1}{\tan(\text{alfa})} \right) \cdot \sin(\text{alfa})}{2 \text{ cm}}$$

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

$$\text{Demanda}_i := \frac{|M_{u_{\text{neg}_i}}|}{d_{v_i} \cdot \phi_r} + \left( \frac{|V_{\text{dis}_i}|}{\phi_v} - 0.5 \cdot V_{s_i} \right) \cdot \cot(\theta_i) \quad \text{As}_{\text{req}_i} := \frac{\text{Demanda}_i}{f_y}$$

i · span =	Demanda =	As <sub>req<sub>i</sub></sub> =	
m	· kN	· cm <sup>2</sup>	
0	-1023.86	-24.38	(refuerzo suministrado por flexión)  As <sub>suministrado1</sub> = 28.5 · cm <sup>2</sup>
0.75	-1999.37	-47.6	
1.5	-2831.84	-67.42	
2.25	-3359.29	-79.98	
3	-3705.35	-88.22	
3.75	-3844.31	-91.53	
4.5	-3701.3	-88.13	
5.25	-3280.65	-78.11	
6	-2745.42	-65.37	
6.75	-1919.12	-45.69	
7.5	-949.49	-22.61	

NOTA = "CUMPLE LA INTERACCION"



# 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

## Refuerzo requerido

$$Z_0 = 0.00 \text{ m}$$

$$Z_5 = 3.41 \text{ m}$$

$$Z_{10} = 6.82 \text{ m}$$

## Trasdós

$$Asc_{neg_0} = 18.33 \cdot \text{cm}^2$$

$$Asc_{neg_5} = 6.38 \cdot \text{cm}^2$$

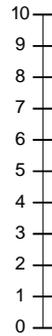
$$Asc_{neg_{10}} = 19.59 \cdot \text{cm}^2$$

## Intradós

$$Asc_{pos_0} = 10.27 \cdot \text{cm}^2$$

$$Asc_{pos_5} = 11.88 \cdot \text{cm}^2$$

$$Asc_{pos_{10}} = 2.42 \cdot \text{cm}^2$$



## Refuerzo suministrado

### Refuerzo trasdós (lado tierras)

$$A_{s_j} := \begin{cases} 28.5 \text{cm}^2 & \text{if } j \leq 2 \\ 28.5 \text{cm}^2 & \text{if } 2 < j \leq 5 \\ 28.5 \text{cm}^2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

### Refuerzo intradós

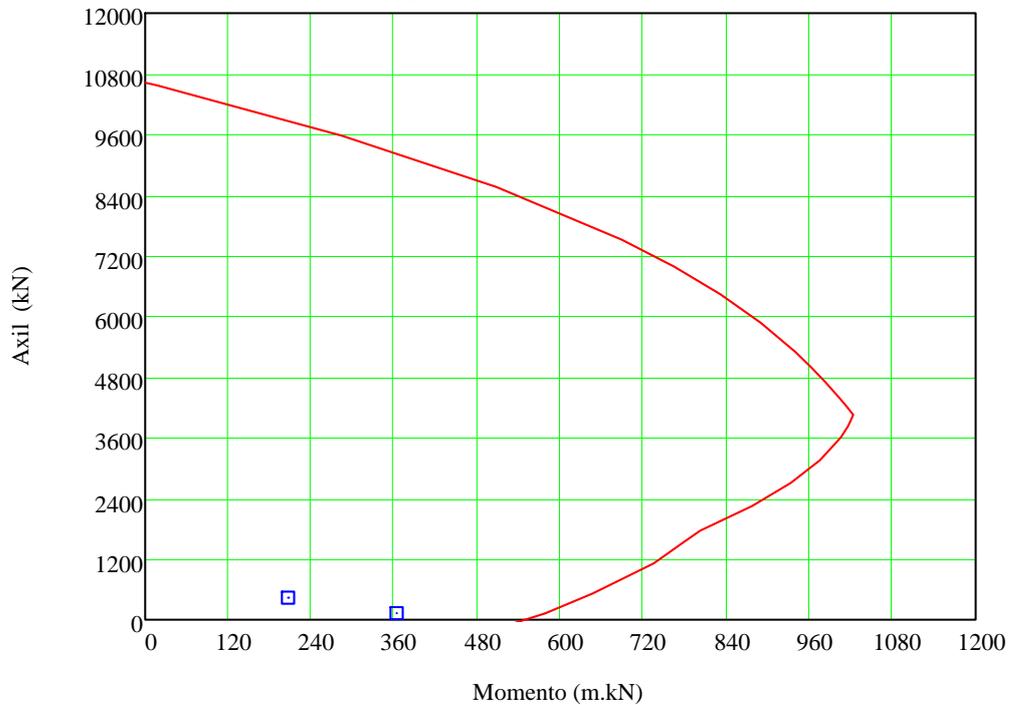
$$A_{s1_j} := \begin{cases} 13.2 \text{cm}^2 & \text{if } j \leq 2 \\ 13.2 \text{cm}^2 & \text{if } 2 < j \leq 5 \\ 13.2 \text{cm}^2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$d1 := \text{recubrimiento} + \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2}$$

$$\beta_1 := 0.85$$

$$\epsilon_{cu} := 0.003$$

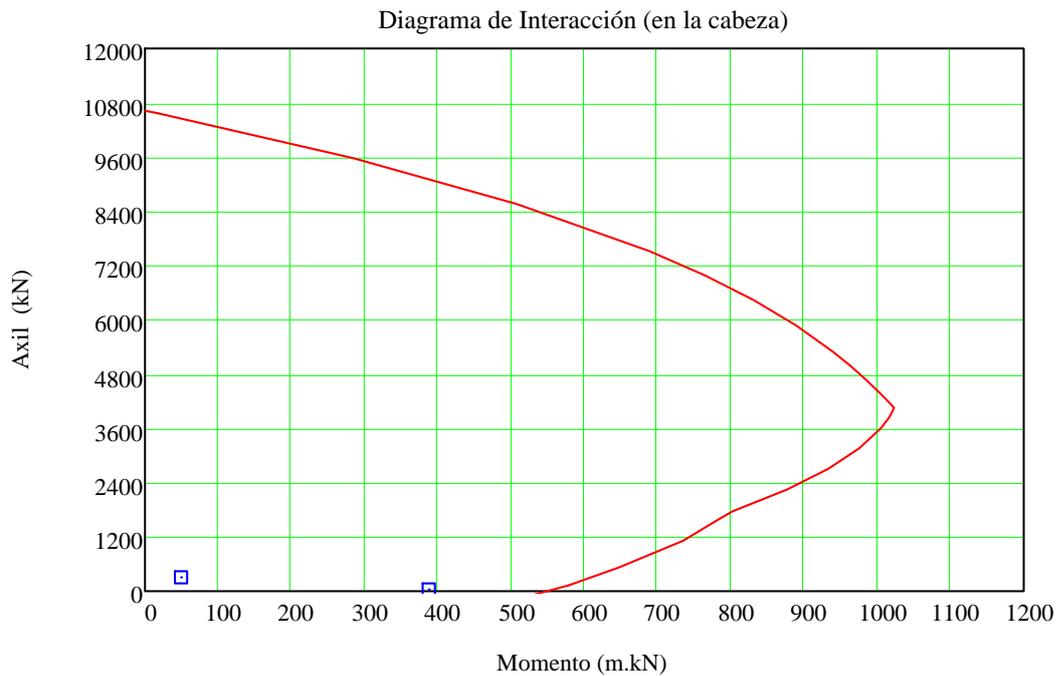
Diagrama de Interacción (en la base)



## 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

Punto de falla banceada	$\phi_c \cdot P_{nb_0} = 4052.3 \cdot \text{kN}$	$\phi_c \cdot M_{nb_0} = 1022.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$	
Punto de compresión pura	$\phi_c \cdot 0.80 P_{o_0} = 8922.01 \cdot \text{kN}$		$b = 1 \text{ m}$
Acero en el lado de trasdós	$A_{s_0} = 28.5 \cdot \text{cm}^2$		$\text{Ch}(0\text{m}) = 0.60 \text{ m}$
Acero en el lado del intradós	$A_{s1_0} = 13.2 \cdot \text{cm}^2$		



Punto de falla banceada	$\phi_c \cdot P_{nb_{10}} = 4052.3 \cdot \text{kN}$	$\phi_c \cdot M_{nb_{10}} = 1022.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$	
Punto de compresión pura	$\phi_c \cdot 0.80 P_{o_{10}} = 8922.01 \cdot \text{kN}$		
Acero en el lado de trasdós	$A_{s_{10}} = 28.5 \cdot \text{cm}^2$		$b = 1 \text{ m}$
Acero en el lado del intradós	$A_{s1_{10}} = 13.2 \cdot \text{cm}^2$		$\text{Ch}(H_f) = 0.60 \text{ m}$

# 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

## verificación por corte

$s_x := 10\text{cm}$  separación armadura

$a_g := 1\text{in}$  tamaño máximo del agregado

Parámetros para la evaluación del Cortante Resistente

$a_g = 1\text{-in}$  tamaño máximo del agregado

$i\text{-span} =$	$h(i \times \text{span}) =$	$d_{v_i} =$	$\epsilon_i \cdot 10^3 =$	$s_{x\epsilon_i} =$	$\beta_i =$	$\theta_i =$
	$\cdot\text{m}$	$\cdot\text{mm}$	$\cdot\text{mm}$		$\cdot\text{mm}$	$\cdot\text{deg}$
0.00	500	524	1.67	305	1.60	34.8
0.75	500	530	1.13	305	1.95	33.0
1.50	500	533	0.79	305	2.26	31.8
2.25	500	535	0.6	305	2.49	31.1
3.00	500	535	0.51	305	2.60	30.8
3.75	500	535	0.5	305	2.62	30.8
4.50	500	534	0.56	305	2.54	30.9
5.25	500	532	0.67	305	2.40	31.3
6.00	500	529	0.85	305	2.20	32.0
6.75	500	526	1.08	305	1.99	32.8
7.50	500	523	1.33	305	1.80	33.7

$j\text{-spanv} =$	$V_{uc_{neg_j}} =$	$V_{uc_{pos_j}} =$	$\phi v V_{c_j} =$
$\text{m}$	$\cdot\text{kN}$	$\cdot\text{kN}$	$\cdot\text{kN}$
0	258.9	-62.9	331
0.68	198.0	-62.9	408
1.36	142.6	-62.9	477
2.05	96.8	-62.9	525
2.73	68.6	-62.9	550
3.41	44.2	-66.6	553
4.09	23.8	-88.2	536
4.77	7.2	-105.9	504
5.46	-5.4	-119.7	461
6.14	-14.1	-135.1	414
6.82	-19.0	-147.1	372

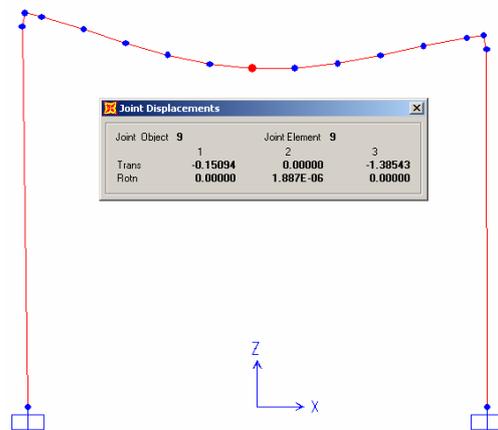
**Pontón Anamuella****Deflexiones por efecto de carga permanente**

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  $\lambda$ .

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  $I_g$

$$\lambda_1 := 4$$



$$\Delta_{\text{instantáneo}} := 1.385\text{mm}$$

$$\Delta_{\text{diferido}} := \Delta_{\text{instantáneo}} \cdot (\lambda_1) \qquad \Delta_{\text{diferido}} = 5.54 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{\text{total}} := \Delta_{\text{diferido}} + \Delta_{\text{instantáneo}}$$

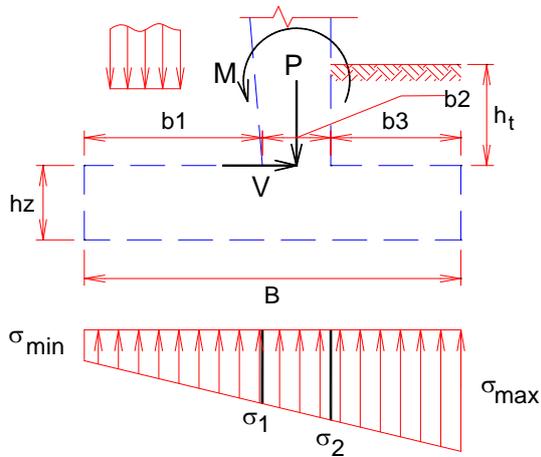
$$\Delta_{\text{total}} = 6.925 \cdot \text{mm}$$

Según cálculos el desplazamiento total es de 6.9mm, el cual podría despreciarse para efectos constructivos.

# 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

## Datos de diseño de la Zapata del E1



alto de la zapata	$h_z := 0.80\text{m}$
ancho de la base	$B := 4.60\text{m}$
ancho del talón	$b_1 := 3.20\text{m}$
	$h_t := 0.40\text{m}$
ancho de la base del soporte	$b_2 = 0.6\text{m}$
ancho de la punta	$b_3 = 0.8\text{m}$
Altura del relleno	$H = 7.32\text{m}$
Longitud de análisis(m)	$L_z = 1$

## Cargas de diseño

Cargas permanentes (peso propio+peso muerto)	$P_{DC} := 177.127\text{kN}$	Cargas por peso de asfalto	$P_{DW} := 6.933\text{kN}$
	$V_{DC} := -17.407\text{kN}$		$V_{DW} := -1.714\text{kN}$
	$M_{DC} := 41.7302\text{kN}\cdot\text{m}$		$M_{DW} := 4.107\text{kN}\cdot\text{m}$

Cargas por presión de tierra (reposo)	$P_{EH} := -3.735\text{kN}$	Cargas por peso del relleno en losa	$P_{EV1} := 0.00\text{kN}$
	$V_{EH} := 179.53\text{kN}$		$V_{EV1} := -0.00\text{kN}$
	$M_{EH} := -216.195\text{kN}\cdot\text{m}$		$M_{EV1} := 0.00\text{kN}\cdot\text{m}$

Cargas por presión de sobrecarga (reposo)	$P_{ES} := -0.885\text{kN}$	Cargas transitorias - Sobrecarga Vehicular	$P_L := 99.642\text{kN}$
	$V_{ES} := 22.235\text{kN}$		$V_L := -19.38\text{kN}$
	$M_{ES} := -31.6882\text{kN}\cdot\text{m}$		$M_L := 48.346\text{kN}\cdot\text{m}$

## Relleno sobre la zapata por metro de ancho

$$w_{\text{relleno}} := H \cdot \gamma_s \cdot 1\text{m} \quad w_{\text{relleno}} = 139.08 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{EV} := b_1 \cdot w_{\text{relleno}} + P_{EV1} \quad M_{EV} := b_1 \cdot w_{\text{relleno}} \cdot \left( \frac{B}{2} - \frac{b_1}{2} \right) + M_{EV1}$$

## Carga por la SC en el relleno

$$w_{sc} := \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} \quad w_{sc} = 11.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

# 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

$$P_{ES} := P_{ES1} + w_{sc} \cdot b1 \quad M_{ES} := w_{sc} \cdot b1 \cdot \left( \frac{B}{2} - \frac{b1}{2} \right) + M_{ES1}$$

Peso propio zapata

$$w_{zapata} := hz \cdot \gamma c \cdot 1m \quad w_{zapata} = 20 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$P_{DC} := P_{DC} + B \cdot w_{zapata} \quad M_{DC} := M_{DC}$$

$$PT := P_{DC} + P_{DW} + P_{EH} + P_{ES} + P_L + P_{EV} + h_t \cdot b3 \cdot \gamma_s \cdot 1m \quad PT = 858.70 \cdot kN$$

$$MT := M_{DC} + M_{DW} + M_{EH} + M_{ES} + M_L + M_{EV} - h_t \cdot b3 \cdot \gamma_s \cdot 1m \cdot \frac{(b1 + b2)}{2} \quad MT = -293.69 \text{ m} \cdot kN$$

## Presión transmitida al terreno (POR SERVICIO)

$$A_{zapata} := B \cdot b_{ef} \quad A_{zapata} = 4.6 \text{ m}^2$$

$$I_{zapata} := \frac{B^3 \cdot b_{ef}}{12} \quad I_{zapata} = 8.111 \text{ m}^4 \quad X = 1.958 \text{ m}$$

$$\sigma_{talón} := \frac{PT}{A_{zapata}} + \frac{MT \cdot 0.5 \cdot B}{I_{zapata}} \quad \sigma_{talón} = 1.054 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\sigma_{punta} := \frac{PT}{A_{zapata}} - \frac{MT \cdot 0.5 \cdot B}{I_{zapata}} \quad \sigma_{punta} = 2.753 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\sigma_{med} := \frac{PT}{(2 \cdot X) \cdot b_{ef}} \quad \sigma_{med} = 2.236 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

Estado Límite de Resistencia  $i := 0..4$

	presión máxima	presión mínima	presión rectangular media equivalente	
	$\sigma_{max_i} =$	$\sigma_{min_i} =$	$\sigma_{m_i} =$	
CASO <sub>1</sub> =	"Resistencia Ia"	0.380 · MPa	0.128 · MPa	0.305 · MPa
	"Resistencia Ib"	0.310	0.188	0.271
	"Resistencia Ic"	0.339	0.039	0.257
	"Resistencia IIIa"	0.315	0.118	0.255
	"Resistencia IIIb"	0.244	0.178	0.223

presión admisible  $\sigma_{adm} := 2.5 \text{ kgf} \div \text{cm}^2 \quad FS := 3 \quad \Phi_R := 0.45$

$$\sigma_{ult} := \sigma_{adm} \cdot FS \cdot \Phi_R \quad \sigma_{ult} = 0.331 \cdot \text{MPa}$$

observamos que la presión última es superior al obtenido por el ELR, por lo que consideramos las dimensiones de la zapata aceptables.

# 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

Acero mínimo

$$A_{smin} = 13.462 \cdot \text{cm}^2$$

refuerzo requerido por agrietamiento

Momento de diseño

Acero cálculo

CASO<sub>i</sub> =  $\left( \begin{array}{l} \text{"Resistencia Ia"} \\ \text{"Resistencia Ib"} \\ \text{"Resistencia Ic"} \\ \text{"Resistencia IIIa"} \\ \text{"Resistencia IIIb"} \end{array} \right)$

$$M_{pie_i} =$$

-234.27	·kN·m
-164.11	
-232.34	
-188.48	
-118.32	

$$A_{s_{pie_i}} =$$

-8.47	·cm <sup>2</sup>
-5.91	
-8.39	
-6.79	
-4.25	

$$A_{s_{pie\_requerido}} = 11.29 \cdot \text{cm}^2$$

CASO<sub>i</sub> =  $\left( \begin{array}{l} \text{"Resistencia Ia"} \\ \text{"Resistencia Ib"} \\ \text{"Resistencia Ic"} \\ \text{"Resistencia IIIa"} \\ \text{"Resistencia IIIb"} \end{array} \right)$

$$M_{talón_i} =$$

224.23	·kN·m
17.60	
268.77	
357.11	
150.49	

$$A_{s_{talón_i}} =$$

8.10	·cm <sup>2</sup>
0.63	
9.73	
13.00	
5.41	

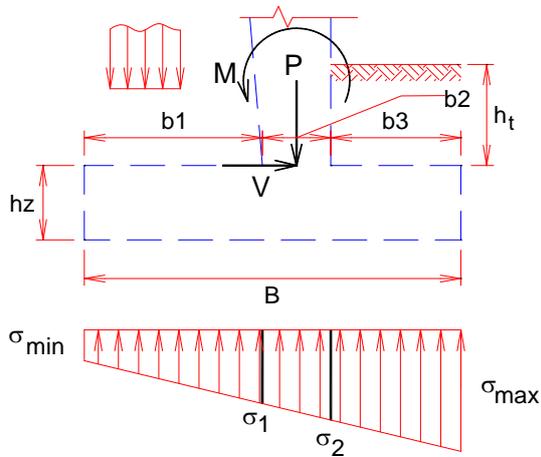
$$A_{s_{talón\_requerido\_inf}} = 0.84 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{talón\_requerido\_sup}} = 13.46 \cdot \text{cm}^2$$

# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

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

## Datos de diseño de la Zapata del E2



alto de la zapata	$h_z := 0.80\text{m}$
ancho de la base	$B := 4.20\text{m}$
ancho del talón	$b_1 := 2.80\text{m}$
	$h_t := 0.40\text{m}$
ancho de la base del soporte	$b_2 = 0.6\text{m}$
ancho de la punta	$b_3 = 0.8\text{m}$
Altura del relleno	$H = 7.32\text{m}$
Longitud de análisis(m)	$L_z = 1$

### Cargas de diseño

Cargas permanentes (peso propio+peso muerto)	$P_{DC} := 172.362\text{kN}$	Cargas por peso de asfalto	$P_{DW} := 7.057\text{kN}$
	$V_{DC} := -17.407\text{kN}$		$V_{DW} := -1.714\text{kN}$
	$M_{DC} := 36.576\text{kN}\cdot\text{m}$		$M_{DW} := 3.603\text{kN}\cdot\text{m}$

Cargas por presión de tierra (reposo)	$P_{EH} := 3.735\text{kN}$	Cargas por peso del relleno en losa	$P_{EV1} := 0.00\text{kN}$
	$V_{EH} := 153.913\text{kN}$		$V_{EV1} := -0.00\text{kN}$
	$M_{EH} := -156.527\text{kN}\cdot\text{m}$		$M_{EV1} := 0.00\text{kN}\cdot\text{m}$

Cargas por presión de sobrecarga (reposo)	$P_{ES} := 0.885\text{kN}$	Cargas transitorias - Sobrecarga Vehicular	$P_L := 100.657\text{kN}$
	$V_{ES} := 20.145\text{kN}$		$V_L := -19.38\text{kN}$
	$M_{ES} := -24.504\text{kN}\cdot\text{m}$		$M_L := 43.736\text{kN}\cdot\text{m}$

### Relleno sobre la zapata por metro de ancho

$$w_{\text{relleno}} := H \cdot \gamma_s \cdot 1\text{m} \quad w_{\text{relleno}} = 139.08 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{EV} := b_1 \cdot w_{\text{relleno}} + P_{EV1} \quad M_{EV} := b_1 \cdot w_{\text{relleno}} \cdot \left( \frac{B}{2} - \frac{b_1}{2} \right) + M_{EV1}$$

### Carga por la SC en el relleno

$$w_{sc} := \text{sobrecarga} \cdot 1\text{m} \quad w_{sc} = 11.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

# 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

$$P_{ES} := P_{ES1} + w_{sc} \cdot b1 \quad M_{ES} := w_{sc} \cdot b1 \cdot \left( \frac{B}{2} - \frac{b1}{2} \right) + M_{ES1}$$

Peso propio zapata

$$w_{zapata} := hz \cdot \gamma_c \cdot 1m \quad w_{zapata} = 20 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$P_{DC} := P_{DC} + B \cdot w_{zapata} \quad M_{DC} := M_{DC}$$

$$PT := P_{DC} + P_{DW} + P_{EH} + P_{ES} + P_L + P_{EV} + h_t \cdot b3 \cdot \gamma_s \cdot 1m \quad PT = 796.12 \cdot kN$$

$$MT := M_{DC} + M_{DW} + M_{EH} + M_{ES} + M_L + M_{EV} - h_t \cdot b3 \cdot \gamma_s \cdot 1m \cdot \frac{(b1 + b2)}{2} \quad MT = -205.65 \cdot m \cdot kN$$

## Presión transmitida al terreno (POR SERVICIO)

$$A_{zapata} := B \cdot b_{ef} \quad A_{zapata} = 4.2 \cdot m^2$$

$$I_{zapata} := \frac{B^3 \cdot b_{ef}}{12} \quad I_{zapata} = 6.174 \cdot m^4 \quad X = 1.842 \cdot m$$

$$\sigma_{talón} := \frac{PT}{A_{zapata}} + \frac{MT \cdot 0.5 \cdot B}{I_{zapata}} \quad \sigma_{talón} = 1.22 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\sigma_{punta} := \frac{PT}{A_{zapata}} - \frac{MT \cdot 0.5 \cdot B}{I_{zapata}} \quad \sigma_{punta} = 2.646 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

$$\sigma_{med} := \frac{PT}{(2 \cdot X) \cdot b_{ef}} \quad \sigma_{med} = 2.204 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$$

**Estado Límite de Resistencia**  $i := 0..4$

	presión máxima	presión mínima	presión rectangular media equivalente	
	$\sigma_{max_i} =$	$\sigma_{min_i} =$	$\sigma_{m_i} =$	
CASO <sub>1</sub> =	"Resistencia Ia"	0.366	0.152	0.300
	"Resistencia Ib"	0.297	0.209	0.268
	"Resistencia Ic"	0.328	0.061	0.252
	"Resistencia IIIa"	0.299	0.135	0.248
	"Resistencia IIIb"	0.230	0.191	0.217

presión admisible  $\sigma_{adm} := 2.5 \cdot kgf \div cm^2$       FS := 3       $\Phi_R := 0.45$

$$\sigma_{ult} := \sigma_{adm} \cdot FS \cdot \Phi_R \quad \sigma_{ult} = 0.331 \cdot MPa$$

observamos que la presión última es superior al obtenido por el ELR, por lo que consideramos las dimensiones de la zapata aceptables.

# 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

Acero mínimo  $A_{smin} = 13.462 \cdot \text{cm}^2$  refuerzo requerido por agrietamiento

Momento de diseño Acero cálculo

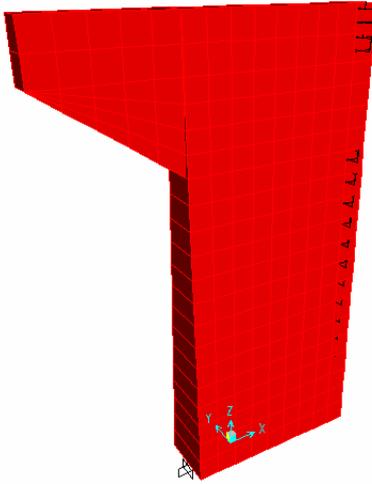
	$M_{pie_i} =$		$A_{s_{pie_i}} =$											
$CASO_i = \left( \begin{array}{l} \text{"Resistencia Ia"} \\ \text{"Resistencia Ib"} \\ \text{"Resistencia Ic"} \\ \text{"Resistencia IIIa"} \\ \text{"Resistencia IIIb"} \end{array} \right)$	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">-201.98</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-142.44</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-200.06</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-160.78</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-101.25</td></tr> </table>	-201.98	-142.44	-200.06	-160.78	-101.25	·kN·m	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">-7.28</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-5.12</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-7.21</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-5.79</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-3.63</td></tr> </table>	-7.28	-5.12	-7.21	-5.79	-3.63	·cm <sup>2</sup>
	-201.98													
	-142.44													
	-200.06													
	-160.78													
-101.25														
-7.28														
-5.12														
-7.21														
-5.79														
-3.63														
				$A_{s_{pie\_requerido}} = 9.71 \cdot \text{cm}^2$										
$CASO_i = \left( \begin{array}{l} \text{"Resistencia Ia"} \\ \text{"Resistencia Ib"} \\ \text{"Resistencia Ic"} \\ \text{"Resistencia IIIa"} \\ \text{"Resistencia IIIb"} \end{array} \right)$	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">117.61</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-36.81</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">157.92</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">243.07</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">88.65</td></tr> </table>	117.61	-36.81	157.92	243.07	88.65	·kN·m	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">4.22</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-1.31</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5.68</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8.79</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.18</td></tr> </table>	4.22	-1.31	5.68	8.79	3.18	·cm <sup>2</sup>
	117.61													
	-36.81													
	157.92													
	243.07													
88.65														
4.22														
-1.31														
5.68														
8.79														
3.18														
				$A_{s_{talón\_requerido\_inf}} = 1.75 \cdot \text{cm}^2$										
				$A_{s_{talón\_requerido\_sup}} = 11.72 \cdot \text{cm}^2$										

# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

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

## PONTÓN ANAMUELLE

### Diseño del Muro Lateral E1



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

coeficiente de empuje de reposo

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

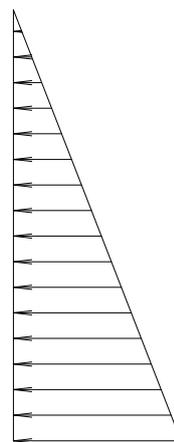
$$h := 7.59\text{m}$$

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

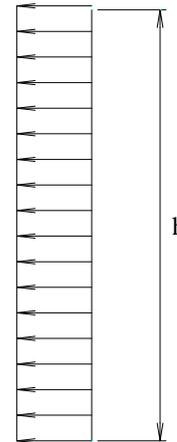
$$h_{eq} = 0.6\text{m}$$

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

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



$$\gamma_s \cdot k_o \cdot h$$



$$sc \cdot k_o$$

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

$$p_{\text{inferior}} = 74.588 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

para el ingreso de cargas en el SAP2000

$$\text{Value} = Ax + By + Cz + D$$

el valor de la presión es independiente de x e y

$$\text{Value} = C \cdot z + D$$

cuando  $z := 0$   $\text{Value} := p_{\text{inferior}}$   $D := \text{Value}$

$$D = 74.588 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

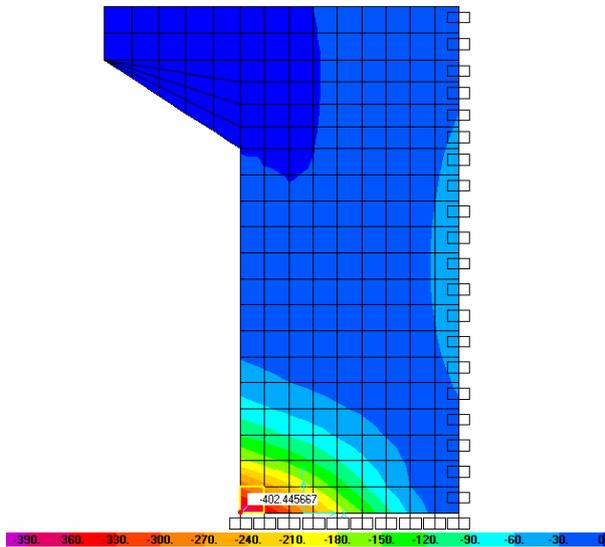
# CONSORCIO MOTLIMA - ELI CORDOVA

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

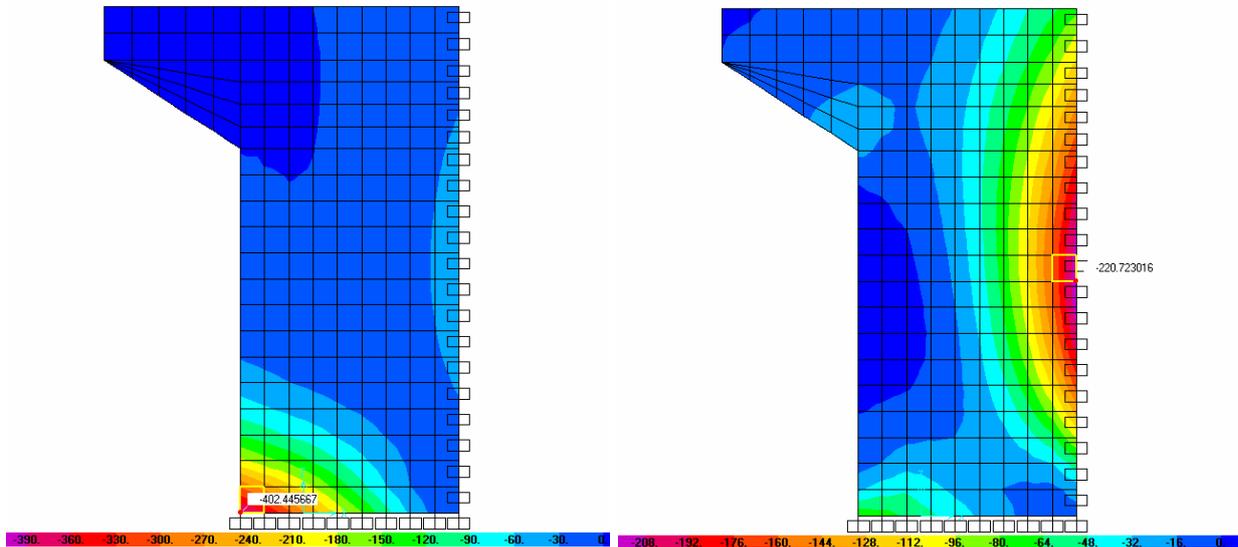
coeficiente de mayoración

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

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  $h := 1.008 \text{ m}$

$$M_{d\_neg1} := 402.45 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$d := h - c - \frac{5}{8} \text{ in} - 0.5 \cdot \phi_1 \quad d = 0.933 \text{ m} \quad b := 100 \text{ cm}$$

Armadura Requerida

$$A_{s\_min} = 26.9 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s\_neg1} = 19.3 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_1 = \frac{3}{4} \cdot \text{in} \quad s_{tr1} := 12.5 \text{ cm}$$

## 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	$M = 298.111 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{\text{cr}} = 1308319.626 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 0.173 \text{ m}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{\text{act}}} = 149.425 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.7$
Parámetro	$\beta_s = 1.09$
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  $z=2.50\text{m}$

canto del muro

$h := 0.808\text{m}$

$$M_{d_{\text{neg}2}} := 38.50 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad d := h - c - \frac{5}{8} \text{ in} - 0.5 \cdot \phi_2 \quad d = 0.734 \text{ m} \quad b := 100 \text{ cm}$$

Armadura requerida

$$A_{s_{\text{min}}} = 13.9 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{\text{neg}2}} = 1.39 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_2 = \frac{5}{8} \cdot \text{in} \quad s_{\text{tr}} := 25 \text{ cm}$$

## 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	$M_2 = 28.519 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = 307793.131 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 0.094 \text{ m}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{act}} = 51.239 \cdot \text{MPa}$
Parámetro relacionado con la fisura	$\gamma_c = 0.7$
Parámetro	$\beta_s = 1.11$
Espaciamiento mínimo del refuerzo por requerimiento de fisuramiento	$sep = 0.3 \text{ m}$

Lo que indica que la separación suministrada es adecuada

### **Refuerzo Horizontal Negativo** (trasdos)

$$M_{d_{hz\_neg}} := 220.72 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad h := 0.70 \text{ m} \quad \phi_3 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$A_{s_{min}} = 9.931 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{neg}} = 9.3 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{USAR} \quad A_{s_{neg}} = 9.931 \cdot \text{cm}^2$$

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

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

### Estado Límite de Fisuración

Esfuerzo actuante en el acero	
Momento máximo para el estado límite de servicio	$M = 163.496 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Momento de inercia de la sección fisurada	$I_{cr} = 366834.422 \cdot \text{cm}^4$
Profundidad del eje neutro	$x = 0.11 \text{ m}$
Esfuerzo actuante en el acero	$f_{s_{act}} = 204.674 \cdot \text{MPa}$

# 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

$$\gamma_c = 0.7$$

Parámetro

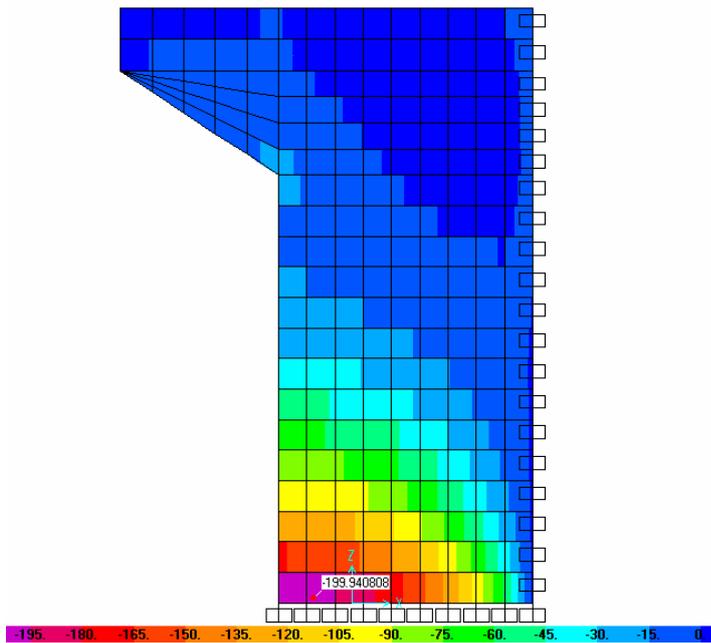
$$\beta_s = 1.129$$

Espaciamiento mínimo del refuerzo por requerimiento de fisuramiento

$$\text{sep} = 0.26 \text{ m}$$

luego observamos que la separación suministrada es adecuada

## Verificación por Corte



$$V_u := 199.94 \text{ kN}$$

$$h = 1.008 \text{ m}$$

$$d := h - c - \phi_3 - 0.5 \cdot \phi_1$$
$$d = 933 \cdot \text{mm}$$

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

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

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

$$\phi_f := 0.9$$

$$\phi_c := 0.9$$

$$d_v = 0.905 \text{ m} \quad b_v := 1 \text{ m}$$

$$\epsilon = 1.413 \times 10^{-3} \quad s_x = 125 \cdot \text{mm}$$

$$\beta = 2.33 \quad \theta = 33.9 \cdot \text{deg}$$

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

$$V_c = 802.408 \cdot \text{kN}$$

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.

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

$$A_{sn} := \frac{\text{Demanda}}{f_y} \quad A_{sn} = 19.6 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{suministrado}} = 23 \cdot \text{cm}^2 \quad (\text{refuerzo suministrado por flexión})$$