

# DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE 20 M DE LONGITUD Y 8.40 M DE ANCHO, CASERÍO BUENOS AIRES, IXCHIGUÁN, SAN MARCOS

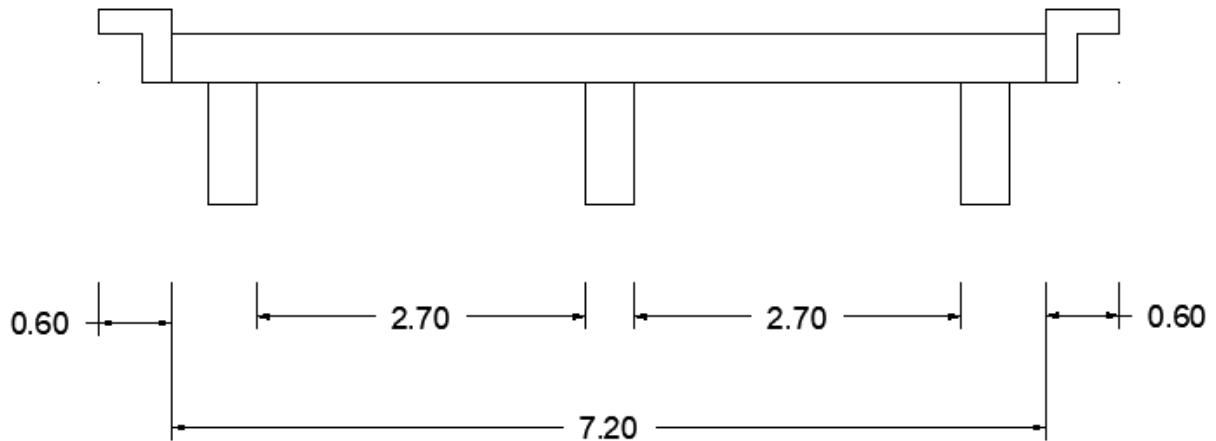
Diseño de la superestructura del puente vehicular en caserío buenos aires, ixchiguán

## Parámetros de Diseño

*Parámetros de diseño para el puente en caserío buenos aires, Ixchiguán*

Parámetro	Valor
Longitud del puente (L)	20.00 m
Ancho de carriles	$3.60 \text{ m} \times 2 = 7.20 \text{ m}$
Ancho de barandas	0.60 m cada lado
Ancho total del puente	8.40 m
Número de vigas	3
Luz libre entre vigas	2.70 m
Carga viva	HL-93
Peso volumétrico del concreto	$2400 \text{ kg/m}^3$
Peso del asfalto	$2100 \text{ kg/m}^3$
Recubrimiento	2.5 cm
Esfuerzo del concreto ( $f'_c$ )	$281 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo del acero ( $f_y$ )	$4200 \text{ kg/cm}^2$

## Diseño de Losa



El diseño de la losa se realizó de acuerdo a las Normas AASHTO. La luz libre entre vigas es de 2.70 metros, con refuerzo principal paralelo a la dirección del tránsito. El espesor (t) se determina mediante la siguiente fórmula:

Donde:

L= luz libre entre vigas (ver parámetros de diseño)

$$t = \frac{1.2 * (L + 3.05)}{30} \geq 0.175 \text{ m}$$

$$t = \frac{1.2 * (2.70 + 3.05)}{30} = 0.23\text{m} = \mathbf{0.25m}$$

Según AASHTO el peralte mínimo para losa es de 7 pulgadas igual a 17.8 cm, ya que el requerido es mayor al mínimo, se propone utilizar el peralte que se obtiene de 0.25m.

- Cálculo de momentos

Para calcular el refuerzo se necesita analizar los momentos por carga muerta, sobrecarga (viva del camión) e impacto para obtener el momento último.

- Integración por carga muerta

$$W_{cm, \text{ sobre la losa}} = W_{losa} + W_{barandales}$$

$$W_{losa} = 2400 \text{ kg/m}^3 * 0.25\text{m} * 1\text{m} = 600 \text{ kg/m}$$

$$W_{barandales} = 40 \text{ kg/m}$$

$$W_{cm, \text{ sobre la losa}} = 600 \text{ kg/m} + 40 \text{ kg/m} = \mathbf{640 \text{ kg/m}}$$

- Momento por carga muerta

Los momentos por carga muerta se calculan por la fórmula propuesta por el ACI:

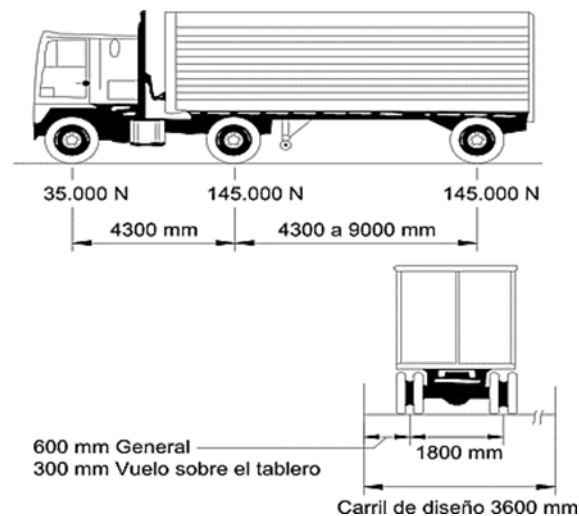
$$\text{Momento en Voladizo} = \frac{WL^2}{2} = \frac{640 * (1.175)^2}{2} = 441.8 \text{ kg} - m$$

$$\text{Momento entre vigas} = \frac{WL^2}{10} = \frac{640 * (3.10)^2}{2} = 615.04 \text{ kg} - m$$

Después de obtener los valores de los momentos en voladizo y entre apoyos se selecciona el mayor; en este caso es el momento entre vigas **Mcm= 615.04 kg/m.**

- Integración de carga viva

Parar el presente puente se utilizó la carga viva propuesta por la Norma Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES NSE-5.2 y AASHTO 8.24.3.1, denominada como el camión de diseño HL-93:



- Momento por carga viva

Según AASHTO el momento por carga viva está dado por la siguiente fórmula:

$$M_{CV} = \left( 0.8 * \frac{L + 2}{32} \right) * P$$

Donde:

L= luz libre entre vigas (pies)= 3.10\*3.28 = 10.168pies

P= es la carga del eje más pesado (lb)= 14.5T = 31966.99lb

$$M_{ccv} = \left(0.8 * \frac{10.17 + 2}{32}\right) * 31966.99 = 9724.33lb - pie = \mathbf{1345.70\ kg - m}$$

- Momento debido al impacto

El momento de impacto debe ser menor o igual al 30% de la misma carga viva, según AASHTO 3.8.2.1 edición 1996, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{15.24}{S + 38}$$

Donde:

I= fracción de impacto

S= distancia entre apoyos de vigas (m)

$$I = \frac{15.24}{3.10 + 38} = 0.37 = 37\%$$

Chequeo según AASHTO,  $37\% \leq 30\%$ , como no chequea se utiliza 30%, quedando el factor de impacto I = 1.3

- Momento último sobre la losa

Según AASHTO 1.2.22, la fórmula está integrada de la siguiente manera:

$$M_U = 1.30 \left[ M_{CM} + \frac{5}{3} (M_{CV} * I) \right]$$

$$Mu = 1.30 \left( 615 + \frac{5}{3} (1345.7 * 1.3) \right) = \mathbf{4589.89\ kg - m}$$

Peralte efectivo

Recubrimiento=2.5cm

Varilla No.6 diametro de varilla=1.91cm

$$d+ = 25 - 2.5 - \frac{1}{2}(1.9) = 21.55cm$$

Cálculo de refuerzo cama inferior

Datos para el cálculo de acero de refuerzo	
Ø	0.85
Mu	458,989.00 kg-cm
d+	21.55 cm

d-	19.05 cm
b	100 cm
f'c	281 kg/cm <sup>2</sup>
fy	2810 kg/cm <sup>2</sup>

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b}{f_y} \left( d - \sqrt{(d)^2 - \frac{M_U}{0.425 * \phi * f'c * b}} \right)$$

$$A_s (-) = \mathbf{9.15cm^2}$$

$$A_s (-) = \mathbf{10.43cm^2}$$

El ACI 318-14 en su capítulo 9 Sección 9.6 establece un área de acero mínima para refuerzo por flexión en vigas y también el cálculo de área de acero máximo en zona sísmica mediante la fórmula:

$$A_{s,min} = \frac{14.1 * b * d}{f_y}$$

$$A_{s,min} = \frac{14.1 * 100 * 21.545}{2810} = \mathbf{10.81cm^2}$$

Acero máximo en zona sísmica:

$$A_s = \frac{0.5 * 0.85^2 * f'c}{f_y} * \left( \frac{6115}{6115 + f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s,max} = \frac{0.5 * 0.85^2 * 281}{2810} * \left( \frac{6115}{6115 + 2810} \right) * 100 * 21.545 = \mathbf{53.33cm^2}$$

Chequeo  $A_{s,max} \geq A_{s,min} \rightarrow, 53.33 \geq 10.81$ , sí chequea

El acero mínimo es mayor a los requeridos entonces utilizaremos el acero mínimo de **10.81cm<sup>2</sup>**

Varilla #6

Diámetro de varilla = 1.91cm

Área de varilla = 2.85cm<sup>2</sup>

- Separación de varillas para franja unitaria

$$\text{Separación} = \frac{b}{\text{Cantidad de varillas}} = \frac{100}{4} = 25\text{cm}$$

**Para armado final se propone varillas #6 @0.25cm en cama inferior de losa.**

○ **Refuerzo longitudinal (Asl)**

La norma AASHTO en su capítulo 3.24.10.2 edición 1996 propone para el cálculo longitudinal utilizar el valor resultante de la siguiente fórmula siempre y cuando sea menor al factor de 67%:

$$\% = \frac{2.2}{\sqrt{LI}} < 67\%$$

LI= longitud efectiva de losa= 7.2 m

$$\% = \frac{2.2}{\sqrt{6}} * 100 = 81\% < 67\% \text{ no chequea entonces usar } 0.67$$

Asl = 0.67\*As utilizado = 0.67 \* 10.81 = 7.24cm<sup>2</sup>.

Para cubrir el área de acero longitudinal se propone varilla #5:

Diámetro = 1.59cm

Área de acero de varillas = 1.98cm<sup>2</sup>

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{\text{As requerido}}{\text{Area varilla}} = \frac{7.24}{1.98} = 3.66 = \text{se proponen 4 varillas.}$$

$$\text{Separación} = \frac{b}{\text{Cantidad de varillas}} = \frac{100}{4} = 25 \text{ cm}$$

**Se propone para armado final varillas #5@0.25m longitudinalmente en ambas camas.**

○ **Refuerzo transversal cama superior**

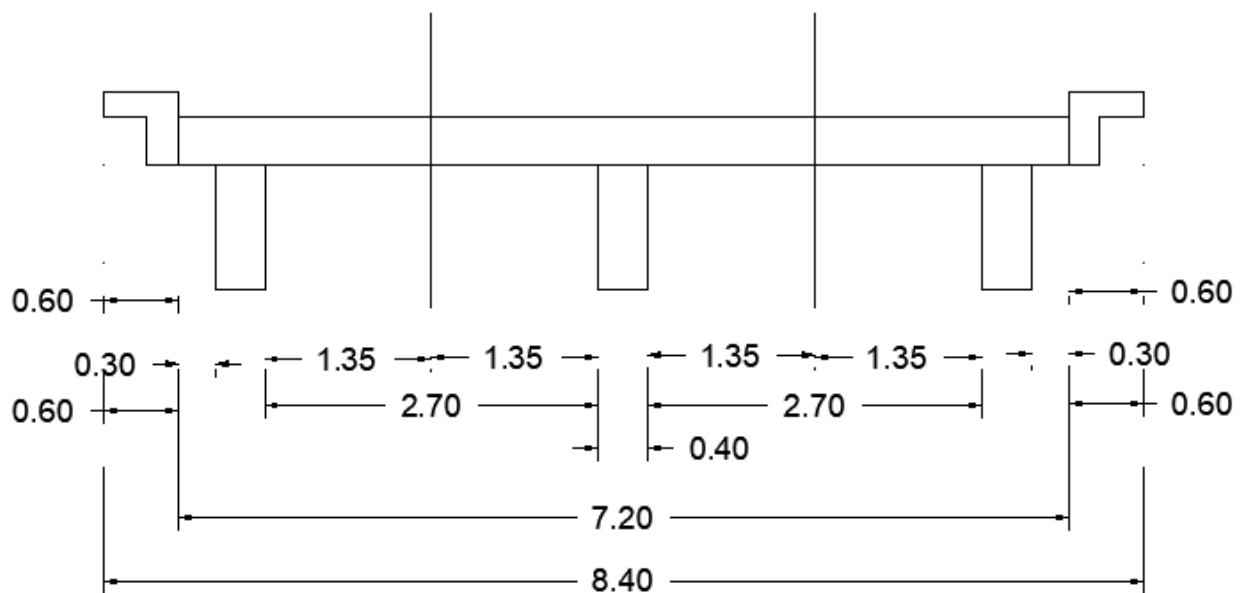
El ACI propone para el refuerzo en la cama superior que el área de acero transversal se debe calcular con la siguiente fórmula:

## Diseño de Vigas

El número de vigas a utilizar dependerá del ancho de la calzada; para este caso serán tres vigas simétricas en geometría con una luz libre entre vigas de 2.70 metros. El diseño de las vigas se realiza en base al Instituto Americano de Concreto (ACI), edición 2014. Para evitar la revisión por deflexión se toma un peralte no menos a  $L/16$  y para no realizar revisión por alabeo, la base no debe ser menor a  $H/3.5$ , según ACI 318US-14.

$L$ = longitud del puente

Se propone esas dimensiones mayores a las requeridas, la base mínima de diafragma es de 0.30 metros y por proceso constructivo la base de la viga principal debe ser mayor a la base del diafragma.



## Integración de cargas

$M_{cm}=120.06\text{Ton-m}$

$M_{cv}=63.46\text{Ton-m}$

$I= 0.29$

Momento ultimo para vigas

$$M_u = 1.3 * \left( M_{CM,int} + \frac{5}{3} * (M_{CV} * I * FD) \right)$$

$$Mu = 1.3 * \left( 120.06 + \frac{5}{3} * (63.46 * 0.29 * 1) \right) = 195.95203 \text{ T - m}$$

### Cálculo de refuerzo para viga

Datos para el cálculo de acero de refuerzo

Varillas #8

Diámetro de varillas = 2.54cm

Área de varillas = 5.07cm<sup>2</sup>

Recubrimiento = 0.05m

Altura de viga = 1.30m

Base de viga = 0.40m

Ø = 0.85

M<sub>u</sub> = 19,595,203 kg-cm

b = 40cm

f'c = 281kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

b<sub>l</sub> = 0.85

d<sub>+</sub> = H<sub>viga</sub>-recubrimiento-1/2diámetro varilla = 1.30m-0.05m-(1/2\*0.0254m) = 1.2373m

d = 123.73cm

Cálculo de acero de refuerzo requerido

$$A_s = \frac{0.85 * f'_c * b}{f_y} \left( d - \sqrt{(d)^2 - \frac{M_u}{0.425 * \phi * f'_c * b}} \right)$$
$$A_s = \frac{0.85 * 281kg/cm^2 * 40cm}{4200kg/cm^2} * \left( 123.73cm - \sqrt{(123.7cm)^2 - \frac{19595203kg - cm}{0.425 * 0.85 * \frac{281kg}{cm^2} * 40cm}} \right)$$
$$A_s = 48.55cm^2$$

Cálculo de acero de refuerzo mínimo según ACI318

$$A_{s \min} = \frac{14.1 * 40 * 123.73}{4200} = 16.61cm^2$$

Cálculo de acero máximo para vigas según ACI-318-14



$$\rho_b = \left( \frac{0.85 * \beta * f'c}{f_y} \right) + \left( \frac{6095}{6095 + f_y} \right)$$

$$Pb = \left( \frac{0.85 * 0.85 * \frac{281kg}{cm^2}}{\frac{4200kg}{cm^2}} \right) * \left( \frac{6095}{6095 + \frac{4200kg}{cm^2}} \right) = 0.03$$

$$As_{max} = 0.5 * Pb * b * d = 0.5 * 0.03 * 40cm * 123.73cm = 74.238cm^2$$

Chequeo entre acero máximo y acero requerido

$As_{max} \geq As_{requerido} \rightarrow 74.238cm^2 \geq 48.55cm^2 \rightarrow$  Sí chequea

Si chequea entonces utilizar el  $As$  requerido

Acero de refuerzo a tensión

Varilla #8

Diámetro de varilla = 2.5cm

Área de varilla =  $5.07cm^2$

$cantidad\ de\ varillas = 48.55cm^2 / 5.07cm^2 = 9.57$

**Por lo que se propone diez varillas #8**

Distribución de varillas

Refuerzo cama superior

$33\% As \rightarrow 0.33 * 48.55cm^2 = 16.02cm^2$

$Cantidad\ de\ varillas = 16.02cm^2 / 5.07cm^2 = 3.16$

**Por lo que se propone cuatro varillas #8 corridas**

Refuerzo cama inferior (en apoyo) 50% del  $As$  tensión

$50\% As \rightarrow 0.5 * 48.55cm^2 = 24.27 cm^2$

$Cantidad\ de\ varillas = 24.27cm^2 / 5.07cm^2 = 4.78$

**Por lo que se propone cinco varillas #8 corridas**

Refuerzo cama inferior  $L/2 = A_s \text{ tensión} - A_s \text{ corrido} \rightarrow 48.55 \text{ cm}^2 - 24.27 \text{ m}^2$   
 $= 24.27 \text{ cm}^2$

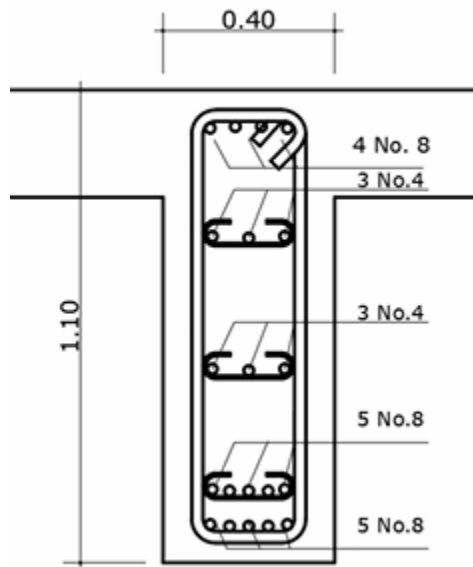
Cantidad de varillas  $= 24.27 \text{ cm}^2 / 5.07 \text{ cm}^2 = 4.78$

**Por lo que se propone cinco varillas #8 a  $L/2$**

Refuerzo adicional  $= 5.29 \text{ cm}^2$  por cada metro de alto  $= 5.29 \text{ cm}^2 * 1.30 \text{ m} =$   
 $6.88 \text{ cm}^2$  Varilla #4

Cantidad de varillas  $= 6.88 \text{ cm}^2 / 1.27 \text{ cm}^2 = 5.42$

**Por lo que se propone seis varillas #4 a centro de viga**



### **Diseño a corte de viga**

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$d = 103.73 \text{ cm}$

Varilla #4

Diámetro de varilla 1.27 cm

Área de varilla  $1.27 \text{ cm}^2$

Corte por carga muerta  **$V_{cm} = 4,219.30 \text{ kg}$**

Corte por carga viva  **$V_{cv} = 16513.33 \text{ kg}$**

### Esfuerzo cortante último

$$V_u = 1.3 * \left( V_{cm} + \frac{5}{3} * (V_{cv} * I) \right)$$

$$V_u = 1.3 * \left( 24219.30 + \left( \frac{5}{3} * 16513.33 * 1.29 \right) \right) = 77552.10 \text{ kg}$$

Separación de refuerzo a corte para área confinada =  $2H \rightarrow 2 * 1.30\text{m} = 2.6\text{m}$

$$\text{Separacion área confinada} = \frac{A_c * f_y * d}{V_u} = \frac{1.27 \text{ cm}^2 * 4200 * 123.73 \text{ cm}}{77552.10 \text{ kg}} = 8.51 \text{ cm}$$

**Se colocará refuerzo en área confinada de varillas #4 a cada 5cm por 2.6m.**

Separación máxima =  $d/2 \leq 30\text{cm} \rightarrow 123.73/2 \leq 30\text{cm} \rightarrow 51.865 \leq 30\text{cm}$

Se toma en cuenta que  $d/2$  no es menor que la separación máxima que permite el ACI, por lo que se procede a colocar el acero a la separación establecida por dicha normativa, la cual es de 30cm en área no confinada.

**Para armado final se colocará estribos #4@0.05m en área confinada por 2.2m y estribos #4@0.30m en área no confinada.**

