

IV. EJEMPLOS ILUSTRATIVOS

A. Superestructura: losa, subestructura: ciclópeo o concreto reforzado

Datos:

Nombre: Río El León
Ubicación: CA-2 Oriente Estación 101+716.44
Año de construcción: Julio 1,981
Carga viva: HS 20-44
Especificaciones de diseño: AASHO 1,973
Concreto clase A: 3,000 lb/in²
Recubrimiento: Vigas y columnas: 5 cm, losas: 4 cm (superficie de rodadura) y 2.5 cm para los demás casos. Medido desde el rostro de la barra y la superficie de concreto.
Acero: M 31-54 y ASTM A 305-501
Ancho de rodadura: 8.00 metros
Luz losa: 6.50 m = 21.32 ft

Cargas (Losa):

Muertas:

Figura 8: Elevación puente río León

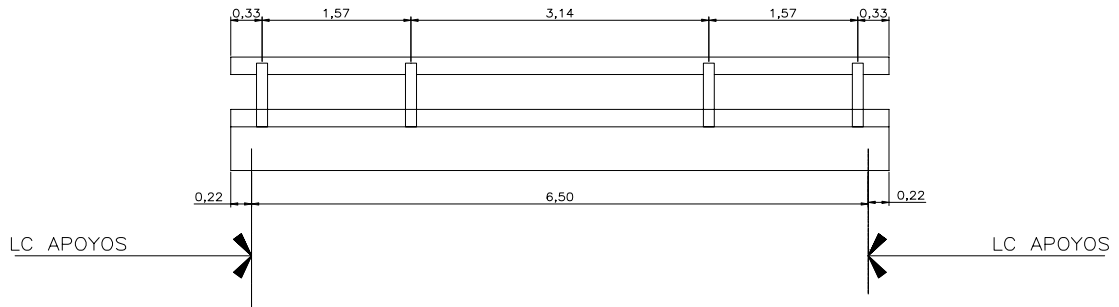


Figura 9: Sección transversal puente río El León

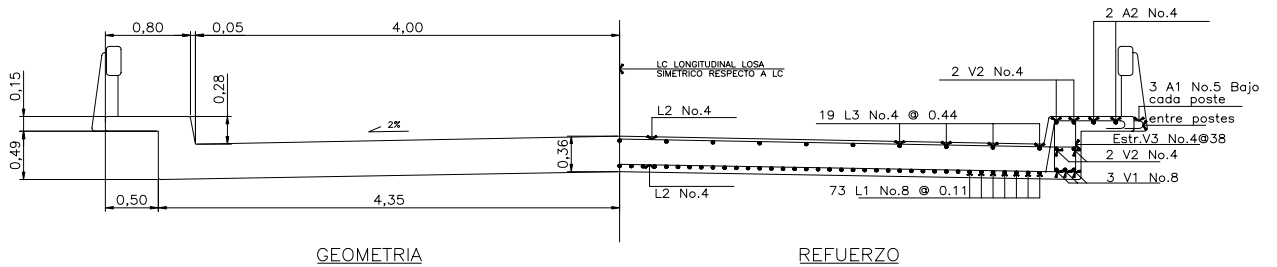
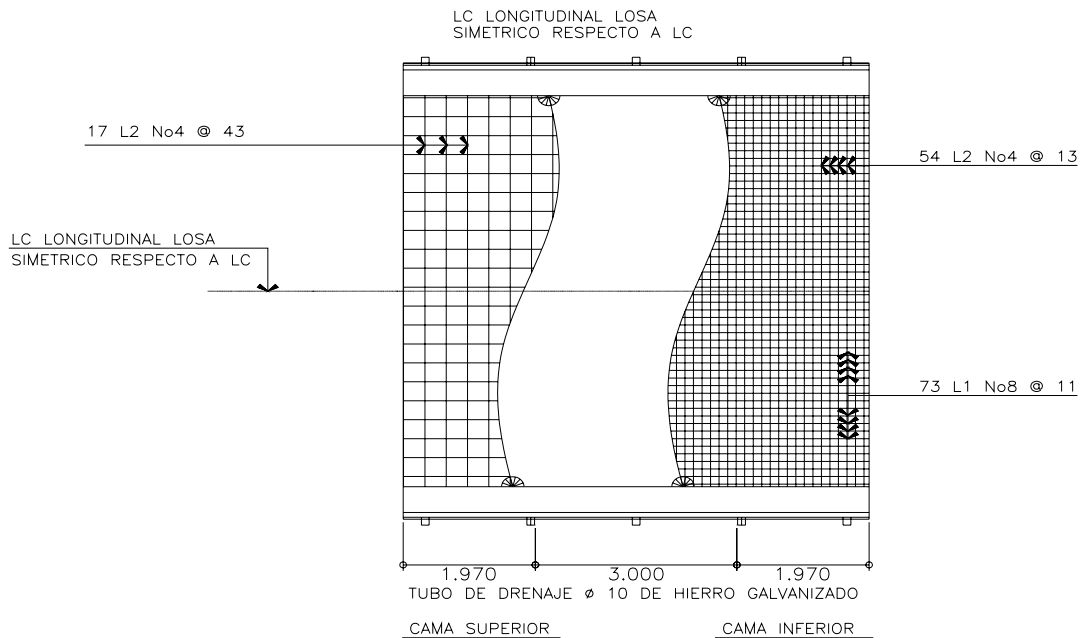


Figura 10: Planta puente río El León



Concreto estructural:

$$0.15 \text{ k / ft}^3 * \left[\left(\frac{14.17 \text{ in}}{12 \text{ pu lg/ ft}} \right) \right]$$

Concreto estructural:

$$0.18 \text{ k/ft}^2$$

Cubierta de asfalto:

se asume 5 in $0.144 \text{ k / ft}^3 * \left(\frac{5 \text{ in}}{12 \text{ in / ft}} \right)$

Cubierta de asfalto:

$$0.06 \text{ k/ft}^2$$

W_{dl} :

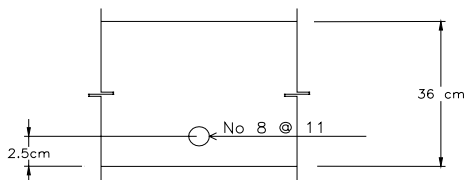
$$0.18+0.06=$$

$$0.24 \text{ k/ft}$$

Viva: Carga HS20

Propiedades de la sección:

Figura 11: Ubicación del acero en losa puente río El León



$$d = 14.17 \text{ in} - 0.5 \text{ in} - 0.98 \text{ in} =$$

$$12.69 \text{ in}$$

Momentos en el medio:

$$M_d = \frac{w_{dl} L^2}{10} = 16.33 \text{ k-ft por ft de losa}$$

Para la carga HS-20 en AASHTO 3.24.3.2, $M_L = 900 \cdot S$, claros hasta 50 ft inclusive $M_L = 900 \cdot 21.32 \text{ ft}$

$$\begin{aligned} M_L &= 19,188.00 && \text{ft-lb} \\ M_L &= 19.19 && \text{ft-k} \end{aligned}$$

Rango de esfuerzo permitido (Ver capítulo III.D.1, III.E.2 y III.F.2 de este trabajo)

Impacto - Ver capítulo III.G.4, de este trabajo, usar las especificaciones estándar de la AASHTO

AASHTO 3.8.2.1

$$I = \frac{50}{L+125} \leq 0.30$$

$$I = \frac{50}{2132+125} = 0.34, \text{ Usar } 0.30$$

Entonces:

$$M_{L+I} = M_L (1 + I) = 24.94 \text{ ft-k}$$

Nivel de inventario - Ver capítulo III.E.2 y III.F.2.d de este trabajo. El esfuerzo unitario de inventario es determinado en concordancia con el método de diseño de carga de servicio de la AASHTO, Artículo 8.15 o tomado del capítulo III. F.2.d, de este trabajo.

Entonces el esfuerzo permitido de inventario, AASHTO 8.15.2.1.1.

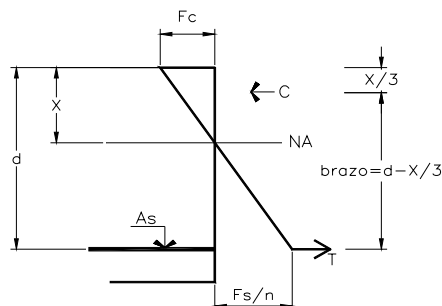
$$f_c^I = 0.4 f_c^* = 1,200 \text{ psi} = 1.2 \text{ ksi}$$

Para el acero de refuerzo, ver capítulo III.F.2.c., de este trabajo, controla:

$$f_s^I = 24,000 \text{ psi} = 24 \text{ ksi (Grado 60)}$$

Capacidad de la sección (Enfoque tradicional AASHTO 8.15)

Figura 12: Diagrama de fuerzas y esfuerzos puente río El León



Desde que la localización de el eje neutro (NA) y el correspondiente esfuerzo en el acero y concreto no son conocidos se determinará con los principios de equilibrio de la sección transversal.

(1) De los esfuerzos de la sección transversal:

$$\frac{f_c}{x} = \frac{f_s/n}{d-x} \rightarrow f_c = \frac{f_s}{n} \left(\frac{x}{d-x} \right)$$

(2) Asumiendo que el esfuerzo permitido del acero controla la capacidad de la sección. Se chequeará más tarde, entonces:

$$T = A_s f_s = 52.8 \text{ k}$$

y

$$C = 1/2 f_c b x$$

pero

$$C = T$$

entonces

$$1/2 f_c b x = A_s f_s$$

$$x = \frac{A_s f_s}{1/2 f_c b}$$

Resolviendo ecuación 1 y ecuación 2 para encontrar la localización del eje neutro. Con $f_s = 24 \text{ ksi}$, $n = 10$, $A_s = 2.20 \text{ in}^2/\text{ft}$ y $b = 12.00 \text{ in}$, tenemos que $x = 1.98 \text{ in}$

(3) Encontrando la capacidad

$$\text{brazo} = d - x/3 = 12.03 \text{ in}$$

$$M = A_s f_s (\text{brazo}) = 635.18 \text{ in-k} = 52.93 \text{ ft-k}$$

$$M_{RI} = 52.93 \text{ ft-k}$$

$$RF_I^A = \frac{M_{RI} - M_D}{M_{L+I}} = 1.47 \quad \text{Ecuación 1-E, ver capítulo III de este trabajo.}$$

Nivel de operación: Ver capítulo III. E.2 y III. F.2.d de este trabajo.

Los esfuerzos de operación permitidos, según el capítulo III.F.2.d, de este trabajo, para $f_c = 3,000 \text{ psi}$:

$$f_c^o = 1,900 \text{ psi} = 1.9 \text{ ksi}$$

Para el acero de refuerzo, ver capítulo III. F.2.c., de este trabajo, controla:

$$f_s^o = 36,000 \text{ psi} = 36 \text{ ksi}$$

$$J_s = 50,000 \text{ psi} =$$

Las relaciones básicas definidas previamente aplican:
Desde que "n" no cambia

Entonces:

$$M = A_s f_s (\text{brazo}) = 952.78 \text{ in-k} = 79.40 \text{ ft-k}$$

y chequeando el esfuerzo del concreto para asegurar que no controla:

$$f_c = \frac{f_s}{n} \left(\frac{x}{d - x} \right) = 0.67 \text{ psi} < 1.9 \text{ ksi permitido}$$

Entonces, la capacidad es controlada por el esfuerzo permitido del acero.

$$M_{RO} = 79.40 \text{ ft-k}$$

$$RF_O^A = \frac{M_{RO} - M_D}{M_{L+I}} = 2.53$$

Capacidad basada sobre esfuerzos permisibles, Carga HS-20

Inventario:	1.47×36^T	52.83^T HS
Operación:	2.53×36^T	91.08^T HS

Rango de factor de carga . (Ver capítulo III. D.2, III.E.3 y III. F.3, de este trabajo)

Impacto - Ver capítulo III.G.4, de este trabajo, use las especificaciones estándar de la AASHTO

AASHTO 3.8.2.1

$$I = \frac{50}{L+125} \leq 0.30$$

$$I = \frac{50}{2132+125} = 0.34, \text{ Use } 0.30$$

Entonces:

$$M_{L+I} = M_L (1 + I) = 24.94 \text{ ft-k}$$

Capacidad de la sección. Ver capítulo III. F.3.b., de este trabajo.

Para el acero en el año de 1,981 se consigna un f_y de 60,000 psi = 60 ksi

Mu es encontrado en concordancia con los requerimientos aplicables de resistencia de la AASHTO, artículo 8.16.

Considerando una sección rectangular con la compresión limitada por la parte superior de la losa. Entonces chequee el capítulo III. F.3.b., de este trabajo, el requerimiento para el 75% de la condición balanceada.

$$\rho_{act} = \frac{A_s}{b * d} = 0.0144 \quad \text{Donde } b = 12 \text{ in, } d = 12.69 \text{ in, } A_s = 2.20 \text{ in}^2$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_{bal} = 0.75 \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \frac{87000}{87000 + f_y} =$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 * 0.85 * 3000}{60000} \frac{87000}{87000 + 60000} = 0.01604$$

$$\rho_{act} = 0.0144 < \rho_{max} = 0.01604 \rightarrow OK$$

Entonces:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad \text{Ecuación AASHTO 8-17}$$

con	$A_s =$	2.2 in ²
	$f_y =$	60 ksi
	$f'_c =$	3 ksi
	$b =$	12 in

$$a = 4.31 \text{ in}$$

$$M_R = A_s f_y (d - a/2) \quad \text{Ecuación AASHTO 8-16}$$

$$M_R = 1,390.62 \text{ in-k} = 115.89 \text{ ft-k}$$

$$M_U = \phi M_R \quad \phi : \text{AASHTO 8.161.2.2 igual a } 0.90$$

$$M_U = 0.90 * 115.89 = 104.30 \text{ ft-k}$$

Nivel de inventario: Ver capítulo III. E.1 y III. F.3, de este trabajo.

$$R_I^{LF} = \frac{M_U - A_1 M_D}{A_2 M_{L+I}} \quad \text{Ecuación 1-E, ver capítulo III de este trabajo.}$$

en concordancia con Tesis III. E.3

$$A_1 = 1.3$$

$$A_2 = 2.17$$

$$R_I^{LF} = \frac{104.30 - 1.3 * 16.33}{2.17 * 24.94} = 1.53$$

Nivel de operación: Ver capítulo III. E.1 y III. F.3, este trabajo

$$R_O^{LF} = \frac{M_U - A_1 M_D}{\dots}$$

$$R_O^{LF} = \frac{M_U - \gamma_1 M_D}{A_2 M_{L+I}} \quad \text{Ecuación 1-E, Ver capítulo III de este trabajo.}$$

en concordancia con capítulo III. E.3 de este trabajo

$$\gamma_D = A_1 = 1.3$$

$$\gamma_L = A_2 = 1.3$$

$$R_I^{LF} = \frac{10430 - 1.3 * 1633}{1.3 * 24.94} = 2.56$$

Capacidad basada sobre factor de carga HS-20

Inventario:	1.53 x 36 ^T	55.08 ^T HS
Operación:	2.56x 36 ^T	92.16 ^T HS

Rango de factor de carga y resistencia. (Ver capítulo III. D.3, III.E.4 y III. F.4, de este trabajo)

Impacto - Ver capítulo III.G.4, de este trabajo, usar las condiciones de la superficie de rodadura

$$I = 0.20 \quad (\text{superficie áspera y con abultamientos})$$

Carga viva. Ver capítulo III.G.2, de este trabajo, usar la carga HS20 por ser consistente con los otros métodos de rango. Normalmente se usarían los vehículos de rango (Ver Figura 6) o las cargas de carril (Ver Figura 7)

Entonces:

$$M_L = 19.19 \text{ ft-k}$$

$$I = 0.20$$

$$M_{L+I} = M_L(1+I) = 23.03 \text{ ft-k}$$

Capacidad de la sección. Ver capítulo III. F.4.a, de este trabajo.

$$M_R = M_N = \frac{M_U}{\phi} \quad \text{Encontrado en concordancia con AASHTO Artículo 8.16}$$

donde:

$$M_R = 115.89 \text{ ft-k} \quad (\text{Ver método de Rango de Carga})$$

Nivel de rango

$$RF^{LRF} = \frac{\phi M_R - \gamma_D M_D}{\gamma_L M_{L+I}} \quad \text{Ecuación 2-E, ver Capítulo III de este trabajo.}$$

donde:

$$\phi = 0.85 \quad \text{Ver capítulo III.E.4., Tabla 2(b), de este trabajo losa de concreto reforzado, redundante, inspección estimada, mantenimiento intermitente y condición aceptable.}$$

$$\gamma_D = 1.2 \quad \text{Ver capítulo III.E.4.d, de este trabajo, se estima una cubierta de asfalto.}$$

$$\gamma_L = 1.8 \quad \text{Ver capítulo III.E.4.d, de este trabajo, ADDTT < 1000 y poco esfuerzo}$$

$$M_D = 16.33 \quad \text{ft-k}$$

$$M_{L+I} = 23.03 \quad \text{ft-k}$$

$$RF^{LRF} = 1.90$$

Capacidad basada sobre factor de carga y resistencia, HS-20

$$1.90 \times 36^T \quad 68.53^T \text{ HS}$$

RESUMEN DE RESULTADOS

Método	RF	Máxima carga vehículo HS
Esfuerzo permitido		
Inventario	1.47	52.83
Operación	2.53	91.08
Factor de carga		
Inventario	1.53	55.08
Operación	2.56	92.16
Factor de carga y resistencia	1.90	68.53