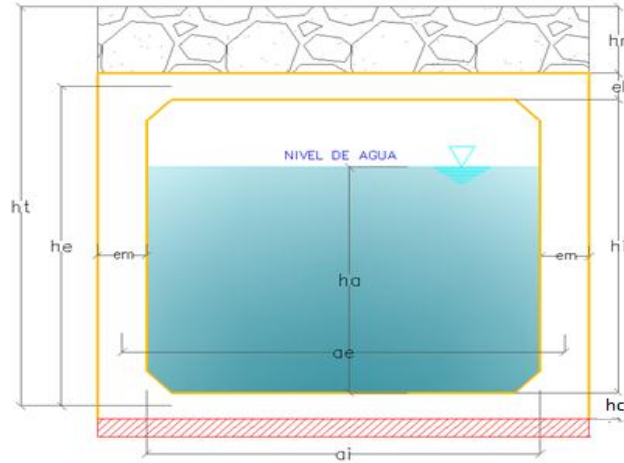


DISEÑO DE ALCANTARILLA MCA 2x2 (Hr=0.23)



1. DATOS DE DISEÑO

MATERIALES:

Resistencia del Concreto (f'c):	28 Mpa
Esfuerzo de fluencia (fy):	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario del concreto:	24 Kn/m <sup>3</sup>
Peso específico del relleno:	18 kn/m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción interna del relleno (φ):	30
Peso específico del agua:	10 kn/m <sup>3</sup>
Peso específico del asfalto:	22.5 kn/m <sup>3</sup>
Esfuerzo admisible del terreno:	1.93 Kg/cm <sup>2</sup>

1. CARACTERISTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN

Altura de relleno (hr):	0.23 m
Espesor de la losa (el):	0.25 m
Altura interna (hi):	2 m
Espesor del muro (em):	0.25 m
Altura de cimentación (hc):	0.25 m
Altura entre ejes de losa (he):	2.25 m
Altura de alcantarilla del eje de losa inferior al nivel de	2.605 m
Altura de agua (ha):	1.5 m
Ancho interior (ai):	2 m
Ancho entre ejes de muros (ae):	2.25 m
Espesor del pavimento (ep):	0.075 m

2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

\* ESTADOS LÍMITES

Diseño por factores de carga y resistencia, AASHTO LRFD 1.3.2.1-1

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$$

- Factor de modificación de carga (η<sub>i</sub>) para un valor máximo de Y<sub>i</sub>, AASHTO LRFD 1.3.2.1-2

$$\eta_i = \eta_D \eta_R \eta_I \geq 0,95$$

Factor modificador	Servicio	Resistencia	Fatiga
Ductilidad n <sub>D</sub>	1	0.95	1
Redundancia n <sub>R</sub>	1	1	1
Importancia operativa (Puentes poca importancia) n <sub>I</sub>	1	1	1
Importancia operativa (Puentes importantes) n <sub>I</sub>	1	1.05	1



- Factor de resistencia, AASHTO LRFD 5.5.4.2.1

Factor de resistencia	$\phi$
Flexión y tracción del concreto armado	0.9
Flexión y tracción del concreto pretensado	1.00
Corte y torsión	
Concreto de densidad normal	0.90
Concreto de baja densidad	0.70

- Factores de carga para la sollicitación mayorada AASHTO LRFD Tabla 3.4.1-1 y Tabla 3.4.1-2

COMBINACIONES Y FACTORES DE CARGA			
Combinación	Servicio	Resistencia I (máx)	Resistencia I (mín)
DC: Peso propio permanente	1.00	1.25	0.90
DW: Superficie de rodadura	1.00	1.50	0.65
EV: Carga de tierra vertical	1.00	1.30	0.90
WA: Carga hidrostática	1.00	1.00	1.00
EH: Empuje lateral de suelo	1.00	1.35	0.90
ES: Empuje por sobrecarga de suelo	1.00	1.50	0.75
LS: Empuje por sobrecarga vehicular	1.00	1.75	0.00
LL+IM: Sobrecarga vehicular	1.00	1.75	0.00

### 3. CARGAS SOBRE LA ALCANTARILLA (En un metro de ancho)

#### 3.1. Presión vertical, Carga de suelo total no mayorada

Para instalaciones bajo terraplén, AASHTO LRFD 12.11.2.2.1-1 y 12.11.2.2.1-2

$$EV = \gamma H$$

Presión vertical en la parte superior de la alcantarilla:

$$EV = 4.14 \text{ Kn/m}^2$$

#### 3.2. Presión horizontal del terreno (EH = p), AASHTO LRFD 3.11.5.1-1 y 3.11.5.2-1

$$p = k \gamma_s g z (\times 10^{-9})$$

$$k_o = 1 - \sin \phi'_f$$

$$K_o = 0.50$$

Presión lateral del terreno en la parte sup: **3.20 Kn/m<sup>2</sup>**

Presión lateral del terreno en la parte inf: **23.45 Kn/m<sup>2</sup>**

#### 3.3. de Agua (WA):

Cuando la alcantarilla esta colmada, la presión de agua es cero.

Cuando existe agua a un nivel determinado en el interior de la alcantarilla, la presión lateral es:

$$WA = 15.00 \text{ Kn/m}^2$$

#### 3.4. Sobrecarga vehicular (LL+IM):

- El factor de carga dinámica (IM) para el caso de elementos enterrados, AASHTO LRFD 3.6.2.2

$$IM = 33 (1.0 - 4.1 \times 10^{-4} D_e) \geq 0\%$$

Donde DE = hr

$$IM = 29.89 \%$$



- Para el cálculo del ancho de la franja en alcantarillas tipo cajón tener las consideraciones del AASHTO LRFD 4.6.2.10; para profundidades de relleno menores a 0.60m

### 3.4.1. Sobrecarga vehicular debido al camión de diseño (Una vía cargada)

Para este caso el factor de presencia múltiple es  $m=1.2$

#### \* Perpendicular a la dirección del tráfico (AASHTO LRFD 4.6.2.10.2-1):

$$E_T=2440+0.12S : 2.68 \text{ m}$$

#### \*Paralelo a la dirección del tráfico (AASHTO LRFD 4.6.2.10.2-2):

$$E_L=L_T+LLDF(H_r) : 0.5145 \text{ m}$$

#### \*Cálculo de la intensidad de la sobrecarga vehicular :

$$S/C=(145 \times I M x m)/(E_T \times E_L) : 163.91 \text{ Kn/m}^2$$

### 3.5. Superficie de rodadura (DW)

Asfalto: **1.688 Kn/m**

### 3.6. Empuje Equivalente de Suelo por Sobrecarga Vehicular (LS):

Empuje Equivalente de Suelo, Distribución rectangular:

$$LS=K_o \times Y_s \times h_{eq}:$$

$$h_t: 2.61$$

$$h_{eq}: 0.979$$

$$LS: \mathbf{8.81 \text{ Kn/m}}$$

### 4.0 RIGIDEZ VERTICAL DEL RESORTE

Esfuerzo Adm. del Terreno:	1.93 Kg/cm <sup>2</sup>
K <sub>b</sub> :	38740 Kn/m <sup>3</sup>
N <sub>seg</sub> :	10
L <sub>seg</sub> :	0.225 m
A:	1 m
K <sub>ri</sub> :	8716.5 Kn/m
K <sub>re</sub> :	4358.3 Kn/m

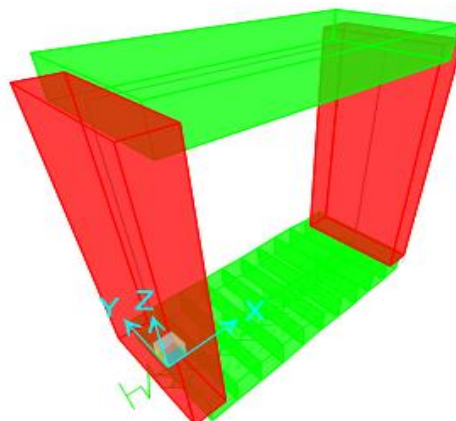
### 5.0 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA

Combinaciones de Carga:

$$E1: 1.25DC+1.50DW+1.30EV+0.90EH+1.00WA+1.75LL+1.75LS$$

$$E2: 1.25DC+1.50DW+1.30EV+1.35EH+1.75LL+1.75LS$$

$$E3: 0.9DC+0.65DW+0.90EV+1.35EH+1.75LL+IM+1.75LS$$



Modelo en el SAP 2000



## 6.0. DISEÑO POR FLEXIÓN

Se realizó un modelo matemático en el SAP 2000 para la representación de la alcantarilla sometida a los esfuerzos actuantes para un metro lineal. En el siguiente gráfico se puede visualizar el momento flector.

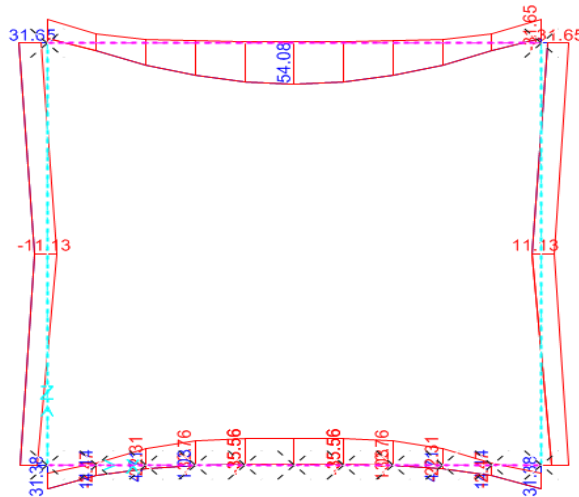


Diagrama de Momento Flector

Mu(+) Losa superior=	54.08 Kn-m
Mu(-) Losa superior=	31.65 Kn-m
Mu(+) Pared Lateral=	31.65 Kn-m
Mu(-) Pared Lateral=	11.13 Kn-m
Mu(+) Losa inferior=	31.38 Kn-m
Mu(-) Losa inferior=	35.56 Kn-m

### 6.1. Cálculo del Refuerzo en la losa:

#### 6.1.1. Cálculo del Refuerzo positivo- cara inferior:

##### Momento Mínimo:

a)  $1.2M_{cr} = 1.2f_r \cdot S$

$f_r = 0.63 \text{raiz}(f'c):$	3.33 Mpa
$S = bh^2/6:$	0.01 m <sup>3</sup>
$1.2M_{cr}:$	41.67 Kn-m/m

b)  $4/3 \cdot Mu$

Mu:	54.08 Kn/m
$4/3 \cdot Mu:$	72.10 Kn-m/m
M mínimo:	41.67 Kn-m/m

##### Cálculo del refuerzo:

$M_{u \text{ diseño}} =$	54.08 Kn-m/m	Máx. ( Mu, Mmínimo)
$M_{u \text{ diseño}} =$	5.41 T-m	
$F'_c:$	280 Kg/cm <sup>2</sup>	
$F_y:$	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	

Usando:

$\phi$	1/2"
Diámetro:	1.27 cm
Area:	1.27 cm <sup>2</sup>
r:	3 cm
$e_{losa}:$	0.25 m
z:	3.64 cm
d=	21.37 cm



As:	$Mu/0.9fy(d-a/2)$		
a:	0.18 As		
a:	1.22 cm		
As:	6.89 cm <sup>2</sup>		
<b>A1: 1/2" @ 0.15m</b>		<b>As Colocado:</b> 8.47 cm <sup>2</sup>	<b>OK !!!</b>

### 6.1.2. Cálculo de Armadura de Distribución:

LRFD 9.7.3.2 (La armadura de distribución paralela al tráfico)

1750/raiz(S)<50%:	36.89	<	50 %
% Repartición:	36.89		
As repartición:	2.54 cm <sup>2</sup>		
φ	3/8"		
Diámetro:	0.95 cm		
Área:	0.71 cm <sup>2</sup>		
<b>A2: 3/8" @ 0.25m</b>		<b>As Colocado:</b> 2.84 cm <sup>2</sup>	<b>OK !!!</b>

### 6.1.3. Cálculo del Refuerzo negativo- cara superior:

#### Momento Mínimo:

a) $1.2M_{cr}=1.2f_r*S$	
$f_r=0.63\text{raiz}(f'_c)$ :	3.33 Mpa
1.2M <sub>cr</sub> :	41.67 Kn-m/m
b) $4/3*Mu$	
Mu:	31.65 Kn-m/m
$4/3*Mu$ :	42.20 Kn-m/m
M mínimo:	41.67 Kn-m/m

#### Cálculo del refuerzo:

$M_{u \text{ diseño}}=$	41.67 Kn-m/m	Máx. ( Mu, Mmínimo)
$M_{u \text{ diseño}}=$	4.17 T-m	
$F'_c$ :	280 Kg/cm <sup>2</sup>	
$F_y$ :	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	
Usando:		
φ	1/2"	
Diámetro:	1.27 cm	
Área:	1.27 cm <sup>2</sup>	
r:	3.00 cm	
$e_{\text{losa}}$ :	0.25 m	
z:	3.64 cm	
d=	21.37 cm	
As:	$Mu/0.9fy(d-a/2)$	
a:	0.18 As	
a:	0.93 cm	
As:	5.27 cm <sup>2</sup>	
<b>A3: 1/2" @ 0.2m</b>		<b>As Colocado:</b> 6.35 cm <sup>2</sup> <b>OK !!!</b>

### 6.1.5. Cálculo del Acero de Temperatura:

b=	2500 mm	
h=	250 mm	
As:	0.20 mm <sup>2</sup> /mm	
0.233	$\leq As \leq$	1.27
As:	2.33 cm <sup>2</sup> /m	
φ	3/8"	
Diámetro:	0.95 cm	
Área:	0.71 cm <sup>2</sup>	
<b>A4: 3/8" @ 0.25m</b>		<b>As Colocado:</b> 2.84 cm <sup>2</sup> <b>OK !!!</b>



## 6.2. Cálculo de Refuerzo en Paredes Laterales

### 6.2.1. Cálculo del Refuerzo Positivo-Cara Interior:

#### Momento Mínimo:

a)  $1.2M_{cr}=1.2f_r*S$

$f_r=0.63\text{raiz}(f'_c):$  3.33 Mpa  
 $S=bh^2/6:$  0.01 m<sup>3</sup>  
 $1.2M_{cr}:$  41.67 Kn-m/m

b)  $4/3*Mu$

$Mu:$  31.65 Kn-m/m  
 $4/3*Mu:$  42.20 Kn-m/m  
 $M$  mínimo: 41.67 Kn-m/m

#### Cálculo del refuerzo:

$M_{u \text{ diseño}}=$  41.67 Kn-m/m Máx. (  $M_u$ ,  $M_{\text{mínimo}}$ )

$M_{u \text{ diseño}}=$  4.17 T-m

$F'_c:$  280 Kg/cm<sup>2</sup>

$F_y:$  4200 Kg/cm<sup>2</sup>

Usando:

$\phi$  1/2"

Diámetro: 1.27 cm

Área: 1.27 cm<sup>2</sup>

$r:$  3.00 cm

$e_{\text{pared}}:$  0.25 m

$z:$  3.64 cm

$d=$  21.37 cm

$As:$   $Mu/0.9fy(d-a/2)$

$a:$  0.18 As

$a:$  0.93 cm

$As:$  5.27 cm<sup>2</sup>

**L1: 1/2" @ 0.2m**

**As Colocado: 6.35 cm<sup>2</sup>**

**OK !!!**

### 6.2.2. Cálculo del Refuerzo Negativo-Cara Exterior:

#### Momento Mínimo:

a)  $1.2M_{cr}=1.2f_r*S$

$f_r=0.63\text{raiz}(f'_c):$  3.33 Mpa  
 $S=bh^2/6:$  0.01 m<sup>3</sup>  
 $1.2M_{cr}:$  41.67 Kn-m/m

b)  $4/3*Mu$  14.84 Kn-m/m

$Mu:$  11.13 Kn-m/m

$4/3*Mu:$  14.84 Kn-m/m

$M$  mínimo: 14.84 Kn-m/m

#### Cálculo del refuerzo:

$M_{u \text{ diseño}}=$  14.84 Kn-m/m Máx. (  $M_u$ ,  $M_{\text{mínimo}}$ )

$M_{u \text{ diseño}}=$  1.48 T-m

$F'_c:$  280 Kg/cm<sup>2</sup>

$F_y:$  4200 Kg/cm<sup>2</sup>

Usando:

$\phi$  3/8"

Diámetro: 0.95 cm

Área: 0.71 cm<sup>2</sup>

$r:$  3.00 cm

$e_{\text{pared}}:$  0.25 m

$z:$  3.48 cm

$d=$  21.53 cm

$As:$   $Mu/0.9fy(d-a/2)$

$a:$  0.18 As

$a:$  0.32 cm

$As:$  1.84 cm<sup>2</sup>

**L2: 3/8" @ 0.25m**

**As Colocado: 2.84 cm<sup>2</sup>**

**OK !!!**



### 6.2.3. Acero de Refuerzo Transversal:

h=	2500 mm		
b=	250 mm		
As:	0.20 mm <sup>2</sup> /mm		
0.233	≤As≤	1.27	
As:	2.33 cm <sup>2</sup> /m		
φ	3/8"		
Diámetro:	0.95 cm		
Área:	0.71 cm <sup>2</sup>		
<b>L3:</b>	<b>3/8" @ 0.25m</b>	<b>As Colocado:</b>	2.84 cm <sup>2</sup> <b>OK !!!</b>

### 6.3. Cálculo de Refuerzo en Cimentación:

#### 6.3.1. Refuerzo Negativo- Cara Superior

##### Momento Mínimo:

a) $1.2M_{cr}=1.2f_r*S$	
$f_r=0.63\text{raiz}(f'_c)$ :	3.33 Mpa
$S=bh^2/6$ :	0.01 m <sup>3</sup>
1.2Mcr:	41.67 Kn-m/m
b) $4/3*Mu$	
Mu:	35.56 Kn-m/m
$4/3*Mu$ :	47.41 Kn-m/m
M mínimo:	41.67 Kn-m/m

##### Cálculo del refuerzo:

$M_{u \text{ diseño}}=$	41.67 Kn-m/m	Máx. ( Mu, Mmínimo)
$M_{u \text{ diseño}}=$	4.17 T-m	
$F'_c$ :	280 Kg/cm <sup>2</sup>	
$F_y$ :	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	
Usando:		
φ	1/2"	
Diámetro:	1.27 cm	
Area:	1.27 cm <sup>2</sup>	
r:	3.00 cm	
$e_{\text{losa inferior}}$ :	0.25 m	
z:	3.64 cm	
d=	21.37 cm	
As:	$Mu/0.9fy(d-a/2)$	
a:	0.18 As	
a:	0.93 cm	
As:	5.27 cm <sup>2</sup>	
<b>B1:</b>	<b>1/2" @ 0.2m</b>	<b>As Colocado:</b> 6.35 cm <sup>2</sup> <b>OK !!!</b>

#### 6.3.2. Refuerzo Positivo- Cara Inferior

##### Momento Mínimo:

a) $1.2M_{cr}=1.2f_r*S$	3.33 Mpa
$f_r=0.63\text{raiz}(f'_c)$ :	0.01 m <sup>3</sup>
$S=bh^2/6$ :	41.67 Kn-m/m
1.2Mcr:	41.84 Kn-m/m
b) $4/3*Mu$	
Mu:	31.38 Kn-m/m
$4/3*Mu$ :	41.84 Kn-m/m
M mínimo:	41.84 Kn-m/m



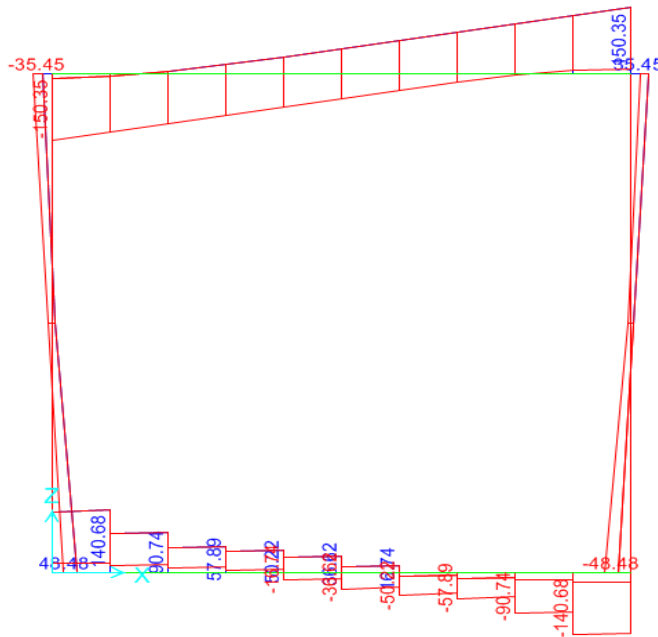
**Cálculo del refuerzo:**

$M_{u \text{ diseño}} =$	41.84 Kn-m/m	Máx. ( $M_u$ , $M_{\text{mínimo}}$ )	
$M_{u \text{ diseño}} =$	4.18 T-m		
$F'_c:$	280 Kg/cm <sup>2</sup>		
$F_y:$	4200 Kg/cm <sup>2</sup>		
Usando:			
$\phi$	1/2"		
Diámetro:	1.27 cm		
Área:	1.27 cm <sup>2</sup>		
r:	3.00 cm		
$e_{\text{losa inferior}}:$	0.25 m		
z:	3.64 cm		
d=	21.37 cm		
As:	$M_u/0.9f_y(d-a/2)$		
a:	0.18 As		
a:	0.93 cm		
As:	5.30 cm <sup>2</sup>		
	<b>B2: 1/2" @ 0.2m</b>	<b>As Colocado: 6.35 cm<sup>2</sup></b>	<b>OK !!!</b>

**6.3.3. Acero de Refuerzo Transversal:**

h=	2500 mm		
b=	250 mm		
As:	0.20 mm <sup>2</sup> /mm		
0.233	$\leq As \leq$	1.27	
As:	2.33 cm <sup>2</sup> /m		
$\phi$	3/8"		
Diámetro:	0.95 cm		
Área:	0.71 cm <sup>2</sup>		
	<b>B3: 3/8" @ 0.25m</b>	<b>As Colocado: 2.84 cm<sup>2</sup></b>	<b>OK !!!</b>

**7. VERIFICACIÓN POR CORTANTE**



*Diagrama de Fuerza Cortante*

Vu (Losa) en la cara :	140.281 Kn
Vu(pared lateral) en la cara:	43.7 Kn
Vu(cimentación) en la cara :	140.68 Kn





### 7.1. Verificación por fuerza cortante en la losa superior

$$V_u = 140.281 \text{ Kn}$$

$$V_c = \left( 0.178 \sqrt{f'_c} + 32 \frac{A_s V_u d_e}{b d_e M_u} \right) b d_e \quad (5.14.5.3-1)$$

Para alcantarillas Tipo Cajón de una sola Celda: AASHTO LRFD 5.14.5.3  
 $V_c \geq 0.25 \text{raiz}(f'_c) b d_e$

En conclusión se tiene:

$$V_c = 0.178 * \text{raiz}(f'_c) b * d_e \geq 0.25 f'_c * b d_e$$

de=	204.15 mm		
b=	1000.00 mm		
F' <sub>c</sub> :	28 Mpa		
V <sub>c</sub> =	270065.07 N		
V <sub>c</sub> =	270.07 Kn		
φV <sub>c</sub> :	243.06 Kn	≥	140.28 Kn

Losa pasa por cortante!

### 7.2. Verificación por Fuerza Cortante en las Paredes Laterales

AASHTO LRFD 5.8.3.3

$$V_u = 43.7 \text{ Kn}$$

$$V_c = 0.083 \beta \text{raiz}(f'_c) * b_v * d_v$$

El  $d_v$  es el mayor de 0.72h y 0.9de

$$0.72h: 180.00 \text{ mm}$$

$$0.9de: 192.29 \text{ mm}$$

$$\text{Donde } d_v: 192.29 \text{ mm}$$

$$b = 1000.00 \text{ mm}$$

$$F'_c: 28 \text{ Mpa}$$

$$V_c = 0.083 \beta \text{raiz}(f'_c) * b_v * d_v \quad 168901.11 \text{ N} \quad \beta : 2$$

$$V_c: 168.90 \text{ Kn}$$

$$\phi V_c: 152.01 \text{ Kn} \quad \geq \quad 43.70 \text{ Kn}$$

Pared lateral pasa por cortante!

### 7.3. Verificación por Fuerza Cortante de losa de cimentación

$$V_u = 140.68 \text{ Kn}$$

Para alcantarillas Tipo Cajón de una sola Celda: AASHTO LRFD 5.14.5.3  
 $V_c \geq 0.25 \text{raiz}(f'_c) b d_e$

En conclusión se tiene:

$$V_c = 0.178 * \text{raiz}(f'_c) b * d_e \geq 0.25 f'_c * b d_e$$

de=	204.15 mm		
b=	1000.00 mm		
F' <sub>c</sub> :	28 Mpa		
V <sub>c</sub> =	270065.07 N		
V <sub>c</sub> =	270.07 Kn		
φV <sub>c</sub> :	243.06 Kn	≥	140.68 Kn

Losa de cimentación pasa por cortante!



### 8. DISTRIBUCIÓN POR ARMADURA

