MEMORIA DE CÁLCULO
BOX CULVERT 1.0 X 1.0 M.

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO

MUNICIPIO DE
VILLAVICENCIO
DEPARTAMETNO DEL META
ENERO DE 2019

19-0500010016

25 JUN 2019

TABLA DE CONTENIDO

DISEÑO ESTRUCTURAL 3

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 3

1.1 EVALUACIÓN DE CARGAS 3
1.1.1 CARGA MUERTA 4
1.1.2 CARGA VIVA 4
1.1.3 CARGA DE EMPUJE LATERAL 4
1.1.4 CARGA SUBPRESIÓN 5
1.1.5 CARGA DE SISMO 5
1.2 COMBINACIÓN DE CARGAS 7
1.3 DISEÑO A FLEXIÓN Y CORTANTE 9

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 14

19-0500010016 25 JUN 2019

DISEÑO ESTRUCTURAL

La elección de la sección del BoxCulvert se realizó en base a criterios tanto económicos como técnicos. La sección cuadrada es la que mejor se adapta a las condiciones de carga de la estructura. A continuación, se presenta su diseño estructural, incluyendo la evaluación de cargas, las combinaciones de diseño, el análisis estructural y el respectivo diseño.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño estructural Box Culvert Municipio
DIRECCIÓN	de Villaviencio – Meta
ALTURA TOTAL	1.40 m
MÉTODO DE DISEÑO USADO	Resistencia Última
MÉTODO DE CÁLCULO ANTISÍSMICO	Fuerza Horizontal Equivalente SAP 2000
PROCESAMIENTO ELECTRÓNICO	V.19
MATERIALES ESPECIFICADOS	Concreto: f´c= 21 MPa (muros y placa) Acero: fy= 420 MPa (Todos los diámetros)
TIPO DE CIMENTACIÓN	Placa flotante
TIPO DE ESTRUCTURA	Sistema industrial en concreto
ZONIFICACIÓN SÍSMICA	Zona Sísmica Alta
PERFIL DE SUELO	D
Coeficiente de Amplificación (F_a)	1.2
Coeficiente de Amplificación (F_v)	1.8
Aceleración Horizontal Pico Efectiva (A_a)	0.35
Velocidad Horizontal Pico Efectiva (A_v)	0.30

1.1 Evaluación de Cargas

Los tipos de carga a los que esta cometida la estructura son los siguientes:

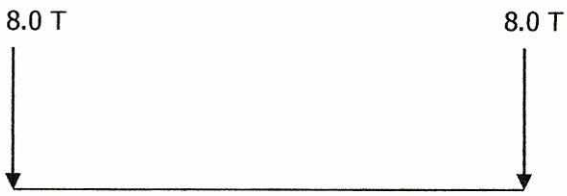
- Carga Muerta: Está conformada por el peso de la vía, es decir el material de relleno. También se incluye el peso propio de la estructura.
- Carga viva: La carga viva viene dada por el camión de diseño de la estructura. Generalmente en Colombia se utiliza el camión C36- 14, por lo que será esta la aplicada en el diseño. No se tienen en cuenta cargas de impacto o de frenado debido a la luz tan corta de la estructura.
- Cargas de empuje lateral: Son las presiones generadas por el relleno lateral
- Carga de sismo: La carga de sismo viene dada por el empuje generado por los empujes laterales del relleno.

1.1.1 Carga Muerta

El espesor del relleno por su densidad es la carga muerta, es decir 7.50mx1.9T/m³*1.0m, es decir 14.25T/m. También se debe incluir el peso propio de la placa.

1.1.2 Carga Viva

La carga viva viene dada por el camión de diseño de la estructura (Camión C36-14), la cual se muestra a continuación:



Camión de Diseño C36-14

Debido a la distancia entre ejes, es claro que en ningún momento se va a tener el camión completo sobre la estructura, sino dos de los ejes solamente. Por ello, se tiene uno de los ejes traseros como directriz de diseño.

1.1.3 Carga de empuje Lateral

El empuje del terreno en la parte lateral depende de las características del terreno. Según los ensayos realizados, los parámetros geotécnicos del mismo son los siguientes:

γ_{seco}= 1.69 gr/cm³= 16.90kN/m³
γ_{sat}= 1.90 gr/cm³= 19.00kN/m³
ϕ= 10°

Dado que el material es granular, el coeficiente de empuje activo viene dado por la siguiente expresión:

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{10}{2}\right) = 0.49$$

El empuje del terreno es una carga distribuida de forma trapezoidal, cuya base está dada por la expresión:

$$P_{terr} = k_a * H * \gamma_{sat} = 0.49 * 1.40 * 19.00 = 13.03 kN/m/m$$

1.1.4 Carga subpresión

El empuje del terreno en la parte inferior es proporcional al volumen de material desplazado, es decir, que con el peso específico podemos encontrar la cara por metro lineal que se genera sobre la estructura:

$$F_{sub} = V * \gamma_{sat} = 1.50 * 19.00 = 28.50 kN/m/m$$

1.1.5 Carga de Sismo

1.1.5.1 Sismo por empuje de tierras

La carga de sismo en el BoxCulvert se expresa como una carga dinámica de empuje de tierra, la cual se puede expresar como un empuje de presión dinámica con las ecuaciones de Mononobe-Okabe:

$$\begin{Bmatrix} K_{ae} \\ K_{pe} \end{Bmatrix} = \frac{\sin^2(\alpha_i \pm \theta \mp \phi)}{\cos\theta \sin^2\alpha_i \sin(\alpha_i \pm \theta \pm \delta)\left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi \mp \beta_i - \theta)}{\sin(\alpha_i \pm \theta \pm \delta)\sin(\alpha_i - \beta_i)}}\right]^2}$$

Los valores de las variables son:

PARAMETROS DE ENTRADA

Ángulo entre la base y la cara del muro	α_i:	90 °
Ángulo de la resultante	θ:	7.2 °
Ángulo de fricción del terreno	ϕ:	10 °
Ángulo de las fuerzas con la normal de la cara del muro	δ:	0 °
Ángulo del terreno con la horizontal del muro.	β_i:	0 °

COEFICIENTES DE EMPUJE

Numerador A	A	1.00
Denominador B	B	0.98
Denominador C	C	1.19
Coeficiente de empuje activo por sísmo	K_{ae}	0.85
Numerador A	A	1.00
Denominador B	B	0.98
Denominador C	C	0.82
Coeficiente de empuje pasivo por sísmo	K_{pe}	1.23

CÁLCULO DE CARGAS

Altura del muro	Hm	1.4 m
Peso específico saturado	γ_{sat}	19 kN/m3
Fuerza de empuje activo	F_{ae}	15.8 kN/m
Longitud del muro	Lm	1.4 m
Fuerza total	Ft	22.1 kN
Número de nodos	N	4
Fuerza por nodo	Fn	5.5

Con estos parámetros el coeficiente de presión activa es K_{ae}= 0.85 La carga de sismo queda:

$$F_{ae} = K_{ae} * \frac{H^2}{2} * \gamma_{sat} = 0.85 * 0.5 * 1.40^2 * 19.00 = 15.83 kN/m$$

El punto de aplicación se coloca al sesenta por ciento (60%) de la altura del muro. Por tanto, la altura de aplicación es de 0.84m.

1.1.5.2 Sismo por peso de la estructura

Debido a que el periodo fundamental de la estructura es un poco incierto, se adopta el mayor valor de aceleración espectral según la norma:

$$F_{e_{Muro}} = Sa_{máx} * W_{muro} * I$$
$$Sa_{máx} = 2.5 A_a$$

Dónde:

$F_{e\ Muro}$: Fuerza de sismo sobre el muro (T)
$Sa_{máx}$: Aceleración máxima de diseño
A_a: Aceleración pico efectiva según NSR-10
W_{muro}: Peso del muro (T)

Para el caso de Villaviencio A_a=0.35. El coeficiente de importancia se toma como el más alto I=1.50

Los tres tipos de elementos en el Box Culvert son: Placa superior, Placa inferior y muros. Los espesores son de 0.20m para la placa superior y los muros, y de 0.20m para la placa inferior. El porcentaje de cambio de peso a sismo es de 0.75. Los pesos de cada tipo de elemento son los siguientes:

1. CARGAS POR EMPUJE DE TIERRAS Y SÍSMO POR TERRENO

Tipo de Estructura	H(m)	Pterr (kN/m/m)	Fae(kN/m)
Boxculvert	1.40	14.60	9.68

2. CARGAS DE SÍSMO POR PESO DE LA ESTRUCTURA

	Area (m2)			Peso (kN)			Sísmo (kN/m)		
Tipo de Estructura	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo
Boxculvert	10.50	10.50	10.50	50.40	50.40	50.40	25.20	25.20	25.20

3. CARGAS DE SUBPRESIÓN

Tipo de Estructura	H(m)	L(m)	F_{sub} (kN/m)
Boxculvert	1.40	1.40	35.28

1.2 Combinación de Cargas

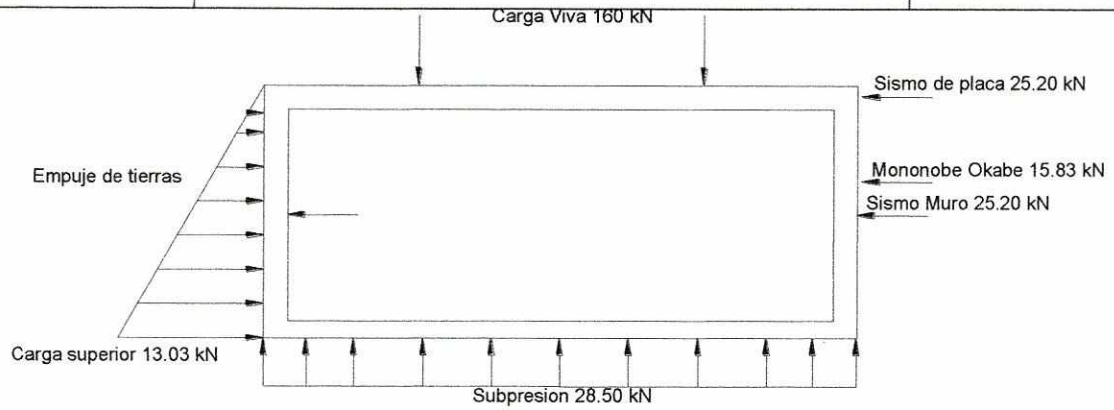
Las combinaciones de carga a usar para el diseño son las siguientes:

I	1.30D	+	2.17 (L+E+W)
II	1.0D	+	(L+E+W+S)

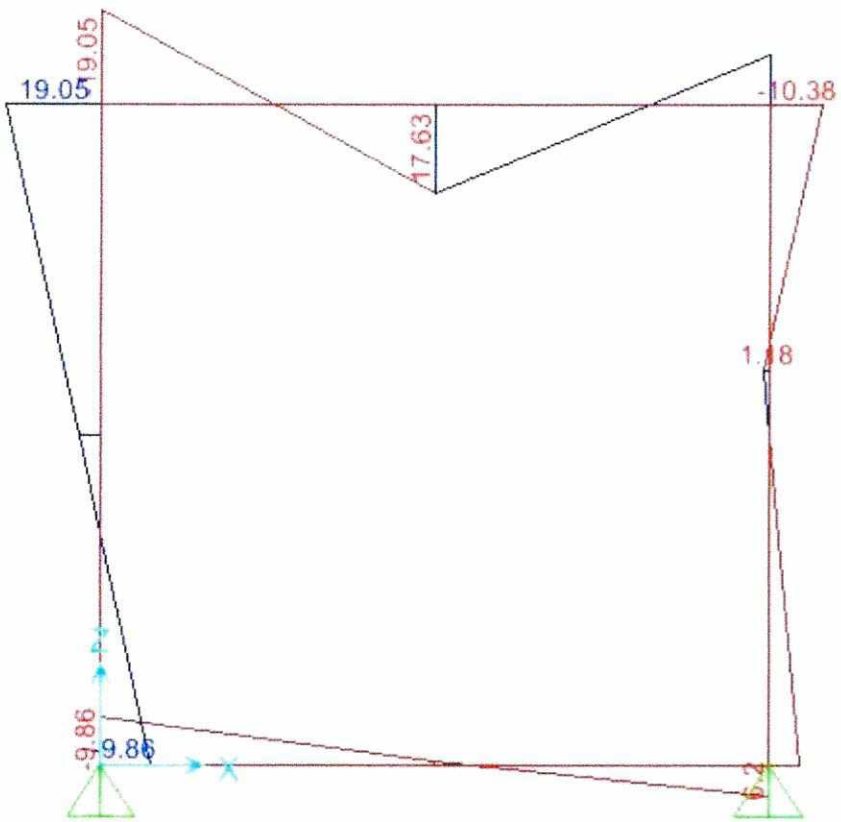
Dónde:

D: Carga Muerta
L: Carga Viva
E: Empuje de Tierras
W: Empuje del Agua
S: Sismo

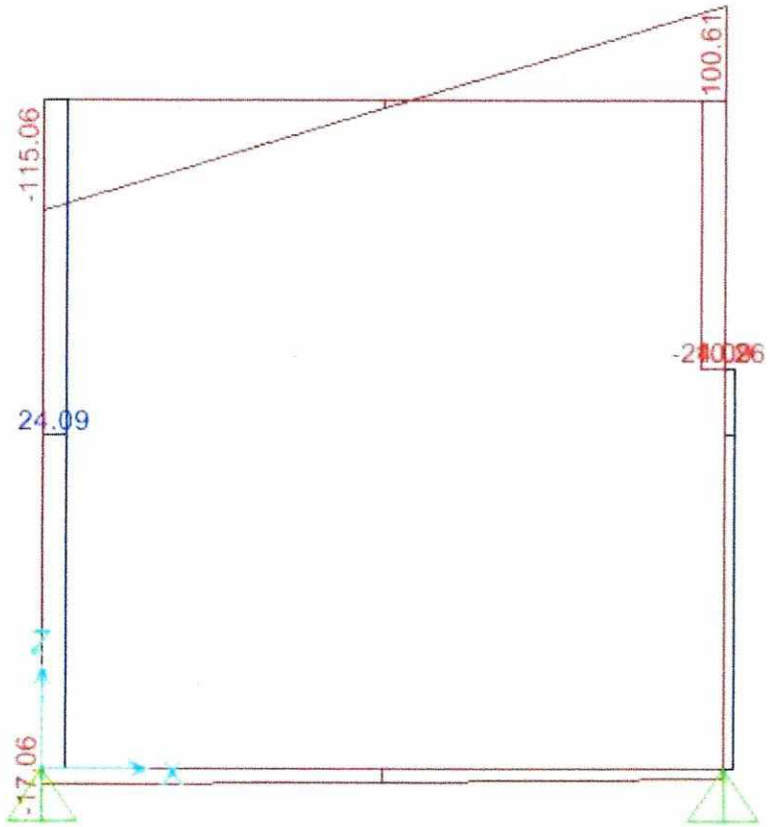
Estas combinaciones fueron derivadas de las combinaciones para puentes aplicadas al caso especial de la estructura. Los modelos estructurales en 2D para estas combinaciones de carga quedan:



Los momentos y cortantes para esta situación se muestran a continuación



Momentos Caso I (kN.m)



Cortante Caso I (kN)

1.3 Diseño A Flexión y Cortante

Las cargas de Diseño para los distintos elementos se presentan a continuación:

Elemento	Momento (kN.m)	Cortante (kN)	Ref Flexión	Ref. Cortante
Cara superior Placa Superior	244.34	71.82	#7 c/0.12	#4 c/0.15
Cara inferior Placa Superior	202.39	50.21	#7 c/0.15	#4 c/0.15
Cara superior Placa inferior	7.31	66.64	#5 c/0.20	#4 c/0.15
Cara inferior Placa inferior	71.35	60.51	#5 c/0.20	#4 c/0.15
Cara Externa Muro	195.83	71.82	#7 c/0.15	#4 c/0.15
Cara interna Muro	71.35	50.21	#5 c/0.20	#4 c/0.15

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

REFUERZO PLACA SUPERIOR

Mn=	19.05	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0021	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA INFERIOR

Mn=	17.05	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0018	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA CIMENTACION SUPERIOR

Mn=	6.20	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0005	
ρ=	0.0007	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA CIMENTACION INFERIOR

Mn=	9.86	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	-3.6595	
ρ=	0.0007	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

REFUERZO MURO CARA INTERNA

Mn=	9.86	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0011	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO MURO CARA EXTERNA

Mn=	19.05	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	-0.0001	
ρ=	0.0021	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

	MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META	
	MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL	

NOTA: UTILICE CUANTÍA MÍNIMA

Vu=	62.31	kN	
Vconc=	121.7	kN	
Vd=	-48.4	kN	
fy(flejes)=	410.0	MPa	
diametro var=	4		
Ramales	1		
Área de var =	129	mm2	0.000129 m2
S=	-0.175	m	-17.48 cm
Límite zona 1	51.73	kN	
Límite zona 2	252.59	kN	
Límite zona 3	482.23	kN	
Separación=	CUANTÍA MÍNIMA	m	

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- Todo el equipo para transporte mezclado del concreto debe de estar limpio
- Todos los residuos se deben de retirar del lugar que va a ocupar el concreto.
- La parte interna de las formaletas debe de estar protegida.
- Refuerzo libre de grasa o cualquier otra sustancia no metálica que impida la adherencia con el concreto.
- Las juntas de construcción deben de limpiarse removiendo la lechada y agua estancada y humedecer antes de la otra fundida.
- El tiempo de mezclado debe de ser el suficiente para producir una mezcla homogénea sin llegar a producir segregación tiempo aprox., recomendado 1 min. y medio luego que todos los componentes estén dentro de la mezcladora a menos que con un tiempo inferior se llegue a la homogeneidad de la mezcla.
- Para evitar la segregación debida al exceso de manipulación de la mezcla esta se debe de realizar cerca del sitio de fundición.
- La velocidad de colocación debe de ser tal que el concreto se encuentra en estado plástico permitiéndole fluir entre las barras de refuerzo.
- No se debe de colocar el concreto que una vez mezclado se le adicione agua ni aquel que se someta a una nueva mezcla luego de su fraguado inicial. Excepto el visto bueno del supervisor.
- Una vez iniciado el proceso de fundición este debe culminarse hasta las juntas de construcción definidas en los planos o de acuerdo los requisitos de la NSR-10
- El concreto exceptuando el de alta resistencia a temprana edad debe de mantenerse a una temperatura mayor a los 10° y húmedo para permitir su hidratación por lo menos durante los 7 primeros días contados a partir de su vaciado
- Se debe cumplir estrictamente con los recubrimientos mínimos y con la altura útil "d" de la sección de cálculo.
- El agregado grueso debe de ser del mayor tamaño posible iniciando con un tamaño de 25 cm. sin que se exceda 1/5 de la menor dimensión entre caras de las formaletas o 1/3 del espesor de las losas o 3/4 de la separación libre mínima entre barras de refuerzo.
- En el diseño de la mezcla se debe de tener en cuenta las exigencias de la NSR-10 con respecto a la relación Agua/ cemento para este tipo de estructuras.
- Se deben de toma al menos dos cilindros no menos de una vez por día ni menos de una vez por cada 40 m^3 o una vez por cada 200 m^2 de muro o losa.
- Si la estructura se construye en más de una etapa, se recomienda dejar una "mocheta" a nivel de cimentación de mínimo 80 cm de longitud para poder realizar los empalmes necesarios entre estructuras.

Atentamente,

LUIS FERNANDO GARCIA ORTIZ
Ingeniero Civil Consultor
M.P No. 25202-198466 CND

MEMORIA DE CÁLCULO
BOX CULVERT 2.0 X 2.0 M.

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO

MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO
DEPARTAMENTO DEL META
ENERO DE 2019

19-0500010016

25 JUN 2019

TABLA DE CONTENIDO

DISEÑO ESTRUCTURAL 3

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 3

1.1 EVALUACIÓN DE CARGAS 3
1.1.1 CARGA MUERTA 4
1.1.2 CARGA VIVA 4
1.1.3 CARGA DE EMPUJE LATERAL 4
1.1.4 CARGA SUBPRESIÓN 5
1.1.5 CARGA DE SISMO 5
1.2 COMBINACIÓN DE CARGAS 7
1.3 DISEÑO A FLEXIÓN Y CORTANTE 9

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 14

DISEÑO ESTRUCTURAL

La elección de la sección del BoxCulvert se realizó en base a criterios tanto económicos como técnicos. La sección cuadrada es la que mejor se adapta a las condiciones de carga de la estructura. A continuación, se presenta su diseño estructural, incluyendo la evaluación de cargas, las combinaciones de diseño, el análisis estructural y el respectivo diseño.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño estructural Box Culvert
DIRECCIÓN	Municipio de Villavicencio – Meta
ALTURA TOTAL	2.50 m
MÉTODO DE DISEÑO USADO	Resistencia Última
MÉTODO DE CÁLCULO ANTISÍSMICO	Fuerza Horizontal Equivalente SAP
PROCESAMIENTO ELECTRÓNICO	2000 V.19
MATERIALES ESPECIFICADOS	Concreto: f´c= 21 MPa (muros y placa) Acero: fy= 420 MPa (Todos los diámetros)
TIPO DE CIMENTACIÓN	Placa flotante
TIPO DE ESTRUCTURA	Sistema industrial en concreto
ZONIFICACIÓN SÍSMICA	Zona Sísmica Alta
PERFIL DE SUELO	D
Coeficiente de Amplificación (F_a)	1.2
Coeficiente de Amplificación (F_v)	1.8
Aceleración Horizontal Pico Efectiva (A_a)	0.35
Velocidad Horizontal Pico Efectiva (A_v)	0.30

1.1 Evaluación de Cargas

Los tipos de carga a los que esta cometida la estructura son los siguientes:

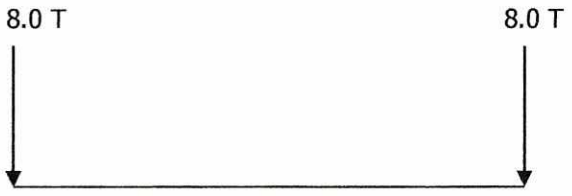
- Carga Muerta: Está conformada por el peso de la vía, es decir el material de relleno. También se incluye el peso propio de la estructura.
- Carga viva: La carga viva viene dada por el camión de diseño de la estructura. Generalmente en Colombia se utiliza el camión C36- 14, por lo que será esta la aplicada en el diseño. No se tienen en cuenta cargas de impacto o de frenado debido a la luz tan corta de la estructura.
- Cargas de empuje lateral: Son las presiones generadas por el relleno lateral
- Carga de sismo: La carga de sismo viene dada por el empuje generado por los empujes laterales del relleno.

1.1.1 Carga Muerta

El espesor del relleno por su densidad es la carga muerta, es decir 7.50mx1.9T/m³*1.0m, es decir 14.25T/m. También se debe incluir el peso propio de la placa.

1.1.2 Carga Viva

La carga viva viene dada por el camión de diseño de la estructura (Camión C36-14), la cual se muestra a continuación:



Camión de Diseño C36-14

Debido a la distancia entre ejes, es claro que en ningún momento se va a tener el camión completo sobre la estructura, sino dos de los ejes solamente. Por ello, se tiene uno de los ejes traseros como directriz de diseño.

1.1.3 Carga de empuje Lateral

El empuje del terreno en la parte lateral depende de las características del terreno. Según los ensayos realizados, los parámetros geotécnicos del mismo son los siguientes:

γ_{seco}= 1.69 gr/cm³= 16.90kN/m³
γ_{sat}= 1.90 gr/cm³= 19.00kN/m³
ϕ= 10°

Dado que el material es granular, el coeficiente de empuje activo viene dado por la siguiente expresión:

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{10}{2}\right) = 0.49$$

El empuje del terreno es una carga distribuida de forma trapezoidal, cuya base está dada por la expresión:

$$P_{terr} = k_a * H * \gamma_{sat} = 0.49 * 2.50 * 19.00 = 23.27 kN/m/m$$

1.1.4 Carga subpresión

El empuje del terreno en la parte inferior es proporcional al volumen de material desplazado, es decir, que con el peso específico podemos encontrar la cara por metro lineal que se genera sobre la estructura:

$$F_{sub} = V * \gamma_{sat} = 1.50 * 19.00 = 28.50 kN/m/m$$

1.1.5 Carga de Sismo

1.1.5.1 Sismo por empuje de tierras

La carga de sismo en el BoxCulvert se expresa como una carga dinámica de empuje de tierra, la cual se puede expresar como un empuje de presión dinámica con las ecuaciones de Mononobe-Okabe:

$$\begin{Bmatrix} K_{ae} \\ K_{pe} \end{Bmatrix} = \frac{\sin^2(\alpha_i \pm \theta \mp \phi)}{\cos\theta \sin^2\alpha_i \sin(\alpha_i \pm \theta \pm \delta)\left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi \mp \beta_i - \theta)}{\sin(\alpha_i \pm \theta \pm \delta)\sin(\alpha_i - \beta_i)}}\right]^2}$$

Los valores de las variables son:

PARAMETROS DE ENTRADA

Ángulo entre la base y la cara del muro	α_i:	90 °
Ángulo de la resultante	θ:	7.2 °
Ángulo de fricción del terreno	ϕ:	10 °
Ángulo de las fuerzas con la normal de la cara del muro	δ:	0 °
Ángulo del terreno con la horizontal del muro.	β_i:	0 °

COEFICIENTES DE EMPUJE

Numerador A	A	1.00
Denominador B	B	0.98
Denominador C	C	1.19
Coeficiente de empuje activo por sísmo	K_{ae}	0.85
Numerador A	A	1.00
Denominador B	B	0.98
Denominador C	C	0.82

Con estos parámetros el coeficiente de presión activa es K_{ae}= 0.85 La carga de sismo queda:

$$F_{ae} = K_{ae} * \frac{H^2}{2} * \gamma_{sat} = 0.85 * 0.5 * 2.50^2 * 19.00 = 50.47 kN/m$$

El punto de aplicación se coloca al sesenta por ciento (60%) de la altura del muro. Por tanto, la altura de aplicación es de 0.84m.

1.1.5.2 Sismo por peso de la estructura

Debido a que el periodo fundamental de la estructura es un poco incierto, se adopta el mayor valor de aceleración espectral según la norma:

$$F_{e_{Muro}} = Sa_{máx} * W_{muro} * I$$
$$Sa_{máx} = 2.5 A_a$$

Dónde:

$F_{e\ Muro}$: Fuerza de sismo sobre el muro (T)
$Sa_{máx}$: Aceleración máxima de diseño
A_a: Aceleración pico efectiva según NSR-10
W_{muro}: Peso del muro (T)
I: Coeficiente de importancia

Para el caso de Villavicencio A_a=0.35. El coeficiente de importancia se toma como el más alto I=1.50

Los tres tipos de elementos en el Box Culvert son: Placa superior, Placa inferior y muros. Los espesores son de 0.25m para la placa superior y los muros, y de 0.25m para la placa inferior. El porcentaje de cambio de peso a sismo es de 0.75. Los pesos de cada tipo de elemento son los siguientes:

1. CARGAS POR EMPUJE DE TIERRAS Y SISMO POR TERRENO

Tipo de Estructura	H(m)	Pterr (kN/m/m)	Fae(kN/m)
Boxculvert	1.40	14.60	9.68

2. CARGAS DE SÍSMO POR PESO DE LA ESTRUCTURA

	Area (m2)			Peso (kN)			Sísmo (kN/m)		
Tipo de Estructura	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo
Boxculvert	10.50	10.50	10.50	50.40	50.40	50.40	25.20	25.20	25.20

3. CARGAS DE SUBPRESIÓN

Tipo de Estructura	H(m)	L(m)	F_{sub} (kN/m)
Boxculvert	1.40	1.40	35.28

1.2 Combinación de Cargas

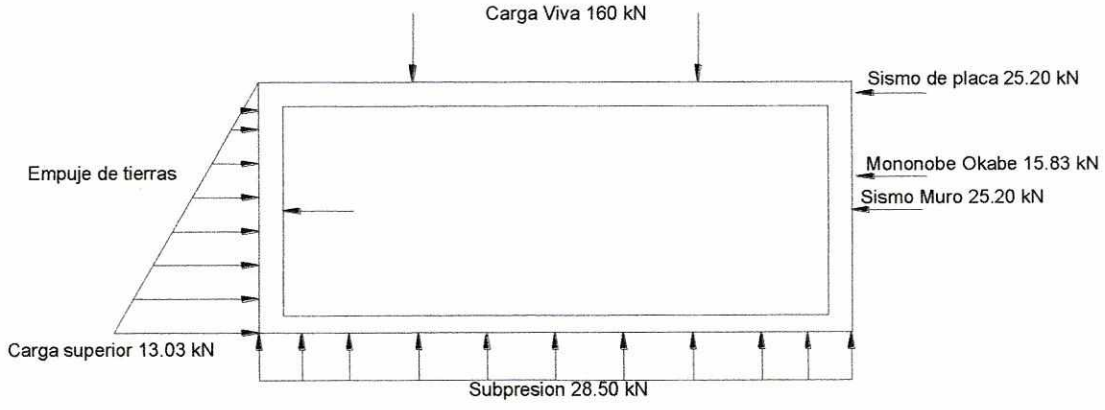
Las combinaciones de carga a usar para el diseño son las siguientes:

I 1.30D + 2.17 (L+E+W)
II 1.0D + (L+E+W+S)

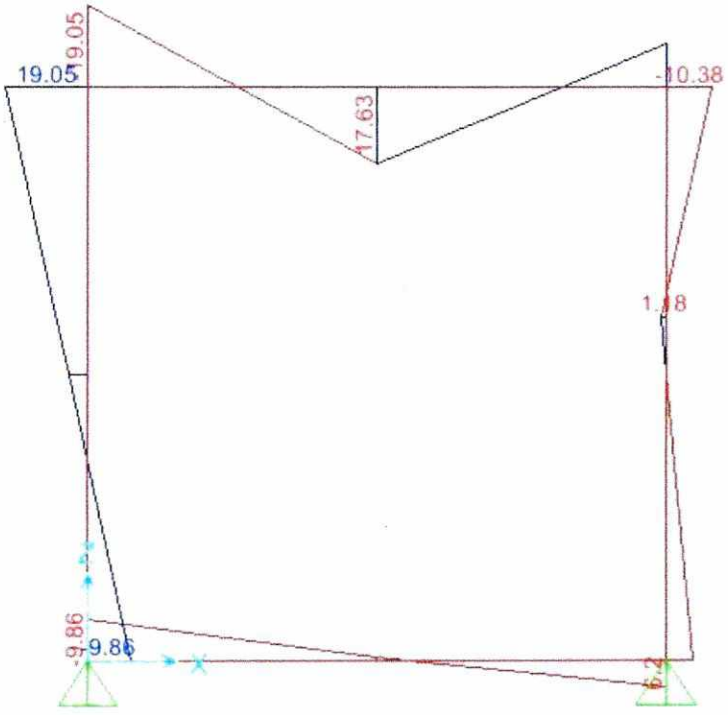
Dónde:

D: Carga Muerta
L: Carga Viva
E: Empuje de Tierras
W: Empuje del Agua
S: Sismo

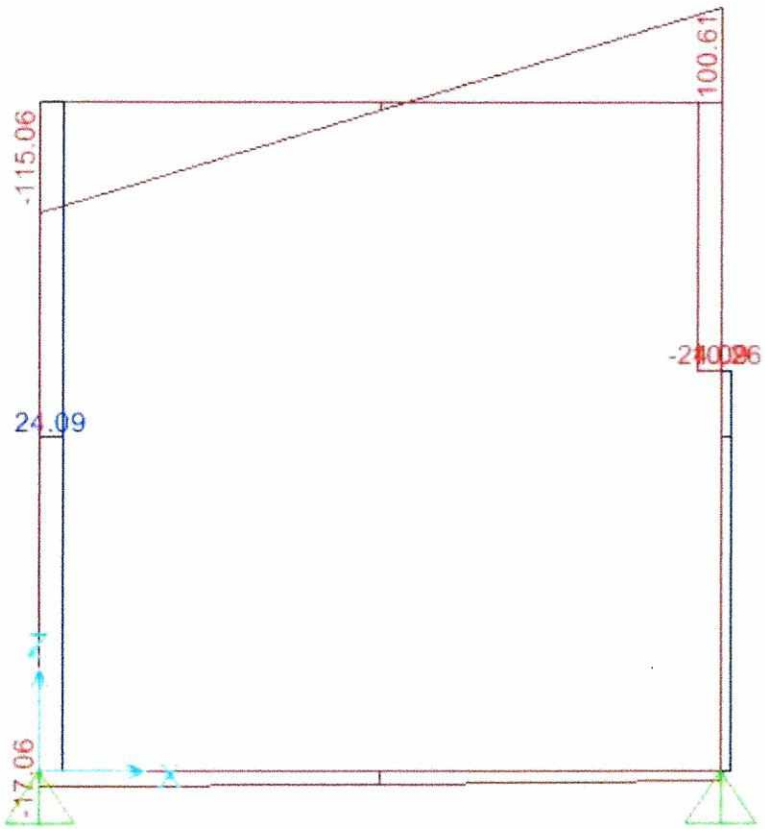
Estas combinaciones fueron derivadas de las combinaciones para puentes aplicadas al caso especial de la estructura. Los modelos estructurales en 2D para estas combinaciones de carga quedan:



Los momentos y cortantes para esta situación se muestran a continuación



Momentos Caso I (kN.m)



Cortante Caso I (kN)

1.3 Diseño A Flexión y Cortante

Las cargas de Diseño para los distintos elementos se presentan a continuación:

Elemento	Momento (kN.m)	Cortante (kN)	Ref Flexión	Ref. Cortante
Cara superior Placa Superior	244.34	71.82	#7 c/0.12	#4 c/0.15
Cara inferior Placa Superior	202.39	50.21	#7 c/0.15	#4 c/0.15
Cara superior Placa inferior	7.31	66.64	#5 c/0.20	#4 c/0.15
Cara inferior Placa inferior	71.35	60.51	#5 c/0.20	#4 c/0.15
Cara Externa Muro	195.83	71.82	#7 c/0.15	#4 c/0.15
Cara interna Muro	71.35	50.21	#5 c/0.20	#4 c/0.15

REFUERZO PLACA SUPERIOR

Mn=	19.05	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0021	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA INFERIOR

Mn=	17.05	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0018	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA CIMENTACION SUPERIOR

Mn=	6.20	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0005	
ρ=	0.0007	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA CIMENTACION INFERIOR

Mn=	9.86	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	-3.6595	
ρ=	0.0007	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO MURO CARA INTERNA

Mn=	9.86	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0011	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO MURO CARA EXTERNA

Mn=	19.05	kN.m
b=	1	m
h=	0.2	m
recub=	0.04	m
d=	0.16	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	-0.0001	
ρ=	0.0021	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	1.29	cm2
dia. Var=	4	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	5.28	cm2
Espaciamiento=	23	cm
ρreal=	0.00403125	

varillas # 4 espaciadas cada 22.5 cm

NOTA: UTILICE CUANTÍA MÍNIMA

Vu=	62.31 kN		
Vconc=	121.7 kN		
Vd=	-48.4 kN		
fy(flejes)=	410.0 MPa		
diametro var=	4		
Ramales	1		
Área de var =	129 mm2	0.000129 m2	
S=	-0.175 m	-17.48 cm	
Límite zona 1	51.73 kN		
Límite zona 2	252.59 kN		
Límite zona 3	482.23 kN		
Separación=	CUANTÍA MÍNIMA m		

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- Todo el equipo para transporte mezclado del concreto debe de estar limpio
- Todos los residuos se deben de retirar del lugar que va a ocupar el concreto.
- La parte interna de las formaletas debe de estar protegida.
- Refuerzo libre de grasa o cualquier otra sustancia no metálica que impida la adherencia con el concreto.
- Las juntas de construcción deben de limpiarse removiendo la lechada y agua estancada y humedecer antes de la otra fundida.
- El tiempo de mezclado debe de ser el suficiente para producir una mezcla homogénea sin llegar a producir segregación tiempo aprox., recomendado 1 min. y medio luego que todos los componentes estén dentro de la mezcladora a menos que con un tiempo inferior se llegue a la homogeneidad de la mezcla.
- Para evitar la segregación debida al exceso de manipulación de la mezcla esta se debe de realizar cerca del sitio de fundición.
- La velocidad de colocación debe de ser tal que el concreto se encuentra en estado plástico permitiéndole fluir entre las barras de refuerzo.
- No se debe de colocar el concreto que una vez mezclado se le adicione agua ni aquel que se someta a una nueva mezcla luego de su fraguado inicial. Excepto el visto bueno del supervisor.
- Una vez iniciado el proceso de fundición este debe culminarse hasta las juntas de construcción definidas en los planos o de acuerdo los requisitos de la NSR-10
- El concreto exceptuando el de alta resistencia a temprana edad debe de mantenerse a una temperatura mayor a los 10° y húmedo para permitir su hidratación por lo menos durante los 7 primeros días contados a partir de su vaciado
- Se debe cumplir estrictamente con los recubrimientos mínimos y con la altura útil "d" de la sección de cálculo.
- El agregado grueso debe de ser del mayor tamaño posible iniciando con un tamaño de 25 cm. sin que se exceda 1/5 de la menor dimensión entre caras de las formaletas o 1/3 del espesor de las losas o 3/4 de la separación libre mínima entre barras de refuerzo.
- En el diseño de la mezcla se debe de tener en cuenta las exigencias de la NSR-10 con respecto a la relación Agua/ cemento para este tipo de estructuras.
- Se deben de toma al menos dos cilindros no menos de una vez por día ni menos de una vez por cada 40 m^3 o una vez por cada 200 m^2 de muro o losa.
- Si la estructura se construye en más de una etapa, se recomienda dejar una "mocheta" a nivel de cimentación de mínimo 80 cm de longitud para poder realizar los empalmes necesarios entre estructuras.

Atentamente,

LUIS FERNANDO GARCIA ORTIZ
Ingeniero Civil Consultor
M.P. No. 25202-198466 CND

MEMORIA DE CÁLCULO
BOX CULVERT 3.0 X 3.0 M.
DOBLE CAJÓN

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO

MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO
DEPARTAMENTO DEL META
ENERO DE 2019

19-0500010016

25 JUN 2019

TABLA DE CONTENIDO

DISEÑO ESTRUCTURAL 3

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 3

1.1 EVALUACIÓN DE CARGAS 3
1.1.1 CARGA MUERTA 4
1.1.2 CARGA VIVA 4
1.1.3 CARGA DE EMPUJE LATERAL 4
1.1.4 CARGA SUBPRESIÓN 5
1.1.5 CARGA DE SISMO 5
1.2 COMBINACIÓN DE CARGAS 7
1.3 DISEÑO A FLEXIÓN Y CORTANTE 9

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 14

'19-0500010016

25 JUN 2019

DISEÑO ESTRUCTURAL

La elección de la sección del BoxCulvert se realizó en base a criterios tanto económicos como técnicos. La sección cuadrada es la que mejor se adapta a las condiciones de carga de la estructura. A continuación se presenta su diseño estructural, incluyendo la evaluación de cargas, las combinaciones de diseño, el análisis estructural y el respectivo diseño.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño estructural Box Culvert
DIRECCIÓN	Municipio de Villavicencio - Meta
ALTURA TOTAL	3.60 m
MÉTODO DE DISEÑO USADO	Resistencia Última
MÉTODO DE CÁLCULO ANTISÍSMICO	Fuerza Horizontal Equivalente
PROCESAMIENTO ELECTRÓNICO	SAP 2000 V.15
MATERIALES ESPECIFICADOS	Concreto: f´c= 21 MPa (muros y placa) Acero: fy= 420 MPa (Todos los diámetros)
TIPO DE CIMENTACIÓN	Placa flotante
TIPO DE ESTRUCTURA	Sistema industrial en concreto
ZONIFICACIÓN SÍSMICA	Zona Sísmica Alta
PERFIL DE SUELO	D
Coeficiente de Amplificación (F_a)	1.2
Coeficiente de Amplificación (F_v)	1.8
Aceleración Horizontal Pico Efectiva (A_a)	0.35
Velocidad Horizontal Pico Efectiva (A_v)	0.30

1.1 Evaluación de Cargas

Los tipos de carga a los que esta cometida la estructura son los siguientes:

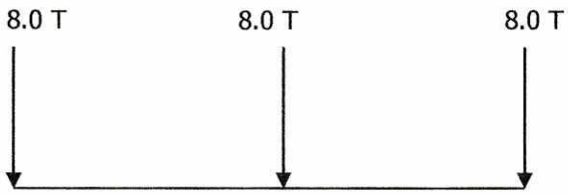
- Carga Muerta: Está conformada por el peso de la vía, es decir el material de relleno. También se incluye el peso propio de la estructura.
- Carga viva: La carga viva viene dada por el camión de diseño de la estructura. Generalmente en Colombia se utiliza el camión C36-14, por lo que será esta la aplicada en el diseño. No se tienen en cuenta cargas de impacto o de frenado debido a la luz tan corta de la estructura.
- Cargas de empuje lateral: Son las presiones generadas por el relleno lateral
- Carga de sismo: La carga de sismo viene dada por el empuje generado por los empujes laterales del relleno.

1.1.1 Carga Muerta

El espesor del relleno por su densidad es la carga muerta, es decir 6.0mx1.9T/m³*1.0m, es decir 11.40T/m. También se debe incluir el peso propio de la placa

1.1.2 Carga Viva

La carga viva viene dada por el camión de diseño de la estructura (Camión C36-14), la cual se muestra a continuación:



Camión de Diseño C36-14

Debido a la distancia entre ejes, es claro que en ningún momento se va a tener el camión completo sobre la estructura, sino dos de los ejes solamente. Por ello, se tiene uno de los ejes traseros como directriz de diseño.

1.1.3 Carga de empuje Lateral

El empuje del terreno en la parte lateral depende de las características del terreno. Según los ensayos realizados, los parámetros geotécnicos del mismo son los siguientes:

γ_{seco}= 1.65 gr/cm³= 16.50kN/m³
γ_{sat}= 1.81 gr/cm³= 18.10kN/m³
ϕ= 30°

Dado que el material es granular, el coeficiente de empuje activo viene dado por la siguiente expresión:

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) = 0.33$$

El empuje del terreno es una carga distribuida de forma trapezoidal, cuya base está dada por la expresión:

$$P_{terr} = k_a * H * \gamma_{sat} = 0.33 * 3.60 * 18.10 = 21.50 kN/m/m$$

1.1.4 Carga subpresión

El empuje del terreno en la parte inferior es proporcional al volumen de material desplazado, es decir, que con el peso específico podemos encontrar la cara por metro lineal que se genera sobre la estructura:

$$F_{sub} = V * \gamma_{sat} = 1.50 * 18.10 = 27.15 kN/m/m$$

1.1.5 Carga de Sismo

1.1.5.1 Sismo por empuje de tierras

La carga de sismo en el BoxCulvert se expresa como una carga dinámica de empuje de tierra, la cual se puede expresar como un empuje de presión dinámica con las ecuaciones de Mononobe-Okabe:

$$\begin{Bmatrix} K_{ae} \\ K_{pe} \end{Bmatrix} = \frac{\sin^2(\alpha_i \pm \theta \mp \phi)}{\cos\theta \sin^2\alpha_i \sin(\alpha_i \pm \theta \pm \delta)\left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi \mp \beta_i - \theta)}{\sin(\alpha_i \pm \theta \pm \delta)\sin(\alpha_i - \beta_i)}}\right]^2}$$

Los valores de las variables son:

CARGAS SÍSMICAS EN BOX CULVERT MONONOBE-OKABE

PARAMETROS DE ENTRADA

Ángulo entre la base y la cara del muro	α_i:	90 °
Ángulo de la resultante	θ:	7.2 °
Ángulo de fricción del terreno	ϕ:	30 °
Ángulo de las fuerzas con la normal de la cara del muro	δ:	0 °
Ángulo del terreno con la horizontal del muro.	β_i:	0 °

COEFICIENTES DE EMPUJE

Numerador A	A	0.85
Denominador B	B	0.98
Denominador C	C	2.08
Coeficiente de empuje activo por sísmo	K_{ae}	0.42
Numerador A	A	0.85
Denominador B	B	0.98
Denominador C	C	0.31
Coeficiente de empuje pasivo por sísmo	K_{pe}	2.77

CÁLCULO DE CARGAS

Altura del muro	Hm	3.6 m
Peso específico saturado	γ_{sat}	18.1 kN/m3
Fuerza de empuje activo	F_{ae}	48.7 kN/m
Longitud del muro	Lm	6 m
Fuerza total	Ft	292.2 kN
Número de nodos	N	6
Fuerza por nodo	Fn	48.7

Con estos parámetros el coeficiente de presión activa es K_{ae}= 0.42. La carga de sismo queda:

$$F_{ae} = K_{ae} * \frac{H^2}{2} * \gamma_{sat} = 0.42 * 0.5 * 3.60^2 * 18.10 = 49.26 kN/m$$

El punto de aplicación se coloca al sesenta por ciento (60%) de la altura del muro. Por tanto, la altura de aplicación es de 2.16m.

1.1.5.2 Sismo por peso de la estructura

Debido a que el periodo fundamental de la estructura es un poco incierto, se adopta el mayor valor de aceleración espectral según la norma:

$$F_{e_{Muro}} = Sa_{máx} * W_{muro} * I$$

$$Sa_{máx} = 2.5 A_a$$

Dónde:

$F_{e\ Muro}$: Fuerza de sismo sobre el muro (T)
$Sa_{máx}$: Aceleración máxima de diseño
A_a: Aceleración pico efectiva según NSR-10

W_{muro}: Peso del muro (T)
I: Coeficiente de importancia

Para el caso de Villavicencio A_a=0.35. El coeficiente de importancia se toma como el más alto I=1.50

Los tres tipos de elementos en el Box Culvert son: Placa superior, Placa inferior y muros. Los espesores son de 0.30m para la placa superior e inferior y los muros de 0.30m. El porcentaje de cambio de peso a sismo es de 0.75. Los pesos de cada tipo de elemento son los siguientes:

1. CARGAS POR EMPUJE DE TIERRAS Y SÍSMO POR TERRENO

Tipo de Estructura	H(m)	Pterr (kN/m/m)	Fae(kN/m)
Boxculvert	3.60	37.55	64.04

2. CARGAS DE SÍSMO POR PESO DE LA ESTRUCTURA

	Area (m2)			Peso (kN)			Sísmo (kN/m)		
Tipo de Estructura	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo	Placa superior	Placa inferior	Muro tipo
Boxculvert	41.40	41.40	21.60	298.08	298.08	155.52	223.56	223.56	116.64

3. CARGAS DE SUBPRESIÓN

Tipo de Estructura	H(m)	L(m)	F_{sub} (kN/m)
Boxculvert	3.60	6.00	388.80

1.2 Combinación de Cargas

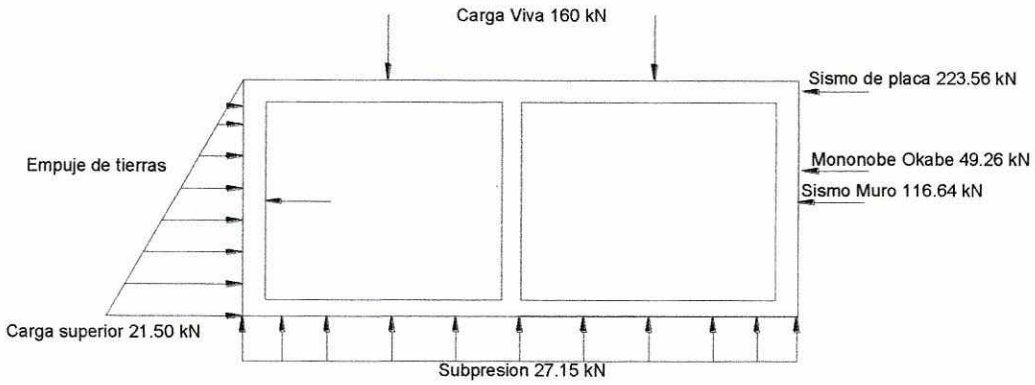
Las combinaciones de carga a usar para el diseño son las siguientes:

I 1.30D + 2.17 (L+E+W)
II 1.0D + (L+E+W+S)

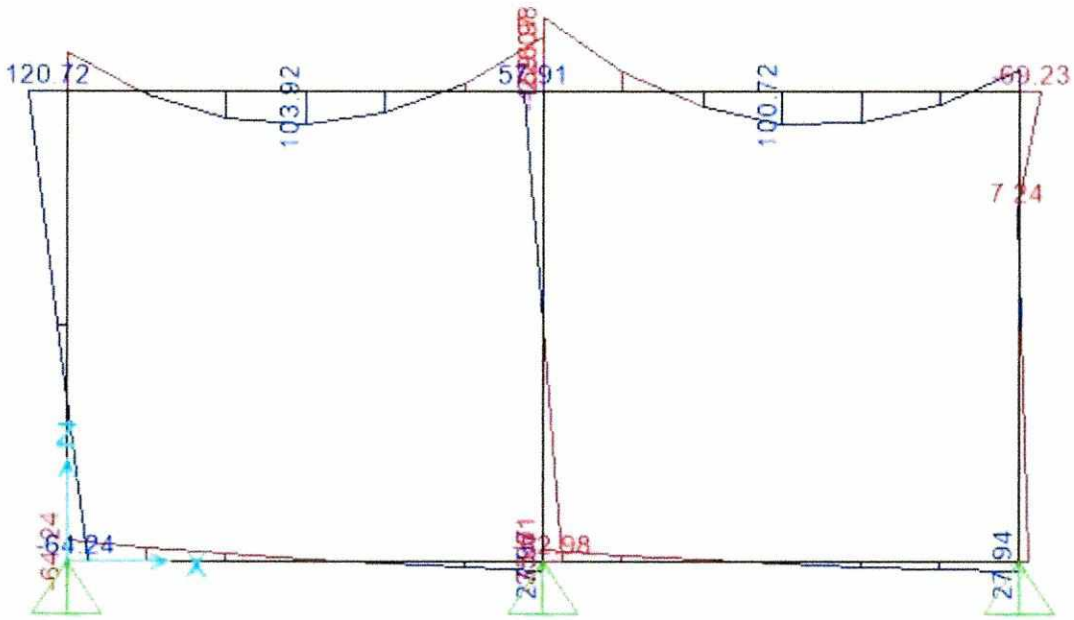
Dónde:

D: Carga Muerta
L: Carga Viva
E: Empuje de Tierras
W: Empuje del Agua
S: Sismo

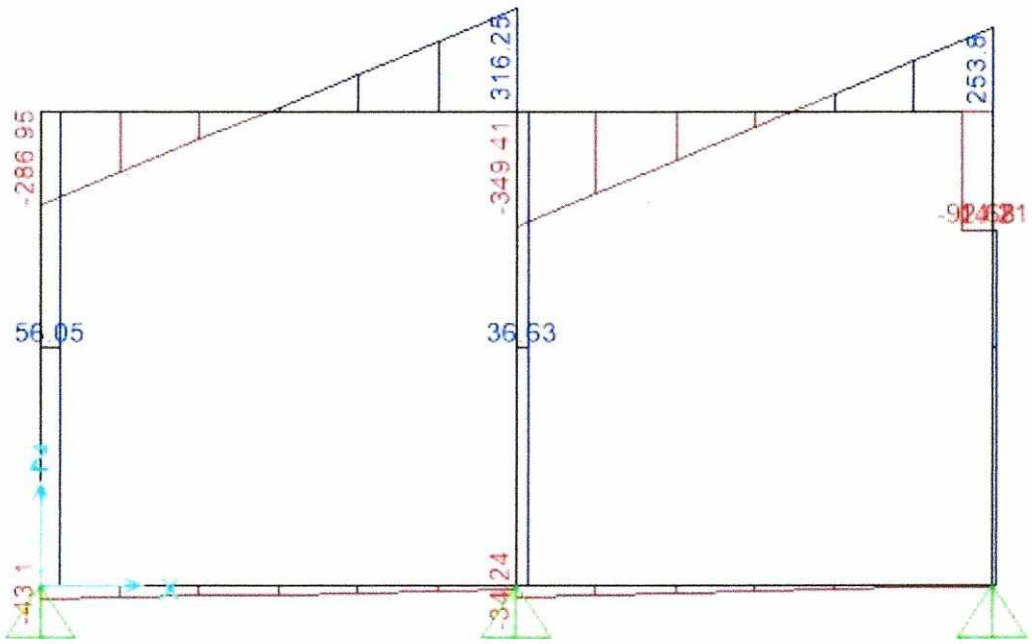
Estas combinaciones fueron derivadas de las combinaciones para puentes aplicadas al caso especial de la estructura. Los modelos estructurales en 2D para estas combinaciones de carga quedan:



Los momentos y cortantes para esta situación se muestran a continuación



Momentos Caso I (kN.m)



Cortante Caso I (kN)

1.3 Diseño A Flexión y Cortante

Las cargas de Diseño para los distintos elementos se presentan a continuación:

Elemento	Momento (kN.m)	Cortante (kN)	Ref Flexión	Ref. Cortante
Cara superior Placa Superior	156.13	260.45	#6 c/0.15	#4 c/0.15
Cara inferior Placa Superior	103.92	225.21	#6 c/0.20	#4 c/0.15
Cara superior Placa inferior	27.97	5.60	#6 c/0.45	#4 c/0.15
Cara inferior Placa inferior	64.24	16.23	#6 c/0.45	#4 c/0.15
Cara Externa Muro	120.72	55.13	#6 c/0.20	#4 c/0.15
Cara interna Muro	64.24	16.23	#6 c/0.45	#4 c/0.15
Muro central	62.98	34.73	#6 c/0.45	#4 c/0.15

REFUERZO PLACA SUPERIOR

Mn=	156.13	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0074	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0074	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	7	
Asreq=	18.50	cm2
Espaciamiento=	15	cm
ρreal=	0.007952	

varillas # 6 espaciadas cada 15 cm

REFUERZO PLACA INFERIOR

Mn=	103.92	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0007	
ρ=	0.0048	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0048	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	11.92	cm2
Espaciamiento=	22.5	cm
ρreal=	0.00568	

varillas # 6 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO PLACA CIM SUPERIOR

Mn=	27.97	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0002	
ρ=	0.0012	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	3	
Asreq=	8.25	cm2
Espaciamiento=	45	cm
ρreal=	0.003408	

varillas # 6 espaciadas cada 45 cm

REFUERZO PLACA CIM INFERIOR

Mn=	64.24	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0029	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	3	
Asreq=	8.25	cm2
Espaciamiento=	45	cm
ρreal=	0.003408	

varillas # 6 espaciadas cada 45 cm

REFUERZO MURO CARA EXTERNA

Mn=	120.72	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0056	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0056	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	5	
Asreq=	13.99	cm2
Espaciamiento=	22.5	cm
ρreal=	0.00568	

varillas # 6 espaciadas cada 22.5 cm

REFUERZO MURO CARA INTERNA

Mn=	64.24	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
f'c=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	0.0000	
ρ=	0.0029	Cálculo de cuantía de diseño
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	3	
Asreq=	8.25	cm2
Espaciamiento=	45	cm
ρreal=	0.003408	

varillas # 6 espaciadas cada 45 cm

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE DESDE EL CORREDOR ECOLÓGICO CRUCE CARACOLÍ HASTA EL BARRIO CHARRASCAL EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

REFUERZO MURO CENTRAL AMBAS CARAS

Mn=	62.98	kN.m
b=	1	m
h=	0.3	m
recub=	0.05	m
d=	0.25	m
fc=	21	MPa
fy=	410	MPa
Const=	-0.0005	
ρ=	0.0028	
ρmin=	0.0034	
ρbal=	0.0219	
ρmax=	0.0165	
ρdis=	0.0033	
Asvar=	2.84	cm2
dia. Var=	6	
Num. Varillas=	3	
Asreq=	8.25	cm2
Espaciamiento=	45	cm
ρreal=	0.003408	

Cálculo de cuantía de diseño

varillas # 6 espaciadas cada 45 cm

NOTA: UTILICE CUANTÍA MÍNIMA

Vu=	253.80	kN	
Vconc=	190.2	kN	
Vd=	108.4	kN	
fy(flejes)=	410.0	MPa	
diametro var=	4		
Ramales	1		
Área de var =	129	mm2	0.000129 m2
S=	0.122	m	12.20 cm
Límite zona 1	80.83	kN	
Límite zona 2	394.67	kN	
Límite zona 3	753.49	kN	
Separación=	0.12	m	

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- Todo el equipo para transporte mezclado del concreto debe de estar limpio
- Todos los residuos se deben de retirar del lugar que va a ocupar el concreto.
- La parte interna de las formaletas debe de estar protegida.
- Refuerzo libre de grasa o cualquier otra sustancia no metálica que impida la adherencia con el concreto.
- Las juntas de construcción deben de limpiarse removiendo la lechada y agua estancada y humedecer antes de la otra fundida.
- El tiempo de mezclado debe de ser el suficiente para producir una mezcla homogénea sin llegar a producir segregación tiempo aprox., recomendado 1 min. y medio luego que todos los componentes estén dentro de la mezcladora a menos que con un tiempo inferior se llegue a la homogeneidad de la mezcla.
- Para evitar la segregación debida al exceso de manipulación de la mezcla esta se debe de realizar cerca del sitio de fundición.
- La velocidad de colocación debe de ser tal que el concreto se encuentra en estado plástico permitiéndole fluir entre las barras de refuerzo.
- No se debe de colocar el concreto que una vez mezclado se le adicione agua ni aquel que se someta a una nueva mezcla luego de su fraguado inicial. Excepto el visto bueno del supervisor.
- Una vez iniciado el proceso de fundición este debe culminarse hasta las juntas de construcción definidas en los planos o de acuerdo los requisitos de la NSR-10
- El concreto exceptuando el de alta resistencia a temprana edad debe de mantenerse a una temperatura mayor a los 10° y húmedo para permitir su hidratación por lo menos durante los 7 primeros días contados a partir de su vaciado
- Se debe cumplir estrictamente con los recubrimientos mínimos y con la altura útil "d" de la sección de cálculo.
- El agregado grueso debe de ser del mayor tamaño posible iniciando con un tamaño de 25 cm. sin que se exceda 1/5 de la menor dimensión entre caras de las formaletas o 1/3 del espesor de las losas o 3/4 de la separación libre mínima entre barras de refuerzo.
- En el diseño de la mezcla se debe de tener en cuenta las exigencias de la NSR-10 con respecto a la relación Agua/ cemento para esta tipo de estructuras.
- Se deben de toma al menos dos cilindros no menos de una vez por día ni menos de una vez por cada 40 m^3 o una vez por cada 200 m^2 de muro o losa.
- Si la estructura se construye en más de una etapa, se recomienda dejar una "mocheta" a nivel de cimentación de mínimo 80 cm de longitud para poder realizar los empalmes necesarios entre estructuras.

Atentamente,

LUIS FERNANDO GARCIA ORTIZ
Ingeniero Civil Consultor
M.P No. 25202-198466 CND