

MEMORIA DE CALCULO – DISEÑO ESTRUCTURAL
MEJORAMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS LA SICAMOCHA ENTRE
CARRERA 4 HASTA LA CARRERA 2da EN EL MUNICIPIO DE IBATE –
CUNDINAMARCA

PROPIETARIO:
MUNICIPIO DE UBATE

LOCALIZACION:
CALLE 4 ENTRE CARRERA 4 Y CARRERA 2da UBATE

CALCULÓ
Ing. HUGO HERNANDO BARRAGAN TORRES

Ubaté, Agosto 2020

INDICE

1.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	6
1.1.	GEOMETRÍA.....	6
2.	NORMATIVA.....	8
3.1.	CONCRETO.....	9
3.1.1.	REQUISITOS DE DURABILIDAD	9
3.1.2.	RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO.....	9
3.1.3.	MÓDULO DE ELASTICIDAD	10
3.2.	ACERO DE REFUERZO.....	10
4.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN.....	11
5.	CONSIDERACIONES SÍSMICAS	12
5.1.	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA.....	12
5.2.	MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO.....	12
5.3.	ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO	13
6.	ANÁLISIS DE CARGAS	14
6.1.	CARGAS	14
6.2.	COMBINACIONES DE CARGAS.....	14
6.2.1.	CARGA MUERTA (CP).....	15
6.2.2.	CARGA VIVA (CV).....	15
6.2.3.	CARGA POR FLUIDO (F)	15
6.2.4.	CARGA POR EMPUJE DE TIERRAS (HE)	16
6.2.5.	EMPUJES SEUDO-ESTÁTICO DEL SUELO (HD).....	17
7.	MODELO ESTRUCTURAL	19
7.1.	SOTWARE DE ANÁLISIS	20
7.2.	CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO	20
7.2.1.	PRESIÓN POR TIERRA	22
7.2.2.	PRESION POR SOBRECARGA VEHICULAR.....	24
8.	DISEÑO ESTRUCTURAL	25
8.1.	ACERO DE REFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA	30
8.2.	MOMENTO RESISTENTE DE LA SECCIÓN.....	30

8.3.	MOMENTO ÚLTIMO DE DISEÑO.....	31
8.4.	VERIFICACION DE LA RESISTENCIA AL CORTANTE.....	31
8.5.	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de durabilidad del concreto	9
Tabla 2. Parámetros de cimentación y empuje de suelos	11
Tabla 3. Evaluación de la amenaza sísmica	12
Tabla 4. Movimientos sísmicos de diseño	13
Tabla 5. Tipo de cargas para diseño	14
Tabla 6. Combinaciones de carga NSR-10 B.2.4.2	14
Tabla 7. Combinaciones de carga incluidas en el modelo.....	15

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del canal.....	6
Ilustración 2. Geometría típica del canal.....	7
Ilustración 3. Modelo geológico Canal Ubaté.....	11
Ilustración 4. Espectro elástico de aceleración de diseño.....	13
Ilustración 5. Empuje lateral de tierra.....	16
Ilustración 6. Empuje de tierras estático	16
Ilustración 7. Carga dinámica por empuje lateral de tierra	17
Ilustración 8. Empuje Pseudo estático	18
Ilustración 9. Modelo estructural del canal para el tramo de empalme con la carrera 4.19	
Ilustración 10. Modelo estructural del canal para el tramo central típico.....	19
Ilustración 11. Modelo estructural del canal para el tramo de empalme con la vía Variante de Ubaté	20
Ilustración 12. Presión Estática de tierras	22
Ilustración 13. Presión Dinámica de Tierras.....	23
Ilustración 14. Presión por sobrecarga vehicular	24
Ilustración 15. Cortante V13 con Envolvente	25
Ilustración 16. Cortante V23 con Envolvente	26
Ilustración 17. Momento M11 con Envolvente	27
Ilustración 18. Momento M22 con Envolvente	28
Ilustración 19. Momento M12 con Envolvente	29

1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El proyecto comprende el diseño de un canal para aguas lluvias ubicado en Ubaté con una longitud de 427 metros lineales, con una topografía regular, el cual se realizará con forma trapezoidal en concreto armado. Según el diseño hidráulico, el canal se divide en dos tramos: el primero de 230 metros y el segundo de 197 metros.

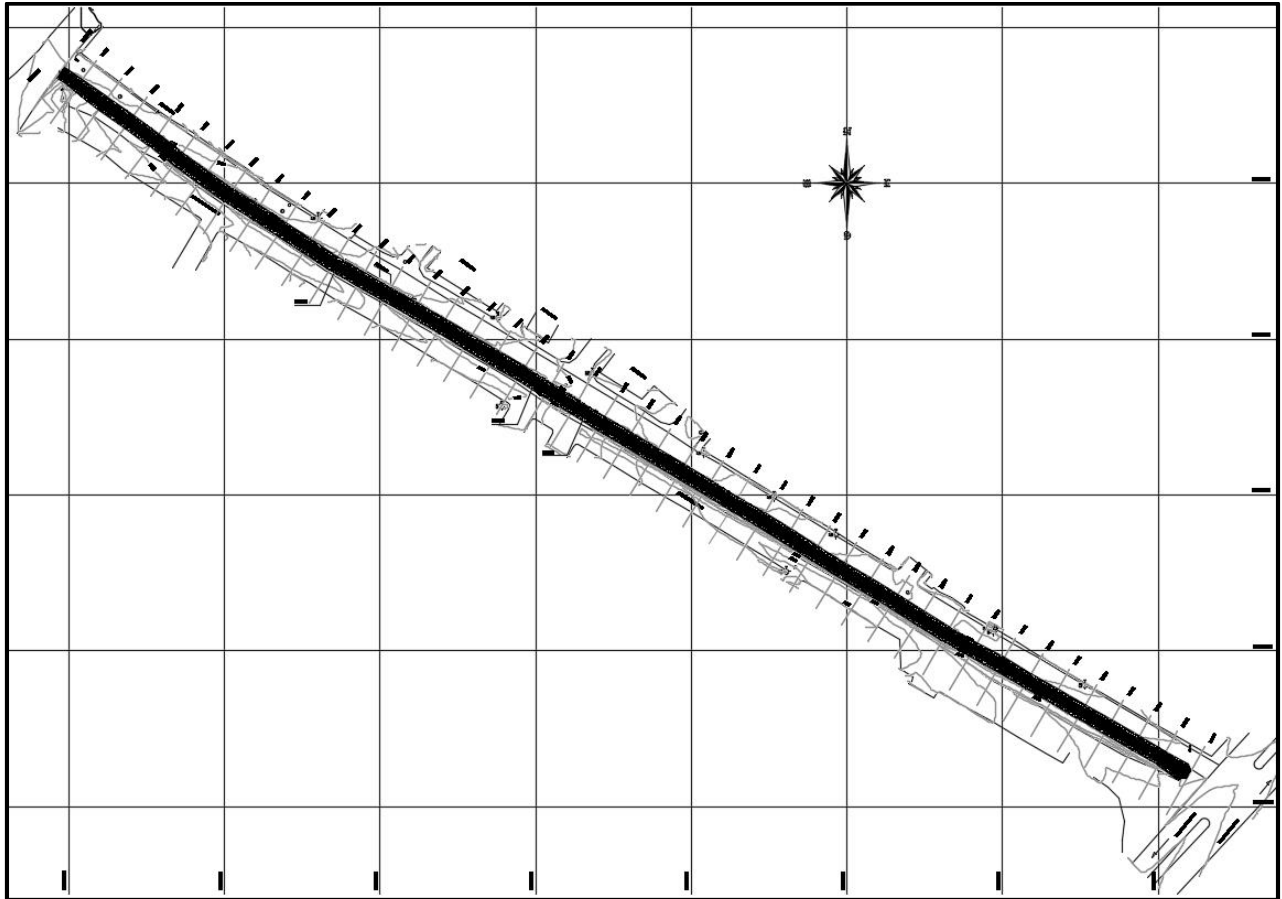


Ilustración 1. Localización del canal

1.1. GEOMETRÍA

La estructura en concreto tiene una base de 1.80 metros y taludes de 1:06 con una profundidad total de 1 metro. Es un canal abierto, en forma trapezoidal con una longitud de 427 metros. Se realizaron tres secciones para el canal: la primera para el empalme del canal con la Carrera 4, luego un tramo central típico, y por último, el tramo de empalme con la variante de Ubaté. En la siguiente figura se puede observar las dimensiones geométricas típicas del canal.

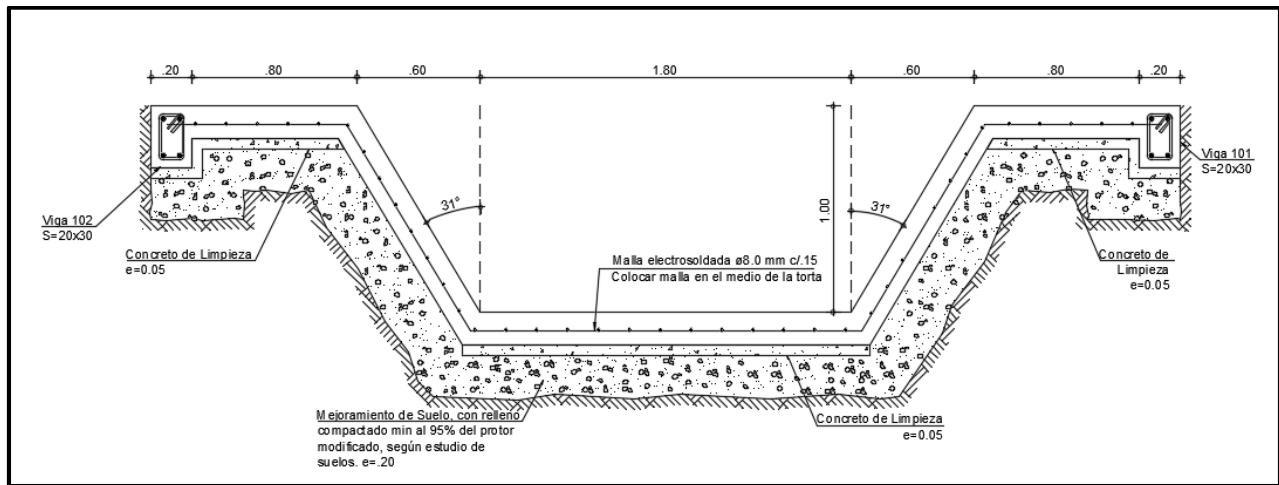


Ilustración 2. Geometría típica del canal

La estructura es monolítica con espesores de 0.16 en todos sus elementos (losa de fondo, aletas y losa superior), en sus extremos posee una viga de 20x30.

2. NORMATIVA

Para el análisis y diseño de la Tanque de almacenamiento:

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. NSR-10. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistente (Ley 400 de 1997). AIS. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

SEISMIC DESIGN OF LIQUID – CONTAINING CONCRETE STRUCTURES AND COMMENTARY (ACI 350.3-06). ACI American Concrete Institute.

CODE REQUIREMENTS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONCRETE STRUCTURES AND COMMENTARY (ACI 350-06). ACI American Concrete Institute.

3. MATERIALES

Los materiales a emplear en el canal se describen a continuación.

3.1. CONCRETO

Las características del concreto a utilizar dependen de los requisitos de durabilidad y lo especificado en los Capítulos C.3 y C.23 de la NSR-10. A continuación se describen las principales características del concreto.

Adicionalmente el material cementante y los agregados deben cumplir específicamente los numerales C.3.2 y C.3.3 de la NSR-10.

3.1.1. REQUISITOS DE DURABILIDAD

Según el capítulo de la NSR-10 C.23 Tanques y Estructuras de Ingeniería Ambiental de Concreto, se obtiene los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	VALOR
Categoría de exposición	P
Severidad	Requerida
Clase de exposición	P1
Condición	En contacto con el agua donde se requiere baja permeabilidad
Relación a/c máxima =	0,45
Resistencia concreto f'_c =	28,0 MPa

Tabla 1. Parámetros de durabilidad del concreto

3.1.2. RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO

Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él: 75 mm (Cara de los muros contra el suelo)

Concreto expuesto al suelo o a la intemperie: 50 mm (Cara de los muros en contacto con líquidos y donde necesariamente se vacía la estructura con formaleta)

3.1.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Para concreto de densidad normal se toma la media nacional:

$$E_c = 3900 \sqrt{f'_c}$$

3.2. ACERO DE REFUERZO

Acero barras corrugadas de refuerzo ASTM A706 (NTC 2289). $f_y = 420$ MPa.

4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

Las características del suelo de fundación se dan de acuerdo con el informe “**INFORME ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES PARA CONSTRUCCION DE CANAL Y PONYON ENTRE LA CARRERA 4 Y VARIANTE UBATÉ CAPELLANÍA AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE UBATE**”

A continuación, se resumen los parámetros del suelo para el diseño.

PARÁMETRO	VALOR
Descripción del suelo:	Se caracteriza por ser un limo con arcilla de baja plasticidad de color café de consistencia firme
Perfil de suelo	D
Peso específico del suelo:	$\gamma = 1,63 \text{ Tn/m}^3$
Capacidad Portante:	$q_a = 16,65 \text{ Tn/m}^2$
Coeficiente activo de presión de tierras	$K_a = 0,42$

Tabla 2. Parámetros de cimentación y empuje de suelos

PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA	HUMEDAD %	%PASA TAMIZ N° 200	LIMITE DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		COMPRESION INC (Kg/cm2)	DESCRIPCION
				LL	LP	IP	SUCS	AASHTO		
0,00			---	---	---	---	---	---		Capa Vegetal
0,10										
0,20										
0,30			---	---	---	---	---	---		Material Organico
0,80		12,39								
1,00		14,25								
1,50		18,65								
2,00		19,30							2,43	
2,50		19,49	89,52%	40,02	29,80	10,22	ML	A-7-6		Material con contenido de limos y presencia de arcilla de baja plasticidad color café
3,00		19,59								
3,50		19,62								
4,00		19,68							1,13	
4,50		19,75								
5,00		19,66								
6,00		19,95	81,22%	37,96	30,22	7,74	ML	A-4		Material con contenido de limos y presencia de arcilla de baja plasticidad color café
7,00		19,87								
8,00		20,13								

Ilustración 3. Modelo geológico Canal Ubaté

5. CONSIDERACIONES SÍSMICAS

Se describen en este capítulo los parámetros sísmicos tomados para el análisis y cálculos de las fuerzas inducidas por el sismo.

5.1.EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA

De acuerdo con la localización del municipio, se resume en la siguiente tabla los principales parámetros.

PARÁMETRO	VALOR
Departamento	Cundinamarca
Municipio	Ubaté
Coeficiente de Aceleración horizontal Pico efectiva	$A_a = 0,15 \text{ g}$
Coeficiente de Velocidad horizontal Pico efectiva	$A_v = 0,20 \text{ g}$
Amenaza Sísmica	Intermedia

Tabla 3. Evaluación de la amenaza sísmica

5.2.MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

De acuerdo con las condiciones del sitio, del suelo y de la estructura, se obtuvieron los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	VALOR
Coeficiente de Importancia. (Grupo IV, edificaciones de atención a la comunidad Tabla A.2.5-1 NSR-10)	$I = 1,50$
Perfil del suelo	D
Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos	$F_a = 1,50$
Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios	$F_v = 2,00$
Período de vibración al cual inicia la zona de aceleraciones constantes del espectro de aceleraciones	$T_0 = 0,18 \text{ s}$
Período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para periodos cortos, y la parte descendiente del mismo	$T_c = 0,85 \text{ s}$

Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para periodos largos	$T_L = 4,80 \text{ s}$
Coeficiente de capacidad de disipación de energía (parte convectiva c y parte impulsiva i)	$R_i = 2.0$ $R_c = 1.0$

Tabla 4. Movimientos sísmicos de diseño

5.3. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO

A continuación, se grafica el espectro de diseño utilizado.

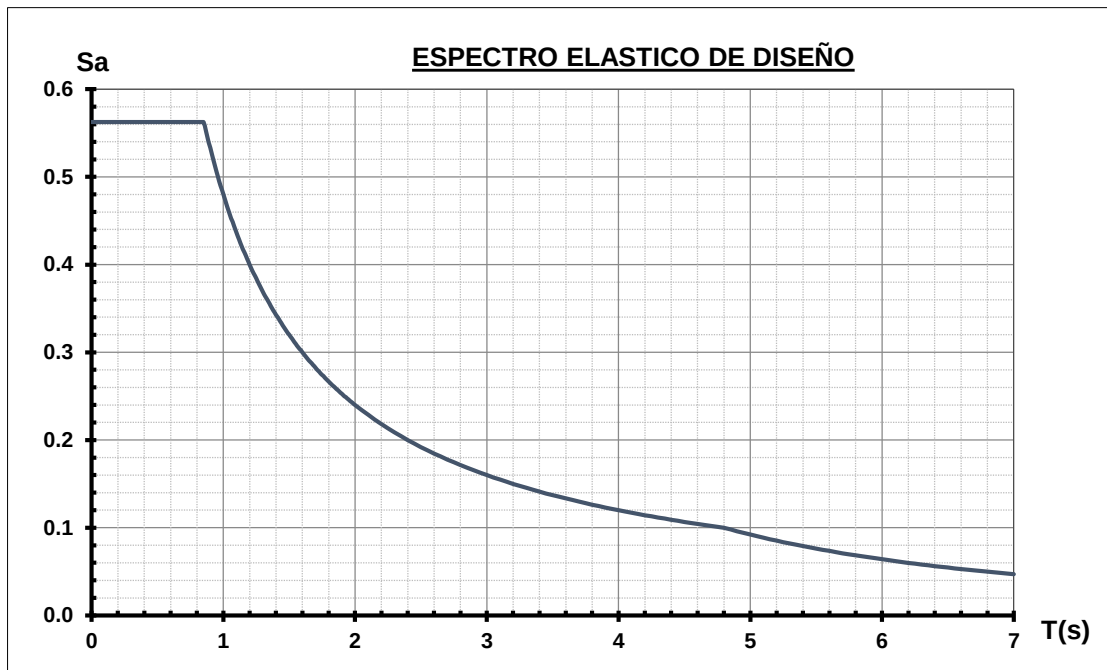


Ilustración 4. Espectro elástico de aceleración de diseño

6. ANÁLISIS DE CARGAS

A continuación, se describen los tipos de cargas utilizadas, su análisis y cuantificación que se tuvieron en cuenta para el diseño.

6.1. CARGAS

Los siguientes tipos de carga se tuvieron en cuenta:

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
D	CP	Carga muerta debida al peso propio de la estructura
L	CV	Cargas vivas debidas al personal de operación de la estructura
F	F	Carga por fluido
H	He	Carga por empuje lateral de suelo
E	Hd	Fuerza sísmica (Solo por empuje de suelo)

Tabla 5. Tipo de cargas para diseño

6.2. COMBINACIONES DE CARGAS

Se tomaron las combinaciones de cargas dadas por la NSR-10, las cuales se describen a continuación.

COMBINACIONES DE CARGA
$1,4(D+F)$
$1,2(D+F+T)+1,6(L+H)+0,5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$
$1,2D+1,6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(1,0L \text{ ó } 0,8W)$
$1,2D+1,6W+1,0L+0,5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$
$1,2D+1,0E+1,0L$
$0,9D+1,6W+1,6H$
$0,9D+1,0E+1,6H$

Tabla 6. Combinaciones de carga NSR-10 B.2.4.2

De acuerdo a los tipos de cargas que entran a actuar dentro de la estructura y de acuerdo al nombre dado dentro del modelo, se describen en la siguiente tabla las combinaciones utilizadas para el modelo estructural.

Nombre	Combinación de Cargas
COMB1	1,4 CP+1,4 F
COMB2	1,2 CP + 1,2F + 1,6CV + 1,6He
COMB3	1,2 CP + 1,2F + 1,0CV
COMB4	1,2 CP+1,2F ± 1,0Hd +1,0CV
COMB5	0,9CP + 0,9F + 1,6He
COMB6	0,9 CP +0,9F ± 1,0Hd +1,6He

Tabla 7. Combinaciones de carga incluidas en el modelo

6.2.1. CARGA MUERTA (CP)

La carga muerta o permanente se refiere al peso propio de la estructura, dicha carga es calculada directamente por el programa de elementos finitos donde se realiza el modelo de la estructura, idealizando la geometría con los espesores correspondientes.

6.2.2. CARGA VIVA (CV)

La carga viva a tomar en consideración será una sobrecarga vehicular de 2KN/m².

6.2.3. CARGA POR FLUIDO (F)

La carga por fluido será aplicada sobre la base del canal considerando la altura de flujo máxima según el diseño hidráulico. En este caso la carga aplicada obedece a la expresión:

$$F = \gamma \left(\frac{KN}{m^3} \right) \times h(m)$$

6.2.4. CARGA POR EMPUJE DE TIERRAS (He)

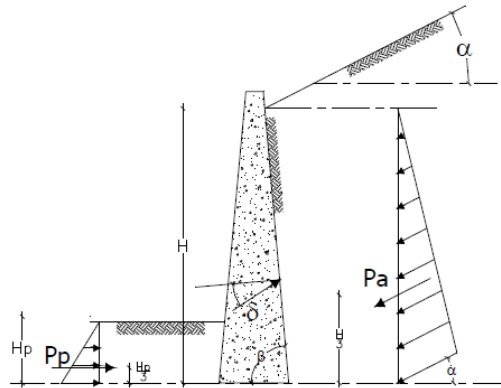


Ilustración 5. Empuje lateral de tierra

γ_s Peso específico del suelo

K_a Coeficiente de presión activa del suelo

$$P_1 = q x K A$$

$$P_2 = (\gamma x Z + q) x K A$$

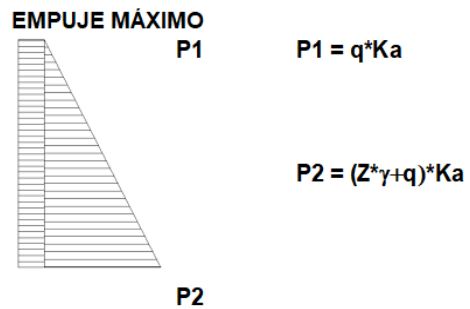


Ilustración 6. Empuje de tierras estático

6.2.5. EMPUJES SEUDO-ESTÁTICO DEL SUELO (Hd)

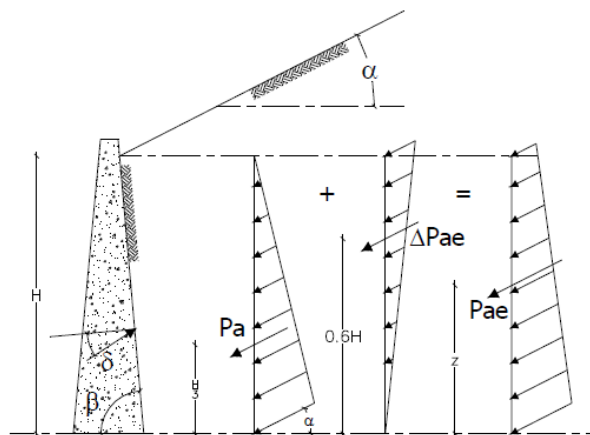


Ilustración 7. Carga dinámica por empuje lateral de tierra

Para el cálculo del empuje adicional por sismo se toman los siguientes parámetros:

Datos geotécnicos:

γ	Peso unitario del suelo	16,3 KN/m ³
Φ	Angulo de fricción interna	15.67°
δ	Angulo de fricción en el muro	0°
β	Angulo en la pared	53.13°
α	Angulo de inclinación del talud	0°
A_a	Aceleración sísmica	0.15
C_{sh}	Coeficiente sísmico de aceleración vertical	
C_{sv}	Coeficiente sísmico de aceleración horizontal	

Datos para el cálculo de empuje y efecto sísmico

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{C_{sh}}{1 - C_{sv}}\right) \quad \begin{aligned} C_{sh} &= 0.5A_a \\ C_{sv} &= 0.7C_{sh} \end{aligned}$$

$$K_o = 1 - \sin(\Phi)$$

Empuje lateral dinámico

$$KAE = \frac{\cos(\Phi - \beta - \theta)^2}{\psi AE \cos(\beta)^2 \cos(\theta) \cos(\beta + \delta + \theta)}$$

$$\psi_{AE} = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{Sen}(\phi + \delta)\text{Sen}(\phi - \alpha - \theta)}{\text{Cos}(\beta + \delta + \theta)\text{Cos}(\alpha - \beta)}} \right]^2$$

$$KE = (KAE - KA)$$

Empuje pseudo estático

$$P_{AE} = Z * \gamma * KE * \frac{I}{R}$$

H	Empuje lateral estático (KN/m ²)
KA	Coeficiente de empuje activo
KAE	Coeficiente dinámico de presión de suelo activo
Z	Altura (m)

EMPUJE PSEUDOESTÁTICO

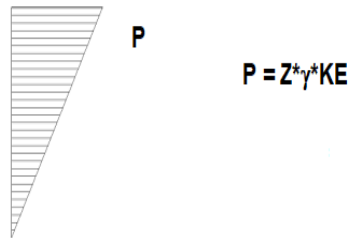


Ilustración 8. Empuje Pseudo estático

7. MODELO ESTRUCTURAL

El modelo del canal se hizo por metro lineal mediante elementos tipo Shell con un espesor de 16 cm para los muros y 16cm para la losa del fondo. Se consideraron 3 secciones para el diseño del canal: primero el tramo de empalme de la carrera 4, luego un tramo central típico y por último el tramo de empalme con la vía Variante de Ubaté.

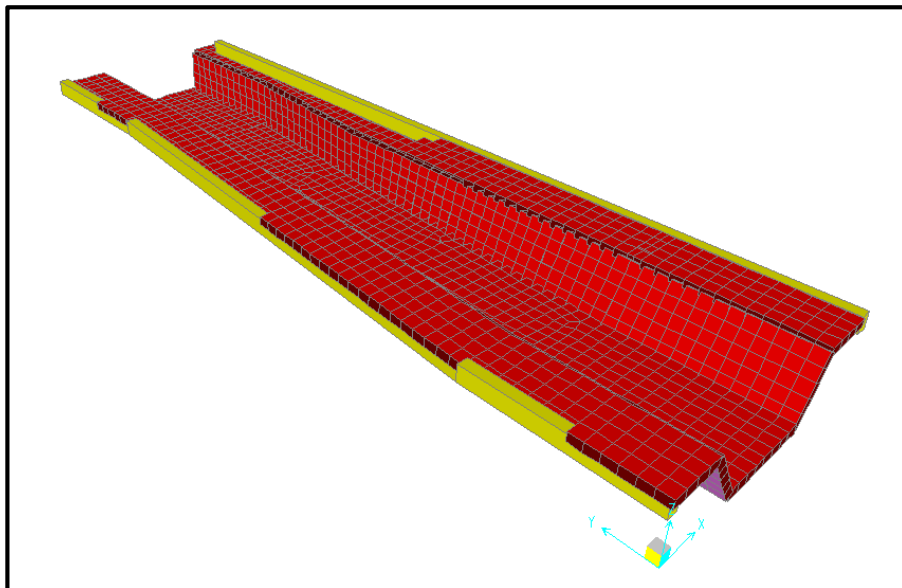


Ilustración 9. Modelo estructural del canal para el tramo de empalme con la carrera 4

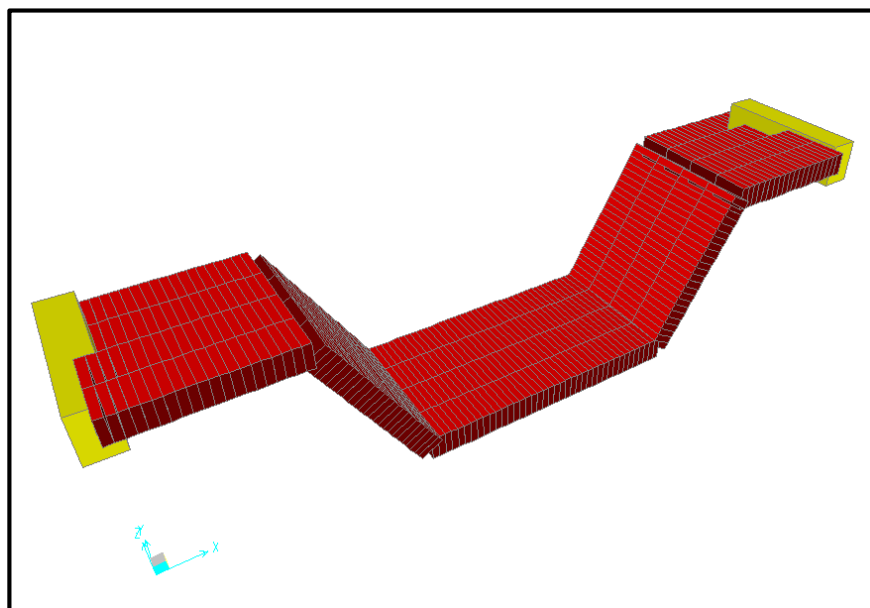


Ilustración 10. Modelo estructural del canal para el tramo central típico

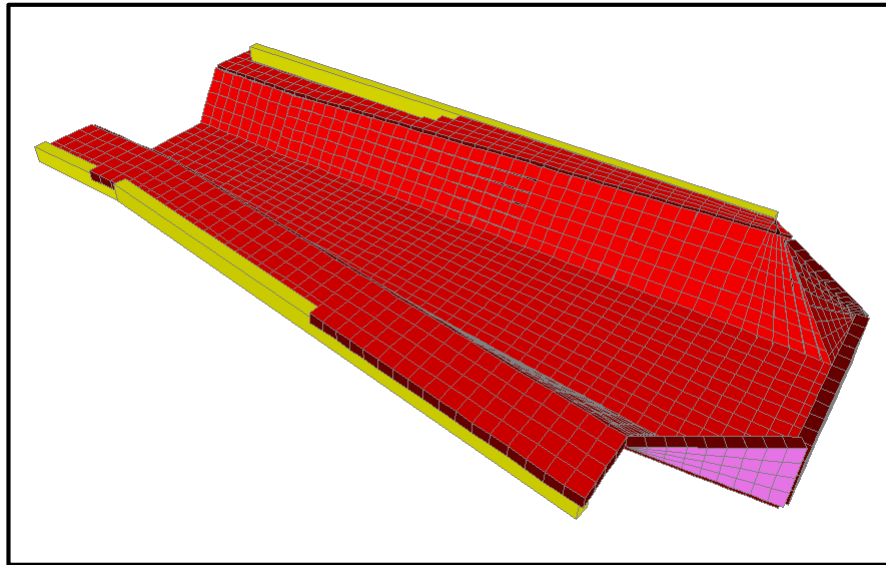


Ilustración 11. Modelo estructural del canal para el tramo de empalme con la vía Variante de Ubaté

7.1. SOTWARE DE ANÁLISIS

Se usó la aplicación de análisis y diseño estructural de la compañía CSI Computers and Structures Inc.: SAP2000 V14.

7.2. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

A continuación, se puede observar el cálculo de las cargas, así mismo, gráficamente los valores de cargas incluidas en el modelo de acuerdo a lo descrito en el Capítulo de Análisis de Cargas.

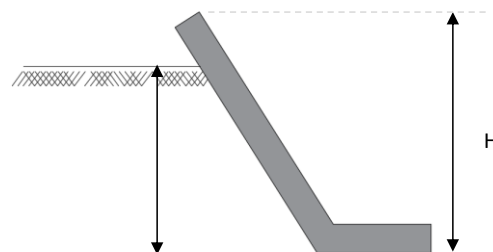
CÁLCULO DE PRESION DE TIERRAS ESTÁTICO Y PSEUDOESTÁTICO (MONONOB-OKABE)

CARACTERÍSTICAS DEL MURO EN ESTUDIO

Longitud del muro en estudio B =	1.00 m
Altura muro en estudio H =	1.00 m
Altura de tierras Hq =	1.00 m
Carga viva (Sobrecarga vehicular) =	2.00 kN/m ²

COEFICIENTES DE DISEÑO SISMICO

Zona de Amenaza Sísmica =	Intermedia
Perfil =	D
Aa =	0.15
Av =	0.20
Fa =	1.50
Fv =	2.00
I =	1.50 NSR-10
Tc =	0.85 s
TL =	4.80 s



CARACTERISICAS GEOTÉCNICAS DE SUELO

Ka =	0.42	
Peso específico suelo =	16.30	kN/m ³
Capacidad admisible =	166.50	kN/m ²
Angulo de friccion interna ϕ =	15.67	° = 0.27 rad
Angulo de friccion en el muro δ =	0.00	° = 0.00 rad
Angulo en la pared β =	53.13	° = 0.93 rad
Angulo de inclinacion del talud α =	0.00	° = 0.00 rad
Kh =	0.08	
θ =	0.02	
Csh =	0.08	
Csv =	0.05	
Z =	1.00	m

EMPUJE DE TIERRAS

ESTÁTICO

$P_A = 3.42$ KN Empuje estático

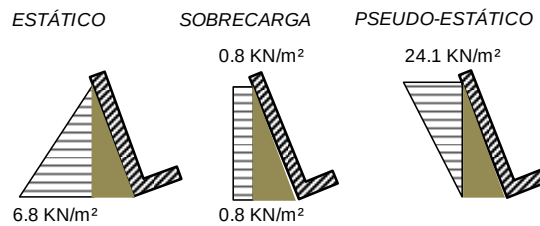
EMPUJE POR SOBRECARGA

$P_v = 0.84$ KN Empuje por sobrecarga

PSEUDO-ESTÁTICO (MONONOBÉ-OKABÉ)

$K_{AE} =$	1.40	
$\Psi_{AE} =$	2.07	
$K_E =$	0.98	
$P_{AE} =$	12.03	KN Empuje pseudo-estático

DIAGRAMAS DE PRESION DE TIERRAS SOBRE EL MURO



CHEQUEO DE VUELCO

$M_{vuelco} = 15.26$ KN.m
 $M_{resistente} = 24.68$ KN.m

$$\frac{M_r}{M_v} = \frac{24.68}{15.26} > 1.5$$

1.62 > 1.5 Ok

7.2.1. PRESIÓN POR TIERRA

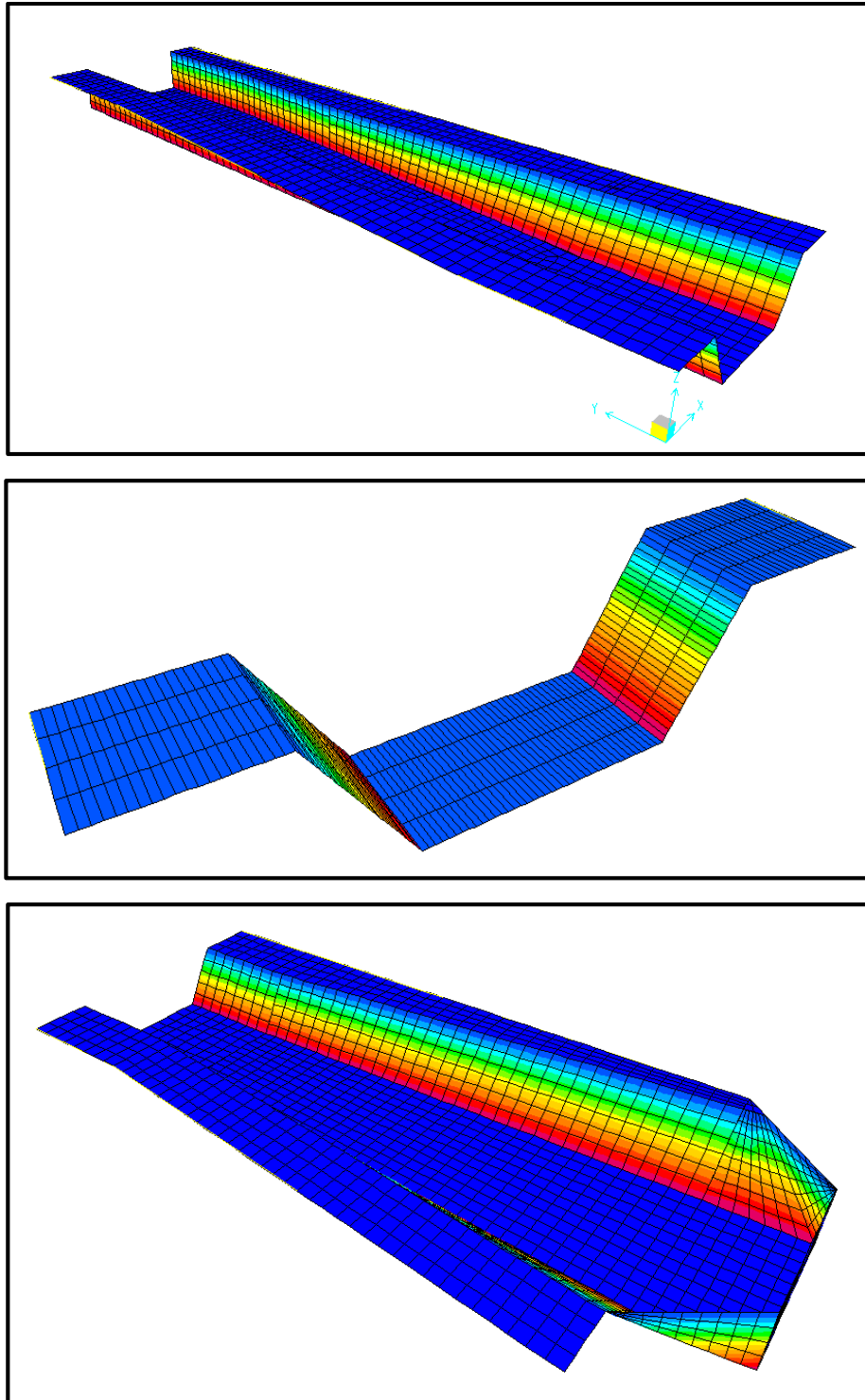


Ilustración 12. Presión Estática de tierras

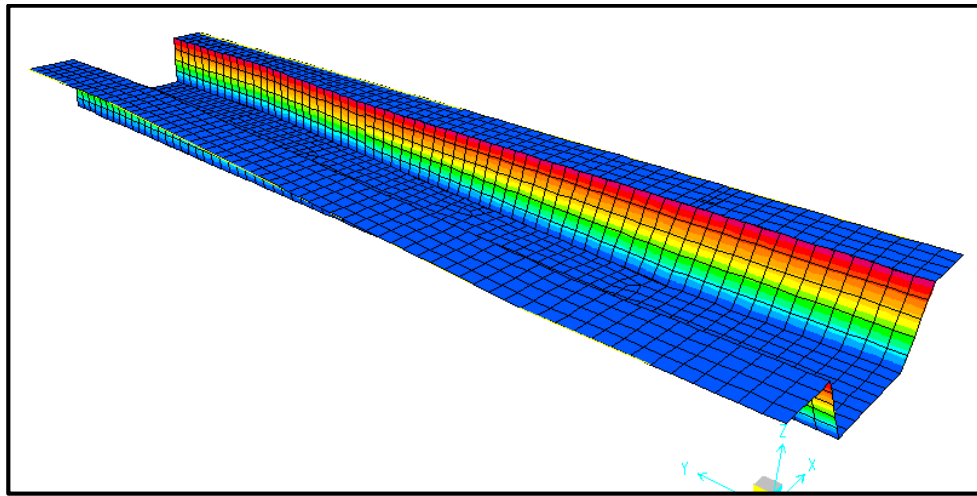
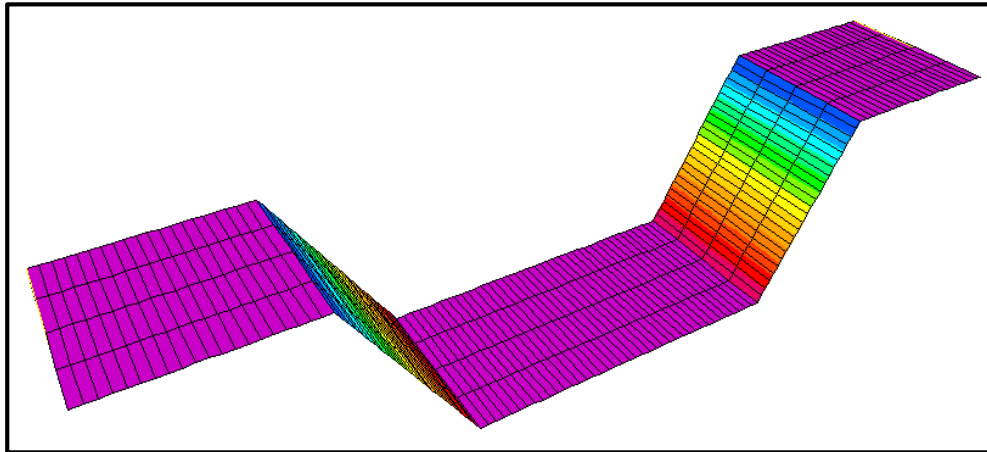
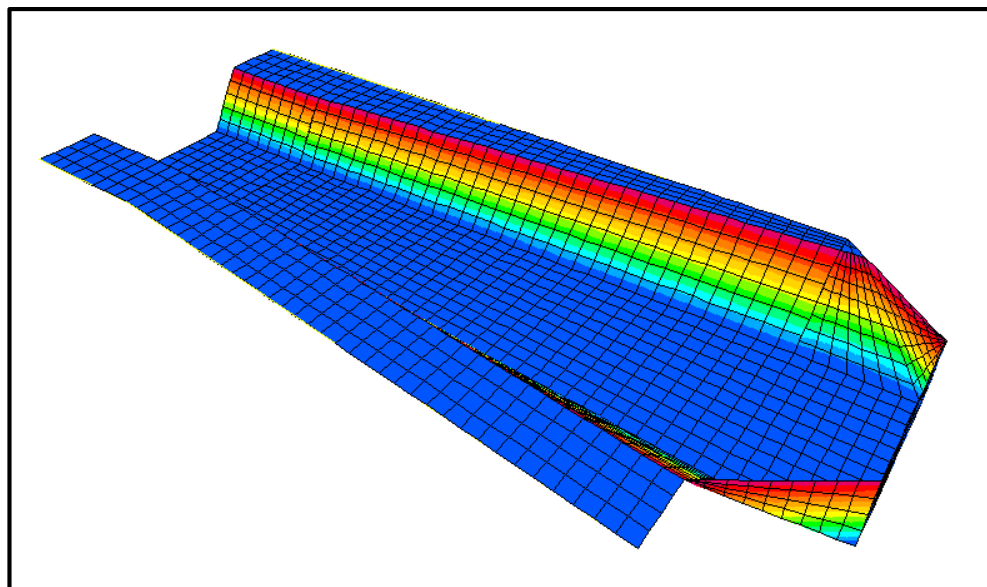


Ilustración 13. Presión Dinámica de Tierras

7.2.2. PRESION POR SOBRECARGA VEHICULAR

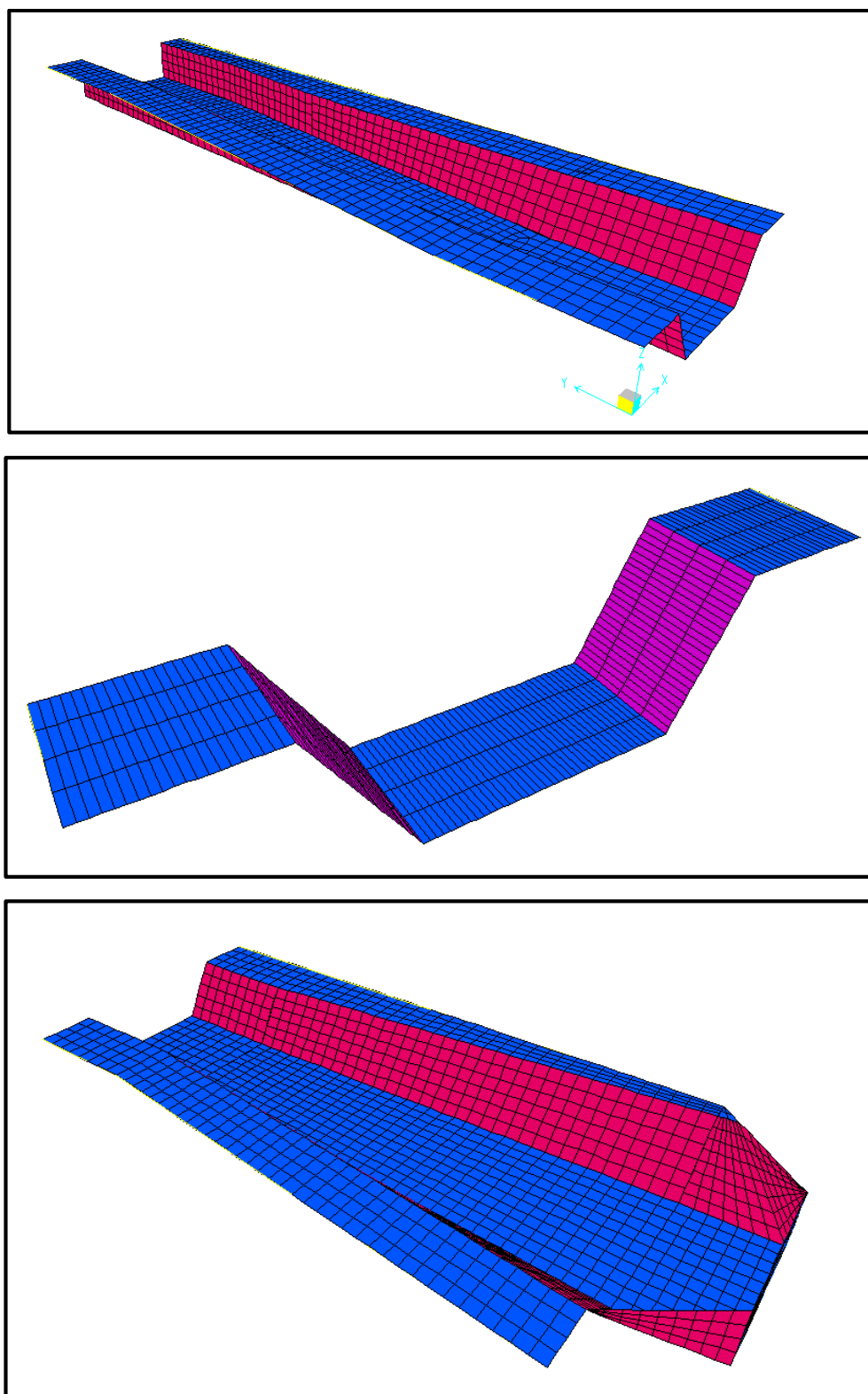


Ilustración 14. Presión por sobrecarga vehicular

8. DISEÑO ESTRUCTURAL

Las acciones de diseño para los elementos se muestran en las figuras a continuación:

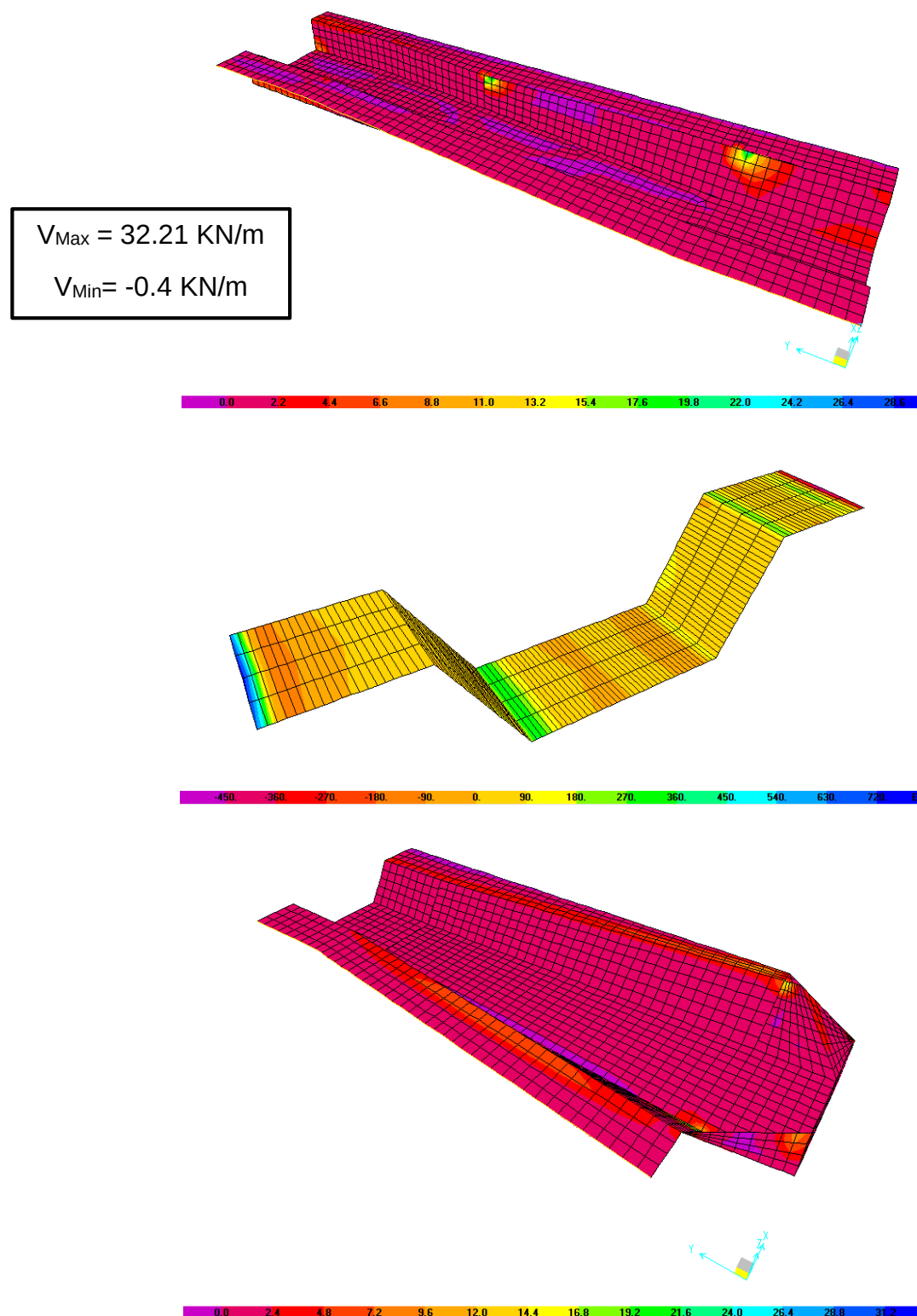


Ilustración 15. Cortante V13 con Envolvente

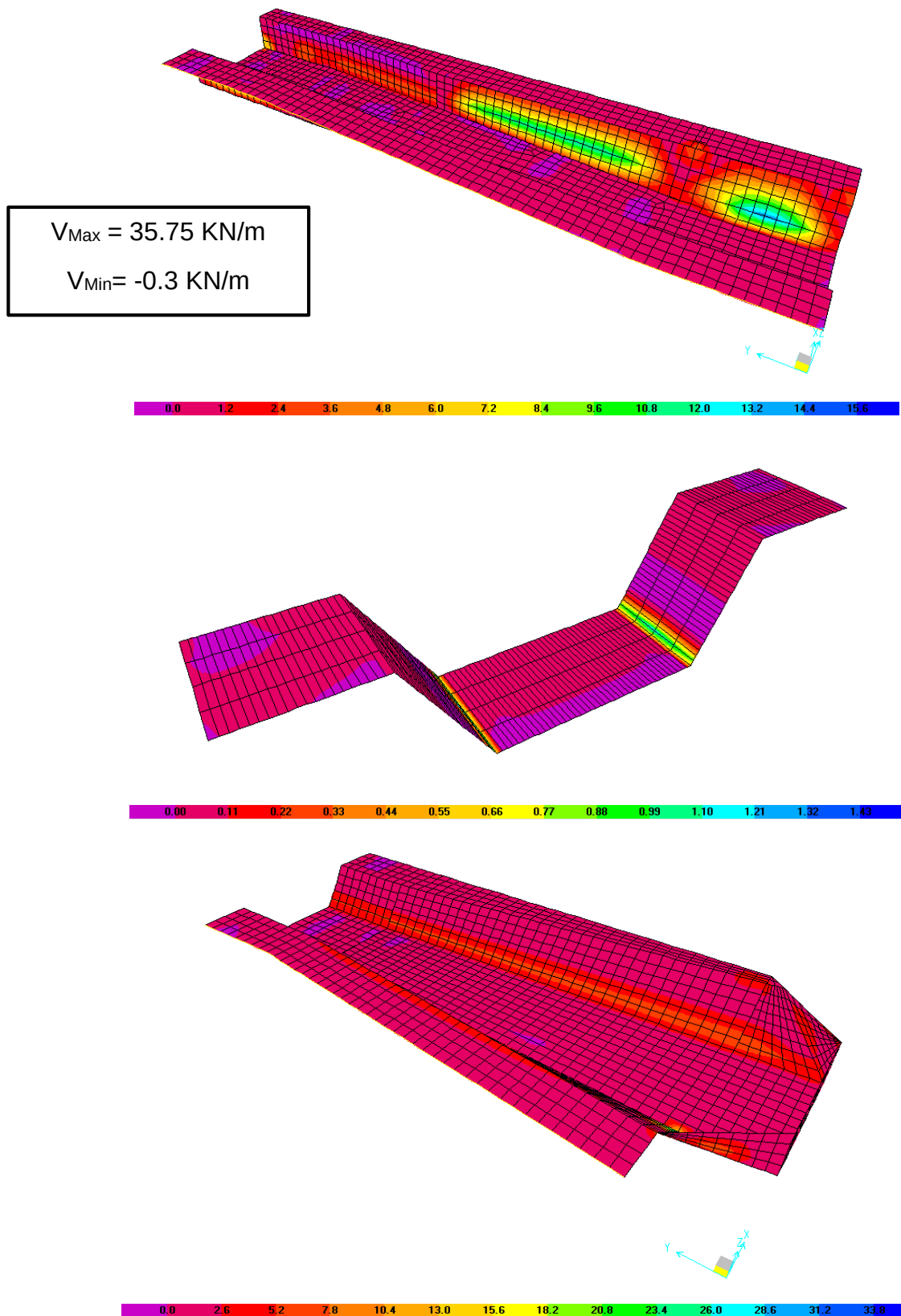


Ilustración 16. Cortante V23 con Envolvente

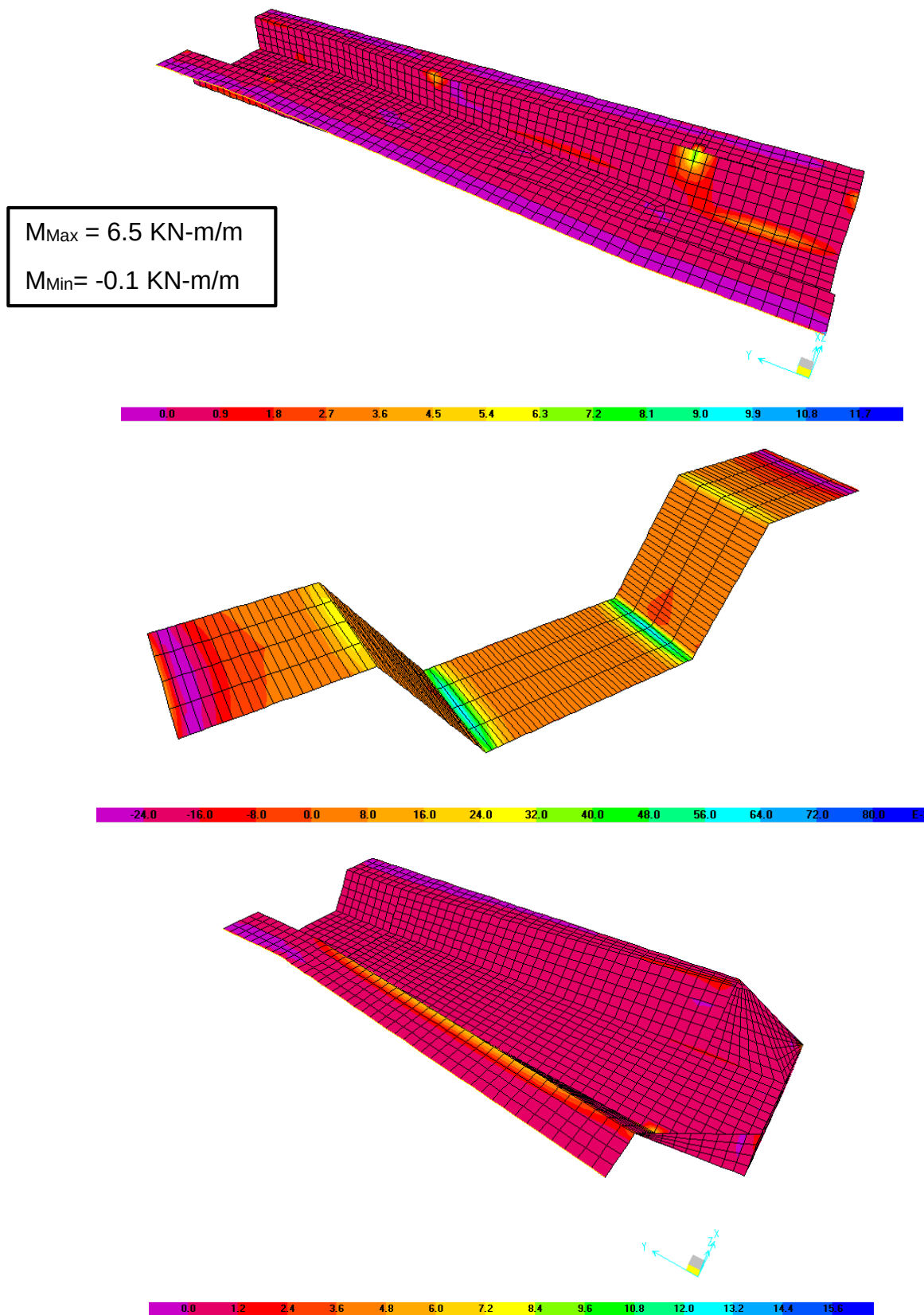


Ilustración 17. Momento M11 con Envolvente

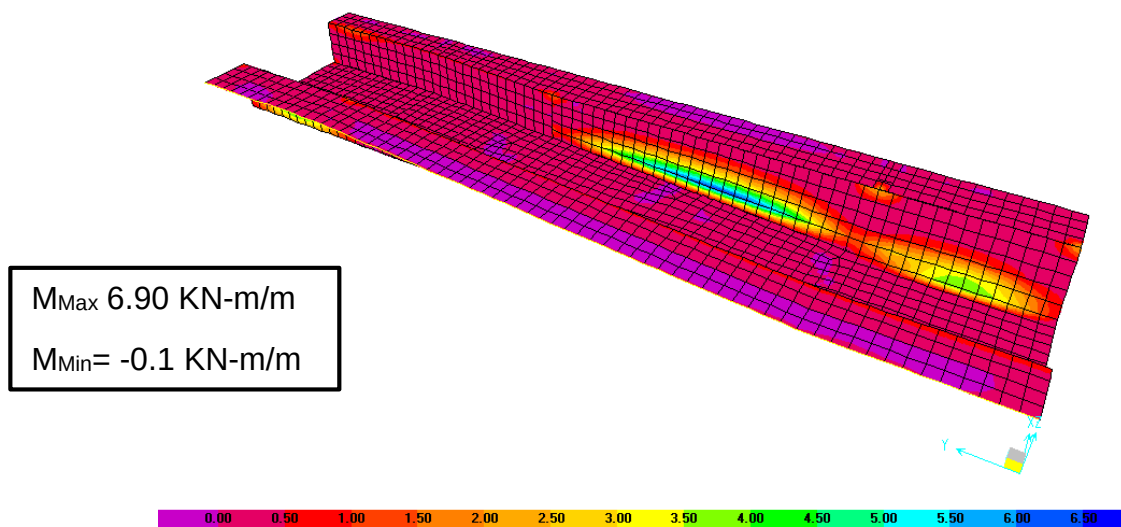
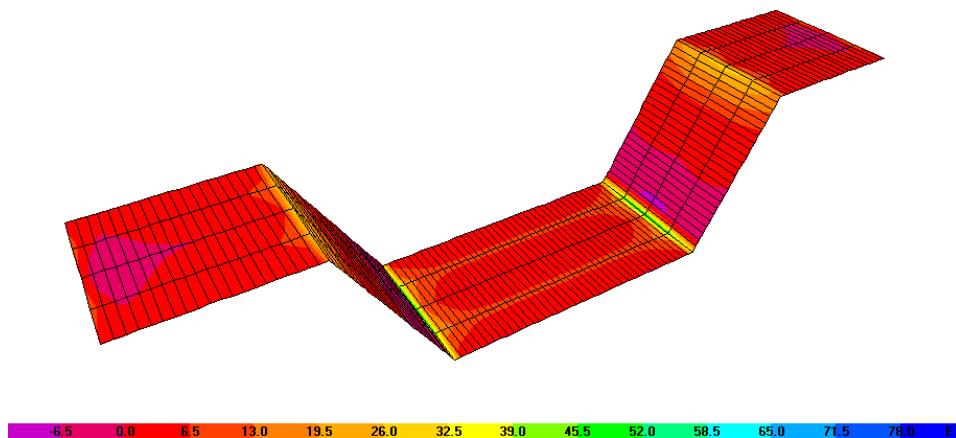
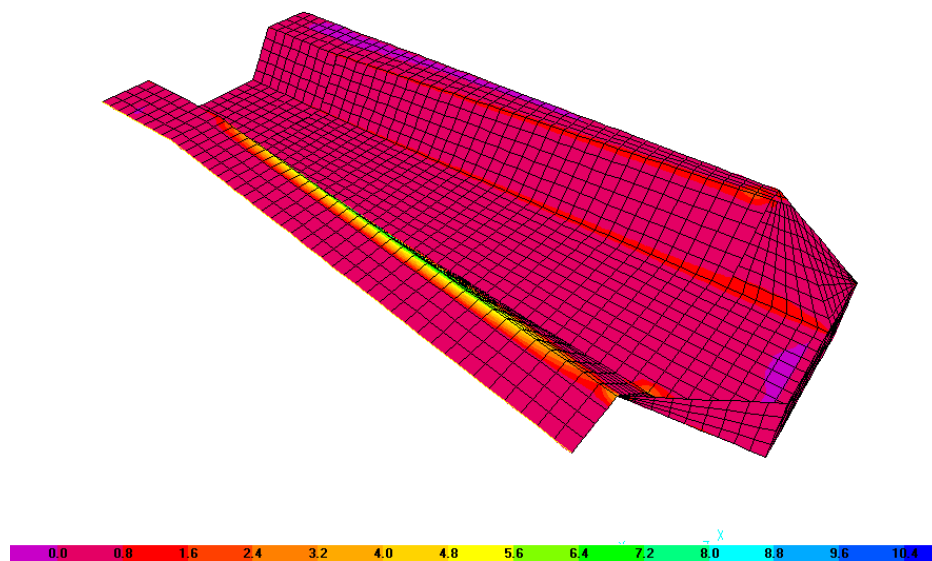


Ilustración 18. Momento M22 con Envolvente

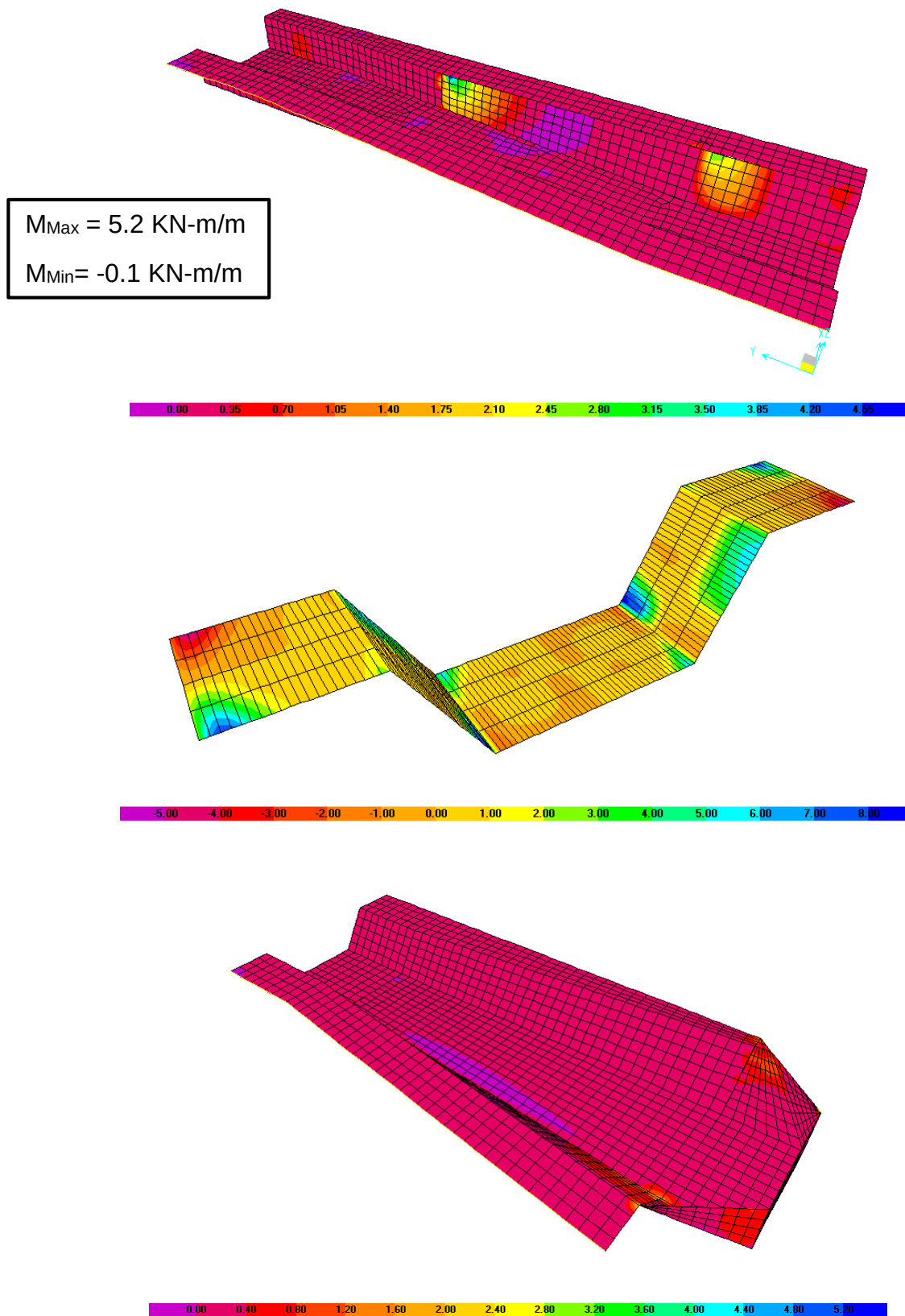


Ilustración 19. Momento M12 con Envolvente

El diseño de los elementos se hizo de acuerdo a las acciones mínimas de muros y placas mostrados en las figuras anteriores, se observa que los puntos críticos se encuentran en los vértices de la figura. A continuación, se muestran las verificaciones que se hacen a los elementos diseñado.

8.1. ACERO DE REFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

$\rho_{retraccion} = 0,003$	Cuantía mínima de retracción y temperatura
$b=1,00m$	Ancho de diseño de la sección transversal
$h_1=0,16m$	Espesor de diseño de losa
$h_2=0,16m$	Espesor de diseño de muros
$d_{max}=0,30m$	Separación máxima del refuerzo de retracción y temperatura
$As_{ret1} = \rho_{ret} b h_1 = 4.8cm^2$	Área de acero de retracción y temperatura requerida para la losa
$As_{ret2} = \rho_{ret} b h_2 = 4.8cm^2$	Área de acero de retracción y temperatura requerida para el muro

8.2. MOMENTO RESISTENTE DE LA SECCIÓN

$$\phi_f M_n = \phi_f \rho f_y b d^2 \left(1 - 0,59 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right)$$

8.3. MOMENTO ÚLTIMO DE DISEÑO

$E_c = 3900 \sqrt{f'_c} = 20637 \text{ MPa}$	Módulo de elasticidad del concreto en MPa
$n = \frac{E_s}{E_c} = 9.69$	Relación de módulos
$k = \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n} - \rho n$	$c = k d$
$\beta = \frac{h - c}{d - c}$	Relación entre las distancias de la sección transversal
$f_{s_{max}} = \frac{57000}{\beta \sqrt{s^2 + 4 \left(50 + \frac{d_b}{2}\right)^2}}$	Esfuerzo en el refuerzo

Para determinar el momento último, se tuvo en cuenta el factor de durabilidad que amplifica el momento sin sismo.

$$s_d = \frac{\phi_f f_y}{\gamma f_s} \geq 1$$

Factor de durabilidad

$$\gamma = \frac{1,4 (D + F)}{D + F} = 1,4$$

$$M_u < \frac{\phi_f M_n}{S_d} \quad M_u \text{ tomado de combinaciones sin sismo}$$

$$M_u < \phi_f M_n \quad M_u \text{ tomado de combinaciones con sismo}$$

8.4. VERIFICACION DE LA RESISTENCIA AL CORTANTE

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\phi_c = 0,75$$

$$V_u < \phi V_c$$

8.5. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

CARACTERISTICAS DE MATERIALES Y LIQUIDOS

$\gamma_w =$	10.00 kN/m ³	Peso unitario del líquido contenido en el tanque
$\gamma_c =$	24.0 kN/m ³	Peso unitario del concreto

CONCRETO REFORZADO

$f_c =$	28 MPa
$f_y =$	420 MPa
$E_c =$	20,637 MPa
$E_s =$	200,000 MPa
$\lambda_c =$	1.0 Concreto normal
$n =$	9.69

FACTOR DE DURABILIDAD

$\phi_f =$	0.90	☐ ¿Análisis estructural incluye fuerza de sismo?
$f_s =$	170 MPa	C.23-C.9.2
$\gamma =$	1.4	
$S_d =$	1.59	C.23-1

Se afecta la resistencia requerida por coeficiente S_d en las porciones de la estructura donde la durabilidad, la estanqueidad u otras consideraciones deban tenerse en cuenta

DIMENSIONES GENERALES:

Espesor promedio muros =	0.16	m
Espesor placa de fondo =	0.16	m
Dimensio en X =	3.00	m
Dimensión en Y (Diseño por ml) =	1.00	m
Altura interna de muros =	1.00	m

CAPACIDAD DEL CANAL

Altura efectiva de agua =	0.65	m
Lámina libre =	0.35	m
Volumen total líquido (por ml)=	1.55	m ³
Area total losa de fondo =	1.80	m ²
Area interna losa de fondo =	1.80	m ²

COEFICIENTES DE DISEÑO SISMICO

Zona de Amenaza Sísmica =	Intermedia
Perfil =	D
$A_a =$	0.15
$A_v =$	0.20
$F_a =$	1.50
$F_v =$	2.00
$T_c =$	0.85
$T_L =$	7.68
$I =$	1.50 NSR-10

AVALUO DE CARGAS (Diseño por ml)

Peso placa de fondo	6.9	kN
Peso muros	48.0	kN
Peso propio líquido	<u>15.5</u>	kN

PESO TOTAL LLENO = 70.4 kN

PESO TOTAL VACIO = 54.9 kN

ESFUERZO DE CONTACTO

$\gamma_s = 16.30 \text{ kN/m}^3$ Peso Unitario Suelo
Capacidad portante admisible = **166.50** kN/m²

Área de contacto = 1.8 m²

$$\sigma = \frac{W_{TOTAL}}{Area} = 39.1 \text{ kN/m}^2$$

$\sigma = 39.1 \text{ kN/m}^2 < 166.5 \text{ kN/m}^2$ - OK

DISEÑO DE MUROS

CONCRETO REFORZADO

$f_c = 28$ MPa

$f_y = 420$ MPa

$E_c = 20,637$ MPa

$E_s = 200,000$ MPa

$\lambda = 1.0$ Concreto normal

$n = 9.69$

ANALISIS POR CORTANTE

$\phi_v = 0.75$

$V_c = 98$ kN/m

$V_u = 35.75$ kN/m *Resultado envolvente SAP2000*

$$V_u < \phi_v * V_c$$

$$35.8 < 0.75 * 98.2$$

$$35.8 < 73.7 \text{ kN-m/m} \quad \text{OK cumple}$$

ANALISIS POR FLEXION

Diseño por metro de ancho

$t = 0.16$ m

recub = 50 mm

$\phi = 8$ mm

$s = 0.15$ m

As: $\phi 8.00$ mm c/.15

As: 3.35 cm²/m

As: 335 mm²/m

$d' = 50.8$ mm

$d = 109.2$ mm

$\rho = 0.0031$

$\rho_{min} = 0.003$ OK, cumple cuantía mínima

$\rho_{def} = 0.0031$

$k = 1.1285$

$M_n = 13456.6$ kN-mm/m

$M_n = 13.46$ kN-m/m

$M_u = 6.9$ kN-m/m *Resultado envolvente SAP2000*

$$M_u < \phi * M_n / S_d$$

$$6.9 < 0.9 * 13.46 / 1.59$$

$$6.9 < 7.6 \text{ kN-m/m} \quad \text{OK cumple}$$

DISEÑO LOSAS

ANALISIS POR CORTANTE

$\phi_v = 0.75$
 $V_c = 98 \text{ kN/m}$
 $V_u = 1.5 \text{ kN/m}$ *Resultado envolvente SAP2000*

$V_u < \phi_v * V_c$
 $1.5 < 0.75 * 98.2$
 $1.5 < 73.7 \text{ kN-m/m}$ **OK cumple**

ANALISIS POR FLEXION

Diseño por metro de ancho

$t = 0.16 \text{ m}$	$\rho = 0.0031$
$\text{recub} = 50 \text{ mm}$	$\rho_{\min} = 0.003 \text{ OK, cumple cuantía mínima}$
$\phi = 8 \text{ mm}$	$\rho_{\text{def}} = 0.0031$
$s = 0.15 \text{ m}$	$k = 1.1285$
$A_s: \phi 8.00 \text{ mm c/.15}$	$M_n = 13456.6 \text{ kN-mm/m}$
$A_s: 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$	$M_n = 13.46 \text{ kN-m/m}$
$A_s: 335 \text{ mm}^2/\text{m}$	$M_u = 1.0 \text{ kN-m/m}$ <i>Resultado envolvente SAP2000</i>
$d' = 50.8 \text{ mm}$	
$d = 109.2 \text{ mm}$	
	$M_u < \phi * M_n / S_d$
	$1.0 < 0.9 * 13.46 / 1.59$
	$1.0 < 7.6 \text{ kN-m/m}$ OK cumple

DISEÑO DE VIGAS

VIGA/

B=0.20 H=0.30 L=6.00		
M=-0.00		M=-0.00
A=1.58		A=1.58
M=0.24	M=2.04	M=0.24
A=1.58	A=2.39	A=1.58
v=2.40		v=-2.40