

2016



RAUL ENRIQUE LOZANO

[DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE AGUA COLEGIO PABLO VI]
[MEMORIA DE CÁLCULO.]

TANQUE DE AGUA
COLEGIO PABLO VI
MEMORIAS DE CÁLCULO

Análisis y diseño:
Ing. Raúl Lozano Mora
Noviembre 2016

TABLA DE CONTENIDO

1.1	Introducción	4
1.2	Normas de diseño	4
1.3	Materiales	4
1.4	Evaluación de Cargas	4
1.5	Modelo	6
1.6	Combinaciones de Carga.....	7
1.6.1	Distribución de cargas	7
1.7	Resultados	9
1.7.1	Verificación de Capacidad de Carga	9
1.7.2	Diseño de las paredes	9
1.7.3	Diseño de la losa de fondo	14
1.7.4	Diseño de la losa Superior.....	16
1.7.5	Diseño y verificación de fisuración.....	17

1.1 Introducción

Las presentes memorias de cálculo resumen las labores adelantadas para el análisis y diseño de la *TANQUE DE AGUA* en concreto reforzado, para el colegio Pablo VI en Nariño.

El tanque objeto de análisis consta de cuatro muros y losa de fondo de 0.25 m y una placa superior de 25 cm de espesor, soportada por los muros perimetrales. La forma del tanque es rectangular con dimensiones libres de 4.00 por 5.88 metros y una altura libre de 2.44 metros para una capacidad de almacenaje de 23.52 m³.

1.2 Normas de diseño

Se utilizó como guía para el análisis y diseño la Norma para Construcciones Sismo Resistentes – NSR 10. Especialmente el capítulo C.23 (Tanques y Estructuras de Ingeniería Ambiental en Concreto)

1.3 Materiales

Concreto de 28 MPa para muros y losas.

Concreto de 10 MPa para concreto pobre.

Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, para $\varnothing \geq 3/8"$

Acero de refuerzo $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$, para $\varnothing < 3/8"$

1.4 Evaluación de Cargas

Carga Muerta (D)

- Peso Propio

Tapa	$0.25\text{m} \times 2.4\text{tn/m}^3$	0.60 ton./m^2
Muro	$4 \times 0.25\text{m} \times 2.4\text{tn/m}^3$	2.40 ton./m^2
P. Fondo	$0.25\text{m} \times 2.4\text{tn/m}^3$	0.60 ton./m^2
	Total	3.60 ton./m^2

Carga Viva de cubierta (L)

Para la placa superior del tanque se utiliza una carga de **0.50Ton/m²**

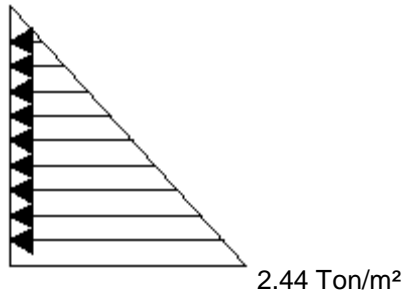
Presión hidrostática (F)

$$\gamma_{AGUA} = 1.0 \text{ T/m}^3$$

$$P_o = \gamma_{AGUA} h$$

$$P_o = 1.0 \text{ T/m}^3 * 2.44 \text{ m}$$

$$P_o = 2.44 \text{ T/m}^2$$



Empuje del Suelo

$$\gamma_{suelo} = 1.70 \text{ T/m}^3$$

$$P_o = \gamma_{suelo} h * k_o$$

$$k_o = 0.70$$

$$P_o = 1.70 \text{ T/m}^3 * 2.44 \text{ m} * 0.55$$

$$P_o = 2.28 \text{ T/m}^2$$

1.5 Modelo

Se implementó un modelo estructural en tres dimensiones en el programa de análisis SAP2000. Se utilizaron 456 elementos tipo shell.

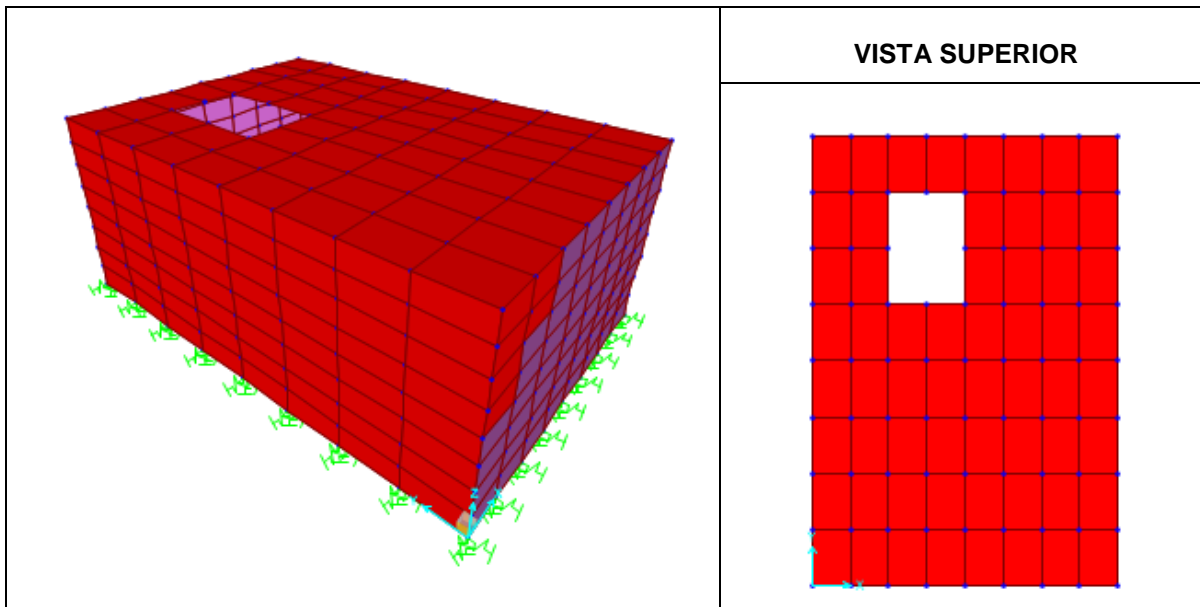


FIGURA 1. VISTA ESTRUCTURA DE TANQUE. A) VISTA GENERAL (Vista izquierda) B) VISTA SUPERIOR (vista inferior derecha).

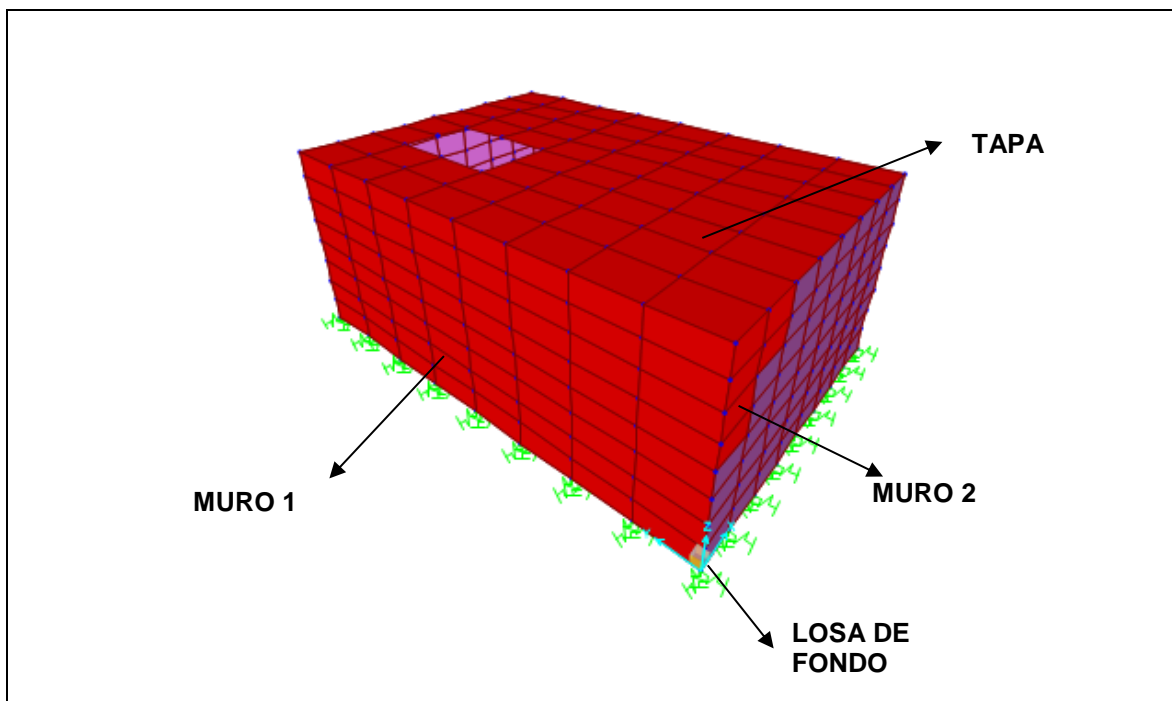


FIGURA 2. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Condiciones Modelo

- Se colocaron apoyos tipo “spring” para simular la interacción suelo-estructura. (ver figura 3).
- Para la modelación de los muros se utilizaron secciones de área tipo “shell”.
- Para la aplicación de la presión se utilizó una función llamada “joint pattern” que permite variación de los valores presiones en función de la altura.

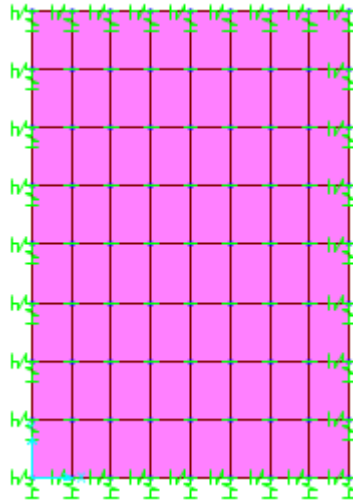


FIGURA 3. APOYO TANQUE DE ALMACENAMIENTO

$K_s = 1049 \text{ Ton/m}^3$

1.6 Combinaciones de Carga

Según la norma NSR-10 CAP B.2 sección B.2.4.2

Combinación: N° 1, 1.2 D
N° 2, 1.2 D +1.6 L
N° 3, (1.2 D + 1.7 F + 1.6 H)*Sd (Para estructuras sanitarias)
SERV: 1.0 D +1.0 L + 1.0 F+1.0 H

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

H: Presión de Tierras

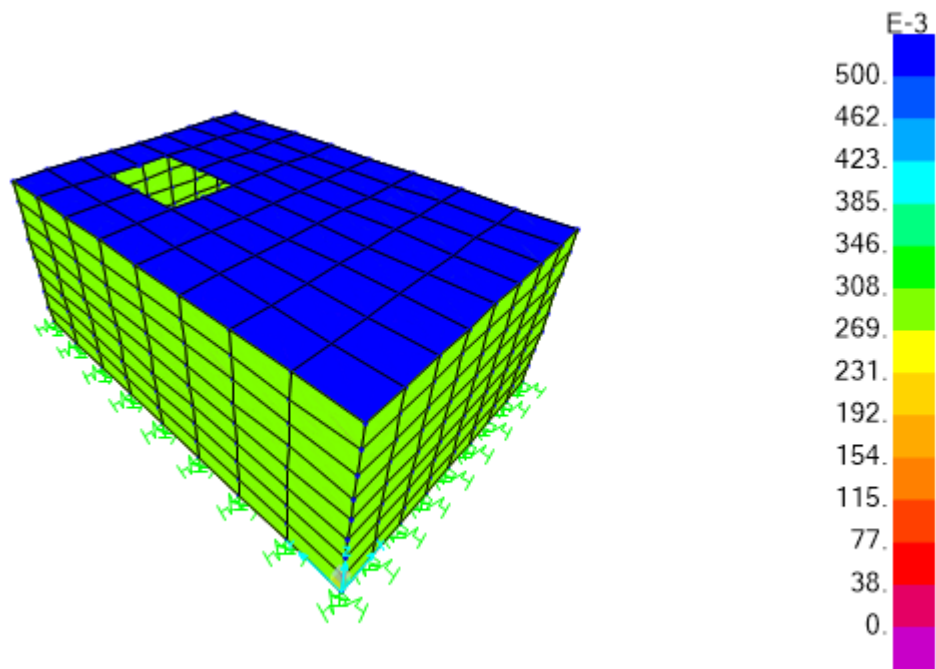
F: Presión de Fluidos

Sd: Coeficiente de durabilidad

1.6.1 Distribución de cargas

Carga viva sobre cubierta: 500 kg/m²

Empuje por Carga viva: 275 kg/m²



Empuje lateral de tierras: 2280 kg/m²

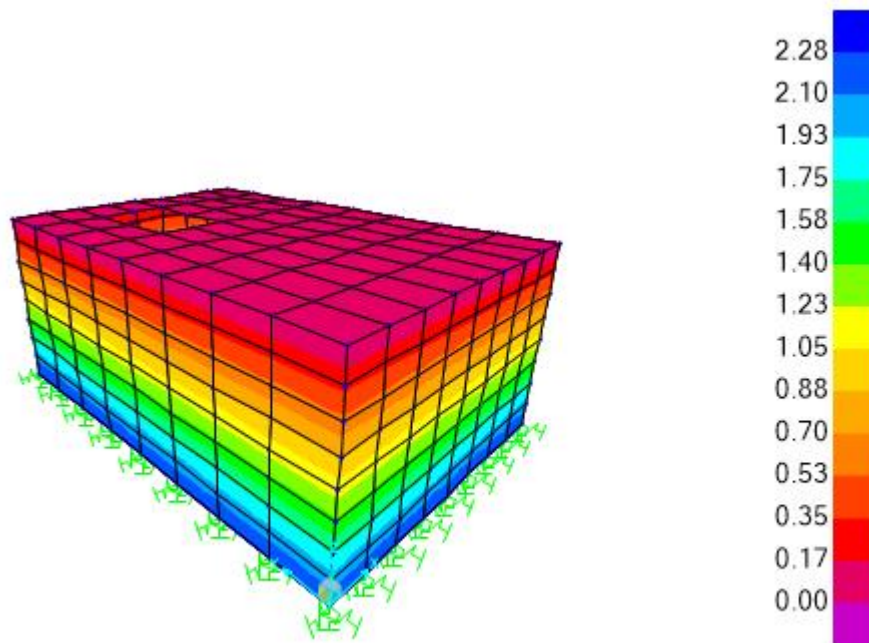
$$H = \gamma \cdot k_o \cdot h$$

De donde

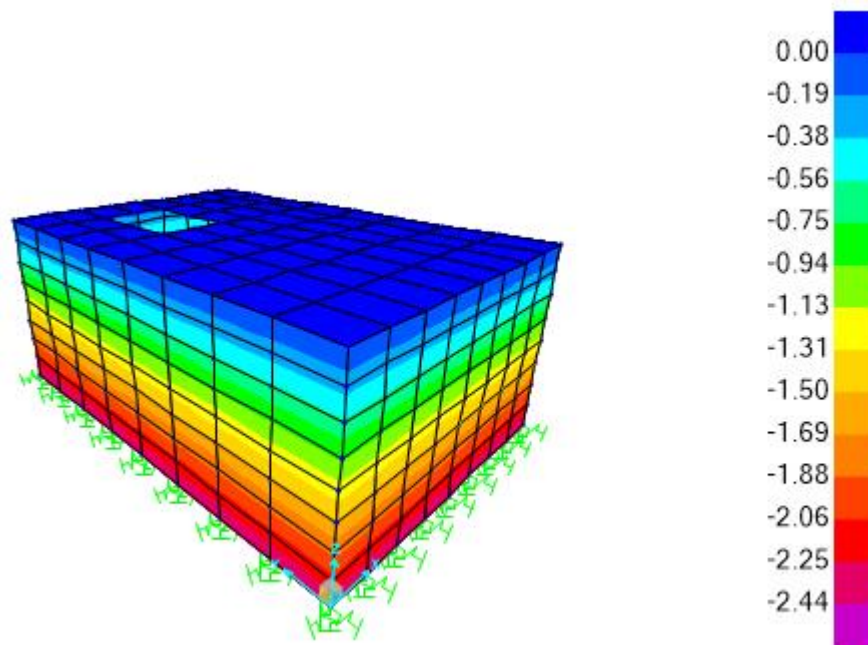
K_o = Coeficiente en reposo de tierras = 0.55

h = Altura del muro; $h = 2.44$ m.

γ = Peso específico del suelo = 1.70 tn/m³



Empuje hidrostático : 2500 kg/m²



1.7 Resultados

1.7.1 Verificación de Capacidad de Carga

De acuerdo a las cargas provenientes, al peso propio de la estructura, el peso del agua y la carga viva en cubierta se tienen las siguientes presiones sobre el suelo.

Longitud en sentido X de la Placa Lx= 4.0 m
Longitud en sentido Y de la Placa Ly= 5.88 m
Área aproximada de la Placa A=23.52 m²
Carga peso propio P=57.15 Ton.
Carga peso agua P=57.39 Ton.
Carga Viva de cubierta P=11.73 Ton.

$$\sigma_{\max} = P/A$$

$$\sigma = 114.54 \text{ tn} / 23.52 \text{ m}^2 = 4.87 \text{ tn} / \text{m}^2:$$

Se puede observar que la presión sobre el suelo **no supera** la capacidad portante del suelo, que es de 13.5 tn/m².

1.7.2 Diseño de las paredes

Muro 1

Diseño a flexión

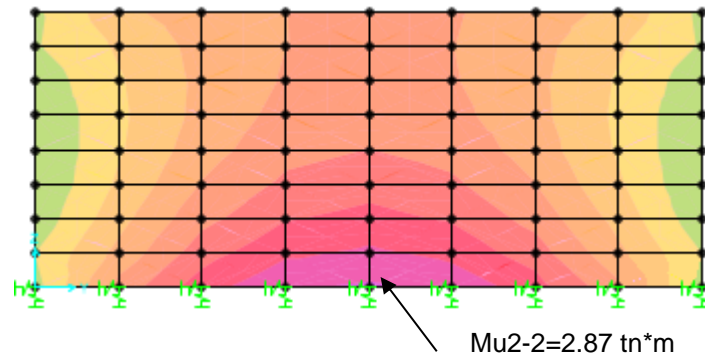


FIGURA 7. DIAGRAMA DE MOMENTO M2-2 (COMB 3) MURO 1

$$Mu_{2-2} \text{ COMB 3} = 2.87 \text{ tn*m/m}$$

$$Mu_{2-2} * 1.8 = \mathbf{5.16 \text{ tn*m/m}}$$

$$\rho_{\text{calculada}} = 0.0033$$

ρ retracción y fraguado = 0.0030 para juntas con separación mayor de 6.0 m

$$\rho_{\min \text{ flexion}} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$$M_{cr} = 0.33 * b * h^2 * \sqrt{f_c} \text{ (Momento de Agrietamiento)}$$

$$1.2 * M_{cr} = 1.2 * 0.33 * 100 * 25^2 * \sqrt{280} = 414146.7 \text{ Kg * cm}$$

$$\rho_{cr} = 0.0035$$

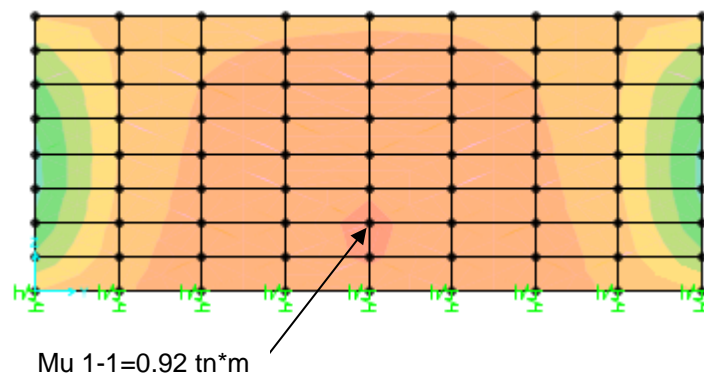


FIGURA 8. DIAGRAMA DE MOMENTO M1-1 (COMBO 3) MURO 1

$$M_{u1-1} \text{ Combo 3} = 0.92 \text{ tn}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{u1-1} * 1.8 = \mathbf{1.66 \text{ tn}\cdot\text{m/m}}$$

$$\rho_{\text{calculada}} = 0.0033$$

$$\rho \text{ retracción y fraguado} = 0.0030 \text{ para juntas con separación mayor de 6.0 m}$$

$$\rho_{\min \text{ flexion}} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$$M_{cr} = 0.33 * b * h^3 * \sqrt{f_c} \text{ (Momento de Agrietamiento)}$$

$$1.2 * M_{cr} = 1.2 * 0.33 * 100 * 25^3 * \sqrt{280} = 414147 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$\rho_{cr} = 0.0035$$

Revisión a Cortante

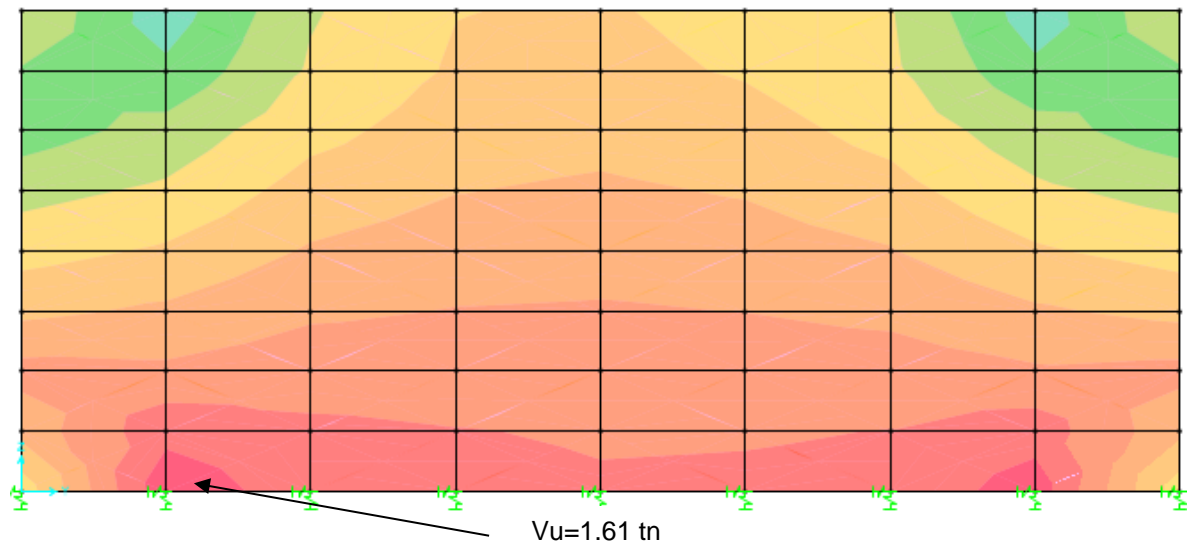


FIGURA 9. DIAGRAMA DE CORTANTE V23 – MURO 1

$$V_u = 1.61 \text{ Tn/m}$$

$$v_u = 1610 \text{ Kg}/(100\text{cm} \cdot 18\text{cm}) = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ vc} = 0.75 \cdot 0.53 \cdot (280)^{0.5} = 6.65 \text{ Kg/cm}^2 ; \text{ Luego } v_u < \phi \text{ vc}; \text{ o.k}$$

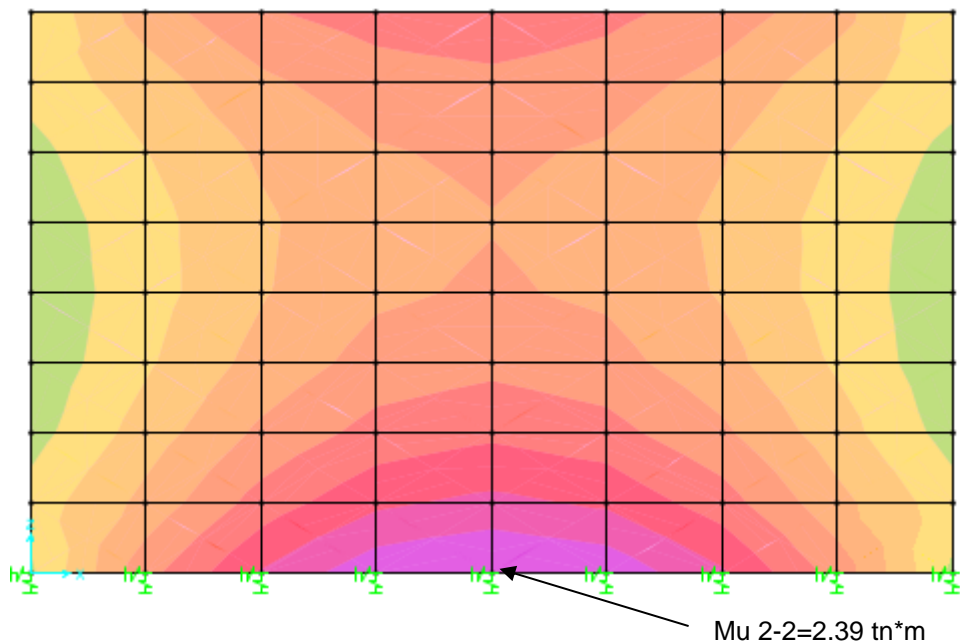


FIGURA 10. DIAGRAMA DE MOMENTO M2-2 (COMBO 3) MURO 2

$$M_{u \text{ 2-2}} \text{ Comb 3} = 2.39 \text{ tn} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{u2-2} * 1.8 = 4.30 \text{ tn} \cdot \text{m/m}$$

$$\rho_{calculada} = 0.0033$$

ρ retracción y fraguado = 0.0030 para juntas con separación mayor de 6.0 m

$$\rho_{\min \text{ flexion}} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$$M_{cr} = 0.33 * b * h^2 * \sqrt{f_c} \text{ (Momento de Agrietamiento)}$$

$$1.2 * M_{cr} = 1.2 * 0.33 * 100 * 25^2 * \sqrt{280} = 414147 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$\rho_{cr} = 0.0035$$

Revisión a Cortante

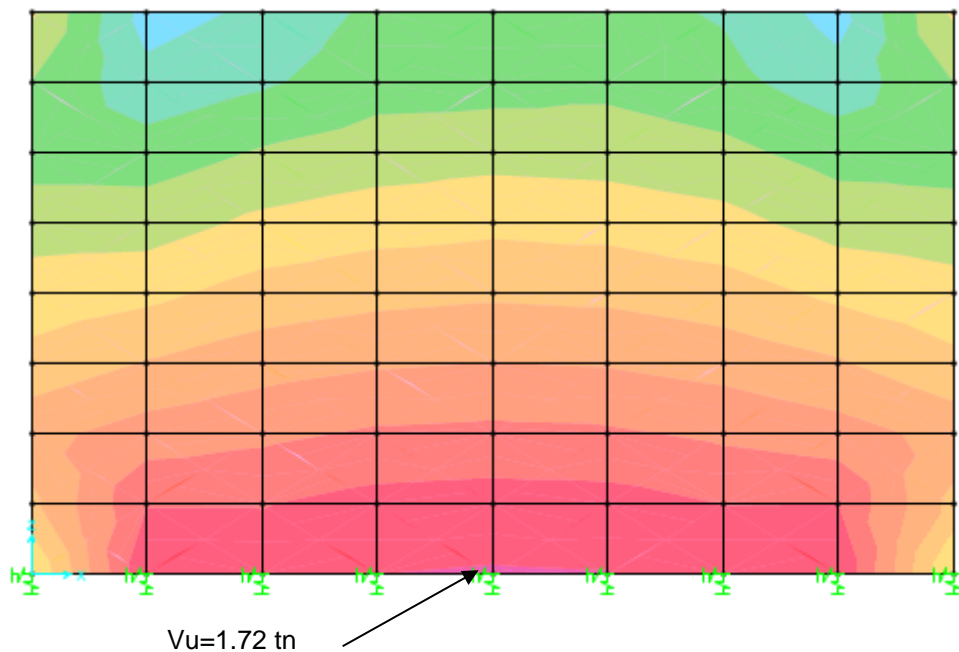


FIGURA 11. DIAGRAMA DE CORTANTE V23 (COMBO 3) MURO 2

$$V_u = 1.72 \text{ Tn/m}$$

$$v_u = 1720 \text{ Kg} / (100\text{cm} \cdot 18\text{cm}) = 0.95 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi v_c = 0.75 \cdot 0.53 \cdot (280)^{0.5} = 6.65 \text{ Kg/cm}^2 ; \text{ Luego } v_u < \phi v_c ; \text{ o.k}$$

1.7.3 Diseño de la losa de fondo

Diseño a Flexión

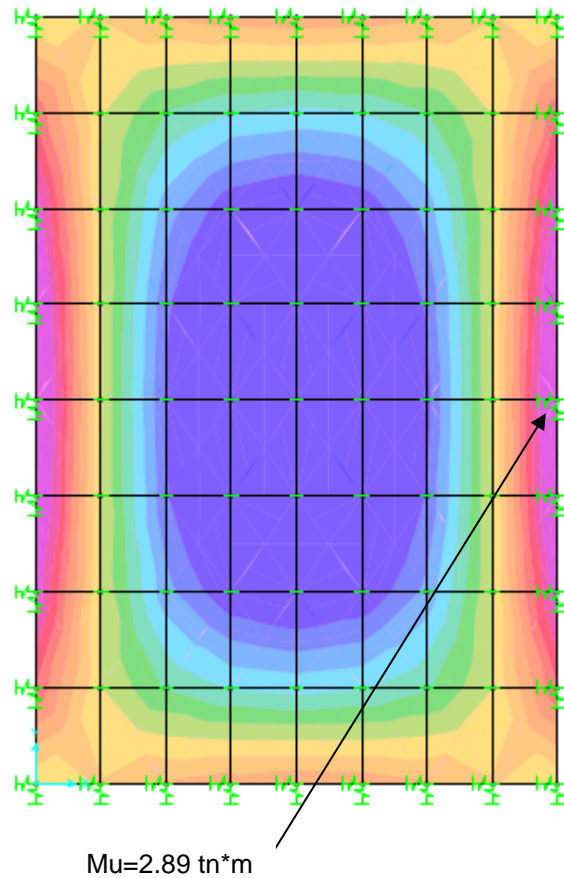


FIGURA 12. DIAGRAMA DE MOMENTO M1-1 – LOSA DE FONDO

Mu₁₋₁ máximo = 2.88 tn*m/m (COMBO 3)

Mu₁₋₁*1.8=5.18 tn*m/m

ρ_{calculada}=0.0018

ρ retracción y fraguado = 0.0030 para juntas con separación mayor de 6.0 m

$$\rho_{\min \text{ flexion}} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$M_{cr} = 0.33 * b * h^3 * \sqrt{f_c}$ (Momento de Agrietamiento)

$$1.2 * M_{cr} = 1.2 * 0.33 * 100 * 25^3 * \sqrt{280} = 414147 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$\rho_{cr} = 0.0035$$

Revisión a Cortante

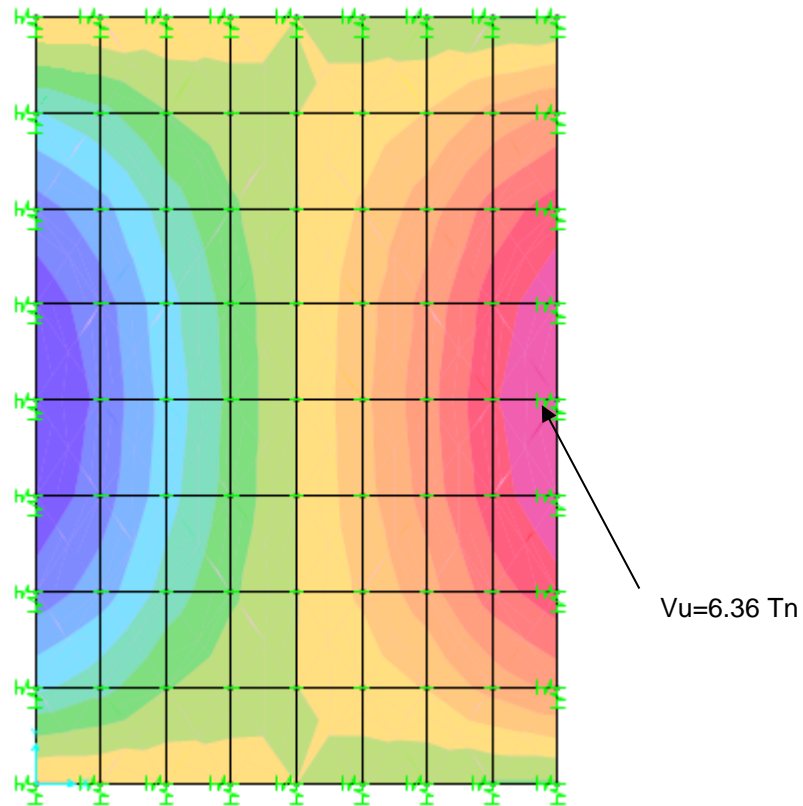


FIGURA 13. DIAGRAMA DE CORTANTE V1-3– LOSA DE FONDO

$$V_u = 6.36 \text{ Tn}$$

$$v_u = 6360 \text{ Kg}/(100\text{cm} \cdot 18\text{cm}) = \mathbf{3.53 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\phi v_c = 0.75 \cdot 0.53 \cdot (280)^{0.5} = 6.65 \text{ Kg/cm}^2 ; \text{ Luego } v_u < \phi v_c ; \text{ o.k}$$

1.7.4 Diseño de la losa Superior

Diseño a Flexión

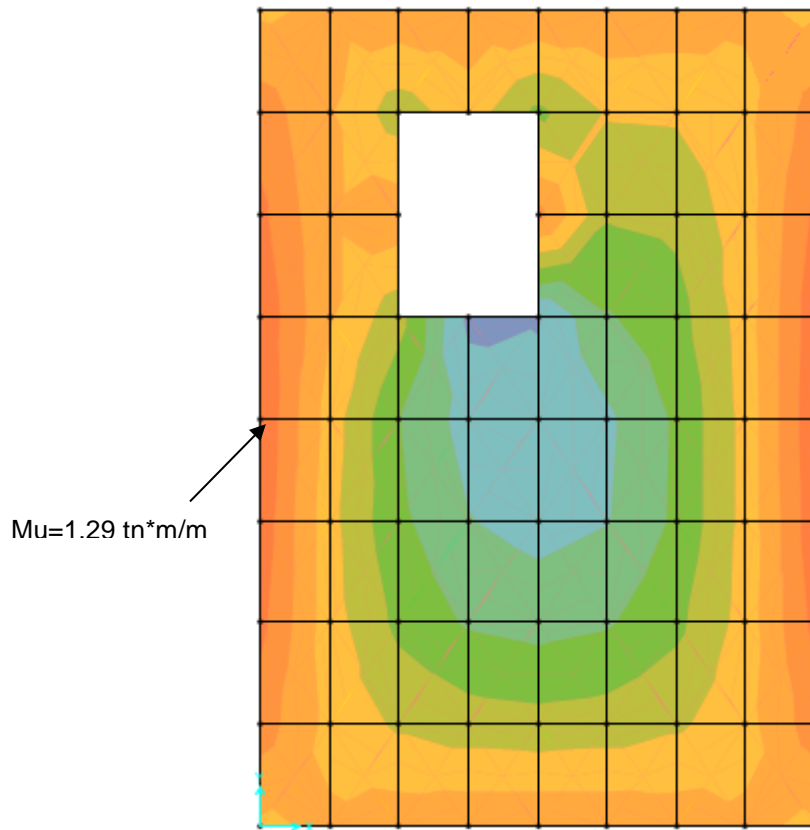


FIGURA 14. DIAGRAMA DE MOMENTO M1-1 – Losa Superior

$$Mu_{1-1} \text{ combo 3} = 1.29 \text{ tn*m/m}$$

$$Mu_{1-1} * 1.8 = \mathbf{2.32 \text{ tn*m/m}}$$

$$\rho_{\text{calculada}} = 0.0033$$

$$\rho_{\text{retracción y fraguado}} = 0.00180 \text{ para acero } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{min flexion}} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

Se usa cuantía mínima por flexión; luego $A_s = 0.0033 * 100 * 20 = 6.60 \text{ cm}^2$. Usar $\phi 1/2"$ cada 15 cm. Refuerzo para retracción y fraguado $A_s = 0.0018 * 100 * 20 = 4.5 \text{ cm}^2$. Es decir 2.25 cm^2 en cada cara, usar $\phi 1/2"$ cada 15 cm. o malla 8mm@15cm.

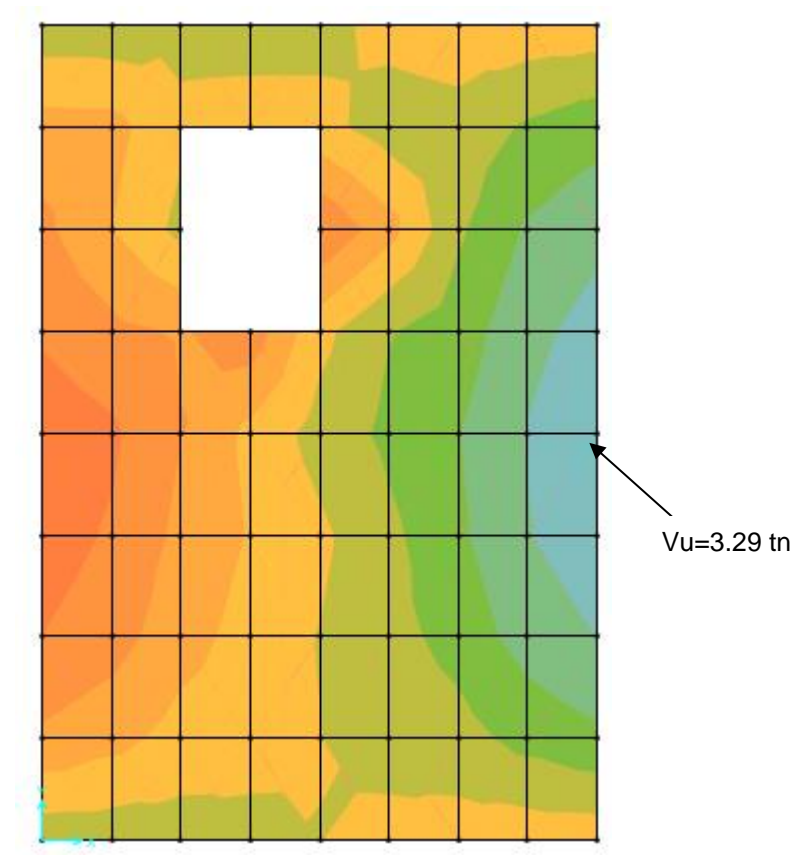


FIGURA 15. DIAGRAMA DE CORTANTE V13– Losa Superior

$$V_u = 3.29 \text{ Tn}$$

$$v_u = 3290 \text{ Kg} / (100\text{cm} \times 20\text{cm}) = 1.64 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi v_c = 0.75 \times 0.53 \times (280)^{0.5} = 6.65 \text{ Kg/cm}^2 ; \text{ Luego } v_u < \phi v_c ; \text{ o.k}$$

1.7.5 Diseño y verificación de fisuración.

A continuación se presenta el análisis por fisuración de los muros y placas del tanque que en este caso gobierna el diseño de estos.

DISEÑO REFUERZO TANQUE DE AGUA

*DISEÑO POR RESISTENCIA ULTIMA

BASE	b=	100 cm
	B1	0.85
CONCRETO	Fc	280 Kg/cm ²
ACERO	Fy	4200 Kg/cm ²
	m	17.65
Cuantia balanceada	pbal	0.0286
Cuantia minima	pmin	0.0016
Cuantia maxima	pmax	0.0214
Módulo de Rotura del Concreto	fr	33.13 Kg/cm ²

MOMENTOS ULTIMOS

	A	B	C	D	E
Mu (Ton-m)	1.30	2.39	0.99	2.16	3.49
Factor de Durabilidad Sd	1.48	1.36	1.11	1.37	1.30
Mu *Sd	1.92	3.25	1.10	2.96	4.52
Mn(Ton-m)	2.14	3.61	1.22	3.29	5.02
Mcr=(fr*I)/c	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
Espesor(H) (cm)	25	25	25	25	25
Inercia (cm ⁴)	130208	130208	130208	130208	130208
Eje Neutro (cm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Recubrimiento (d' cm)	7.0	7.0	7.0	5.0	7.0
d (cm)	18	18	18	20	18
Rn (Kg/cm ²)	6.59	11.14	3.76	8.23	15.50
Rn(max) (kg/cm ²)	72.97	72.97	72.97	72.97	72.97
Rn(max)<Rn	simple armd	simple armd	simple armd	simple armd	simple armd
Cuantía sección	0.001592	0.002718	0.000902	0.001996	0.003820
pmax>p>pmin	FALSO	CUMPLE	FALSO	CUMPLE	CUMPLE
Cuantía de diseño	0.00469	0.00469	0.00469	0.00422	0.00469
As requerido (cm ²)	2.87	4.89	1.62	3.99	6.88
Número de Varilla	4	4	4	4	4
Diámetro de varilla (cm)	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
As varilla (cm ²)	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
Cantidad	2.26	3.86	1.28	3.15	5.43
Separación calculada (cm)	44	26	78	32	18
Separación colocada (cm)	15	15	15	15	15
As suministrado (cm ²)	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
a (cm)	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
φMn (res) (Ton-m)	5.51	5.51	5.51	6.15	5.51
1.2*Mcr (Ton-m)	4.14	4.14	4.14	4.14	4.14
φMn (res) >= 1.2 Mcr	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Cortante (Ton)

$$V_c = 0.75 * 0.53 * \text{Raiz}(280) * b * d =$$

Vu =

A-B
11.97

2.55

CUMPLE

A-A
13.30

3.29

CUMPLE

B-B
11.97

6.36

CUMPLE

DISEÑO POR FISURACIÓN

$0.45 f_c$ (Kg/cm²)
 f_s de Diseño (kg/cm²)
 Cuantía suministrada
 $Módulo$ Elástico Concreto E_c (kg/cm²)
 $Módulo$ Elástico Acero E_s (kg/cm²)
 Relación Modular n
 k
 j
 Momento de servicio Res. (Ton-m)
 Momento de servicio Aplicado. (Ton-m)
 $M(Res) \geq M(Aplicado)$

A	B	C	D	E
126	126	126	126	126
2792.5	2792.5	2792.5	2792.5	2792.5
0.00469	0.00469	0.00469	0.00422	0.00469
206368.6	206368.6	206368.6	206368.6	206368.6
2040000	2040000	2040000	2040000	2040000
10	10	10	10	10
0.26	0.26	0.26	0.25	0.26
0.91	0.91	0.91	0.92	0.91
3.87	3.87	3.87	4.32	3.87
1.42	2.4	0.81	2.19	3.34
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

TIPO DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL

NORMAL

COEFICIENTE DE DURABILIDAD AMBIENTAL (CÓDIGO ACI 350-06)

$S_d = (\phi f_y) / \gamma \cdot f_s \geq 1.0$

γ =Carga Mayorada/Carga No Mayorada

$S_d =$

ϕ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
γ	0.92	1.00	1.22	0.99	1.04
S_d	1.48	1.36	1.11	1.37	1.30

DISEÑO POR FISURACIÓN (CÓDIGO ACI 350-06)

Factor de Amplificación
 β
 Diámetro de la varilla (cm)
 d_b
 Separación (cm)
 s
 f_s (max) kg/cm²=
 f_s (max) kg/cm² $\leq 0.60 f_y$
 f_s de Diseño
 f_s (kg/cm²)=

β	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
d_b	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
s	15	15	15	15	15
f_s (max) kg/cm ² =	2792.5	2792.5	2792.5	2792.5	2792.5
f_s (max) kg/cm ² $\leq 0.60 f_y$	2520	2520	2520	2520	2520
f_s de Diseño f_s (kg/cm ²)=	1023.4	1729.7	583.8	1414.6	2407.2
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE