



INGENIERIA, DIAGNOSTICO
REVISION ESTRUCTURAL

INFORME DE ESTUDIO SISMICO SEPULTURAS CEMENTERIO LA PAZ, TALCA

 INGENIERIA, DIAGNOSTICO REVISION ESTRUCTURAL		
EJECUTÓ	Felipe Muñoz	
REVISÓ	José Bellido	
APROBÓ	José Bellido	28-08-2018

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	3
2.1	GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TIPO	3
3	CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	4
3.1	Cargas de Diseño	4
3.1.1	Cargas Muertas: D	4
3.1.2	Empujes de Suelos:.....	4
3.2	Detalle de Normativa Utilizada.....	4
4	MATERIALES UTILIZADOS.....	5
4.1	Hormigón	5
4.2	Aceros	5
4.3	Estados de carga	6
4.4	Análisis tramo cajón Luz 0,86 metros considerando sobrecarga.....	9
5	CONCLUSIONES.....	37

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la Memoria de Cálculo Sísmico de la Estructura de para sepultaciones que se realizarán en el cementerio La Paz, Comuna de Talca Región del Maule

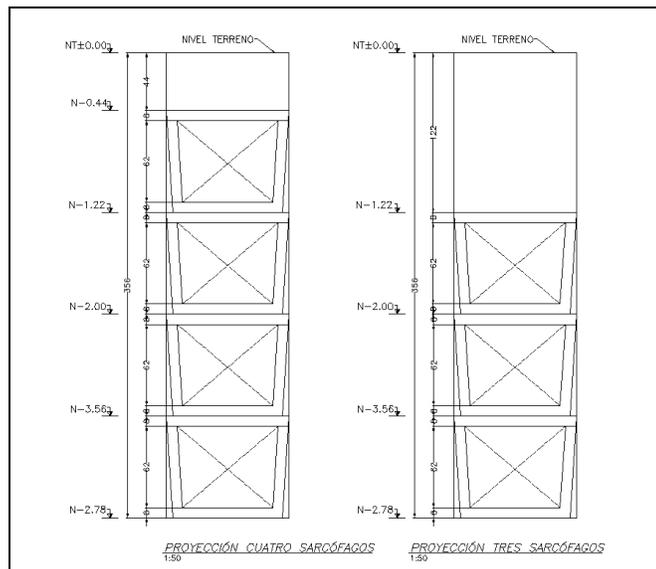
2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TIPO

Las obras civiles consideran la construcción del Cajón de H.A. de Sección en planta rectangular y en sección transversal cuyos planos se adjuntan.

Esta Memoria de Cálculo corresponde al diseño de las acciones sísmicas cuando la misma se encuentra enterrada.

Para el análisis se han contemplado los siguientes estados de carga.



- 1.- Un solo cajón enterrado a 3.56 m de profundidad con su tapa
- 2.- Un segundo cajón colocado encima de este con tapas
- 3.- Un cajón enterrado a 3.56 m de profundidad destapado (estado provisorio).
- 4.- Un cajón abajo y otro colocado encima, destapado.
- 5.- Tres cajones y uno destapado.

Estas estructuras están conformadas en hormigón armado de calidad H 40.

3 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Los criterios estructurales empleados para el diseño realizado corresponden a los señalados por la normativa vigente al respecto y fueron los siguientes:

3.1 Cargas de Diseño

3.1.1 Cargas Muertas: D

Corresponden a las cargas de peso propio de toda la estructura resistente, más la tierra ubicada encima de los cajones.

3.1.2 Empujes de Suelos:

Se consideraron todos los estados de empujes de suelos de acuerdo a la normativa vigente estos empujes se encuentran detallados en el punto 4.3.

3.2 Detalle de Normativa Utilizada

Para realizar el diseño, cálculo y dimensionamiento de todos los elementos estructurales involucrados en el proyecto, fueron tomadas en cuenta las siguientes normas NCh, y códigos oficiales:

- Ley y Ordenanza General de Construcciones y Urbanización. (Decreto 854 de 1949 y sus modificaciones posteriores).
- ACI318-08. Building Code Requirements for Structural Concrete.
- Norma NCh 433, of 96 MOD 2012 + decreto 61. Diseño sísmico de edificios.
- Norma NCh 1537. Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- Norma NCh 3171 of 08. Disposiciones generales y combinaciones de carga.

- Norma NCh 1928 of 93. Albañilería armada, requerimientos para el diseño y cálculo.
- Norma NCh 2123 of 97 mod 03. Albañilería confinada, requerimientos para el diseño y cálculo.
- NCh 430 Of.2008. Hormigón Armado. Requisitos de Diseño y Cálculo. + decreto 60.

La normativa utilizada referente a los materiales empleados en el diseño estructural fueron las siguientes:

- NCh 204, 211 y 434. Barras para Hormigón Armado.
- NCh 218, y 219. Mallas soldadas.
- NCh 148, 158, 160. Cemento.
- NCh 163. Agregados.
- NCh 170. Hormigón.

4 MATERIALES UTILIZADOS

El tipo y calidad de los materiales considerados en el cálculo estructural es el siguiente:

4.1 Hormigón

- Grado G40
- Resistencia característica cúbica $f'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia característica cilíndrica $f'c = 400 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad $E_c = 235000 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso específico 2.5 T/m^3

4.2 Aceros

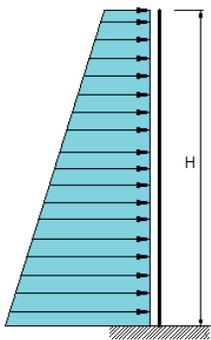
- Calidad A560 - 500
- Tensión de Fluencia 5000 Kg/cm^2
- Tensión de Rotura 5600 Kg/cm^2

4.3 Estados de carga

Los estados de carga considerados son:

- Pp: Peso propio de la estructura
- Sc: Empuje de suelo por sobrecarga lateral
- Eo: Empuje de suelo estático en reposo
- Ea: Empuje de suelo estático activo

- *Empuje de suelo estático Eo:*



El empuje se determina según la expresión:

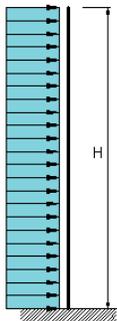
$$E_o = K_o \cdot \gamma_s \cdot H$$

$$K_o = 1 - \text{sen}(\phi) ;$$

ϕ : ángulo de fricción del suelo

γ_s : Peso específico del suelo

- *Empuje de suelo lateral debido a sobrecarga Sc:*

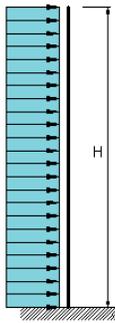


El empuje se determina según:

$$SC = K_o \cdot q$$

Donde q corresponde a la sobrecarga.

- *Empuje de suelo sísmico E_s :*



Se determina de acuerdo a la expresión:

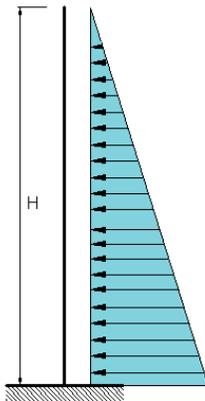
$$E_s = C_r \cdot \gamma_s \cdot H \cdot \frac{A_o}{g}$$

A_o : Aceleración efectiva máxima del suelo según NCh 433 evaluado de acuerdo con la zona sísmica donde se está realizando el estudio. De acuerdo a lo indicado en el Estudio de Mecánica de Suelos utilizado en la DIA corresponde a la Zona N° 2, entonces A_o tiene un valor de 0,3 g.

C_r : Coeficiente que depende del suelo (pág.43 NCh 433)

De acuerdo con lo indicado en el punto C.3 del Anexo C, C_r toma el valor de 0.45 para suelo duro, denso o compactado que se corresponde con lo indicado con el estrato E2. De acuerdo con el estudio de mecánica de suelos se encuentra una arena de consistencia “MUY FIRME”:

- *Empuje hidrostático E_h :*



Empuje determinado por el triángulo de presiones generado en las paredes verticales por efecto del agua. Aun cuando esta eventualidad debe ser descartada pero igualmente fue considerada.

$$E_h = \gamma_w \cdot H$$

γ_w : Peso específico del agua

- *Empuje Hidrostático Exterior:*

Se considera la presión que ejerce el agua sobre los muros de la estructura, en caso de que el ambiente se encuentre saturado.

Las combinaciones más desfavorables de las cargas para el diseño de estructuras de hormigón armado enterradas son:

Tabla N° 1

Combinaciones de carga para Hormigón Armado		
Comb1	= $1.4Pp + 1.7Rs + 1.7Ct + 0.45Eo$	50% CF=1
Comb2	= $0.75(1.4Pp + 1.7Rs + 1.7Eo + 1.87Es)$	
Comb3	= $0.75(1.4Pp + 1.7Rs + 1.7Eo + 1.7Sc)$	
Comb4	= $1.4Pp + 1.7Rs + 1.4Eh + 0.45Eo$	

Las combinaciones de carga para el control de la fisuración corresponden las mostradas en la tabla N°1, pero sin factores de mayoración.

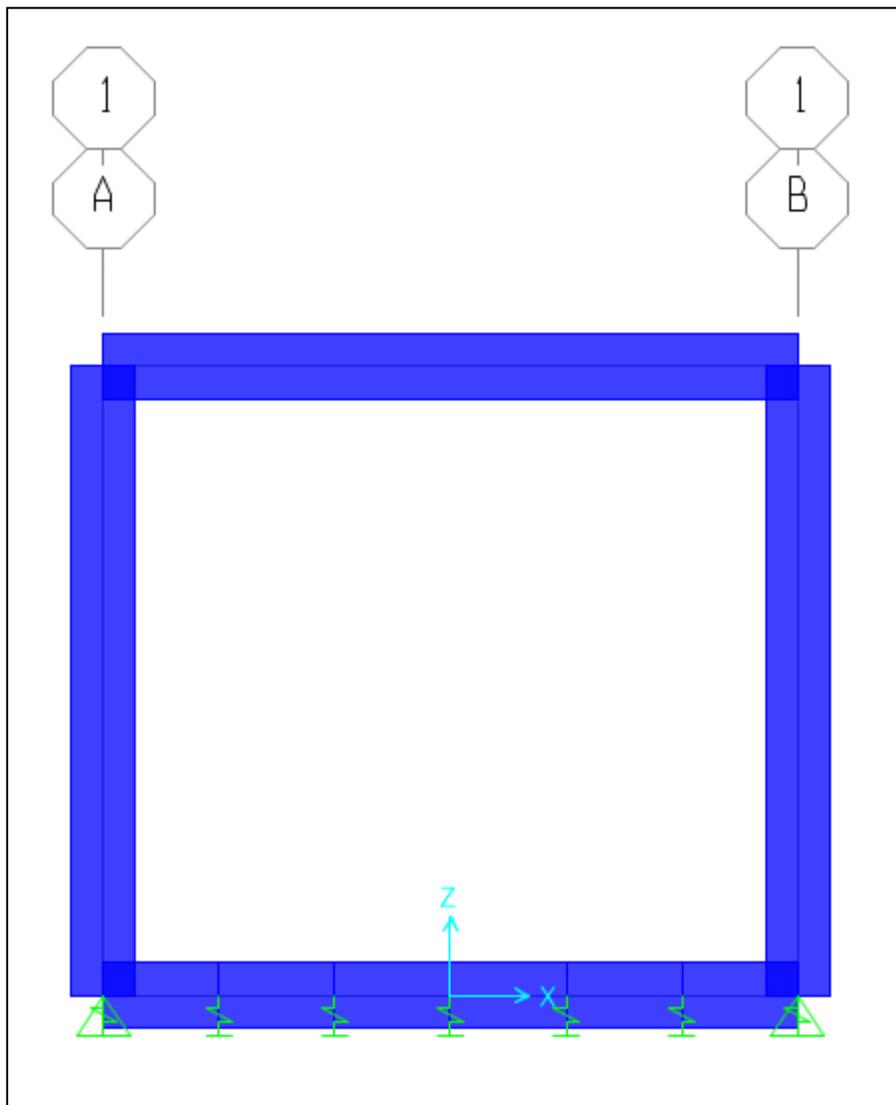
Tabla N° 2

Combinaciones de carga para Fisuración		
Fis1	= $Pp + Rs + Ct + 0.5Eo$	50% CF=1
Fis2	= $Pp + Rs + Eo + Es$	
Fis3	= $Pp + Rs + Eo + Sc$	
Fis4	= $Pp + Rs + Eh + 0.5Eo$	

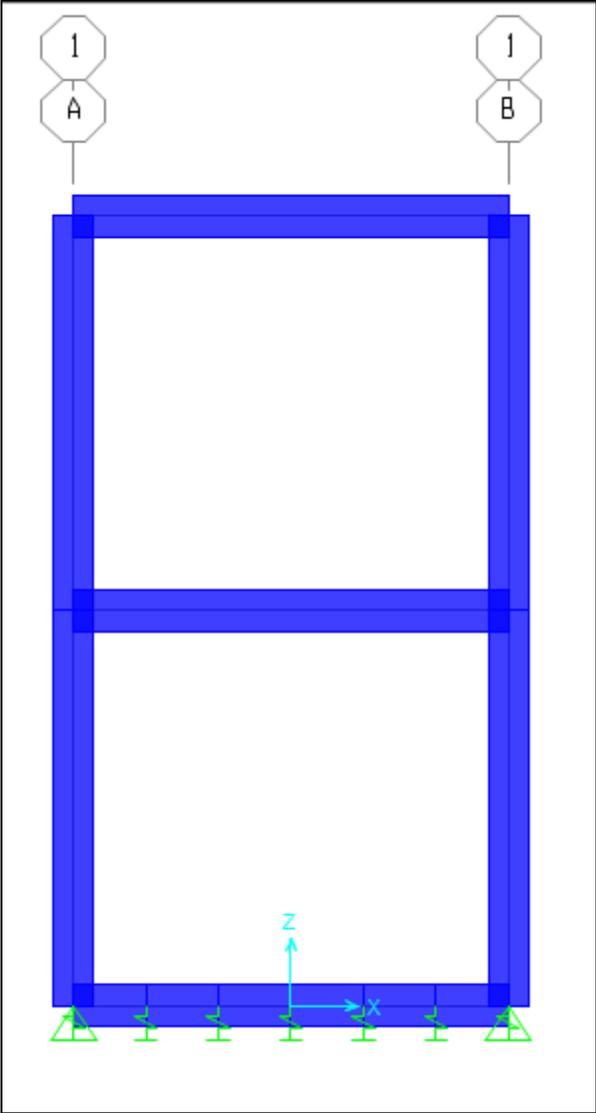
Dado que la inclinación de la pared del muro del cajón es de 4 cm, es decir el eje del centroide de la misma en la parte superior pasa por el borde en la parte inferior, a efecto del análisis estructural se puede considerar el muro como recto.

4.4 Análisis tramo cajón Luz 0,86 metros considerando sobrecarga.

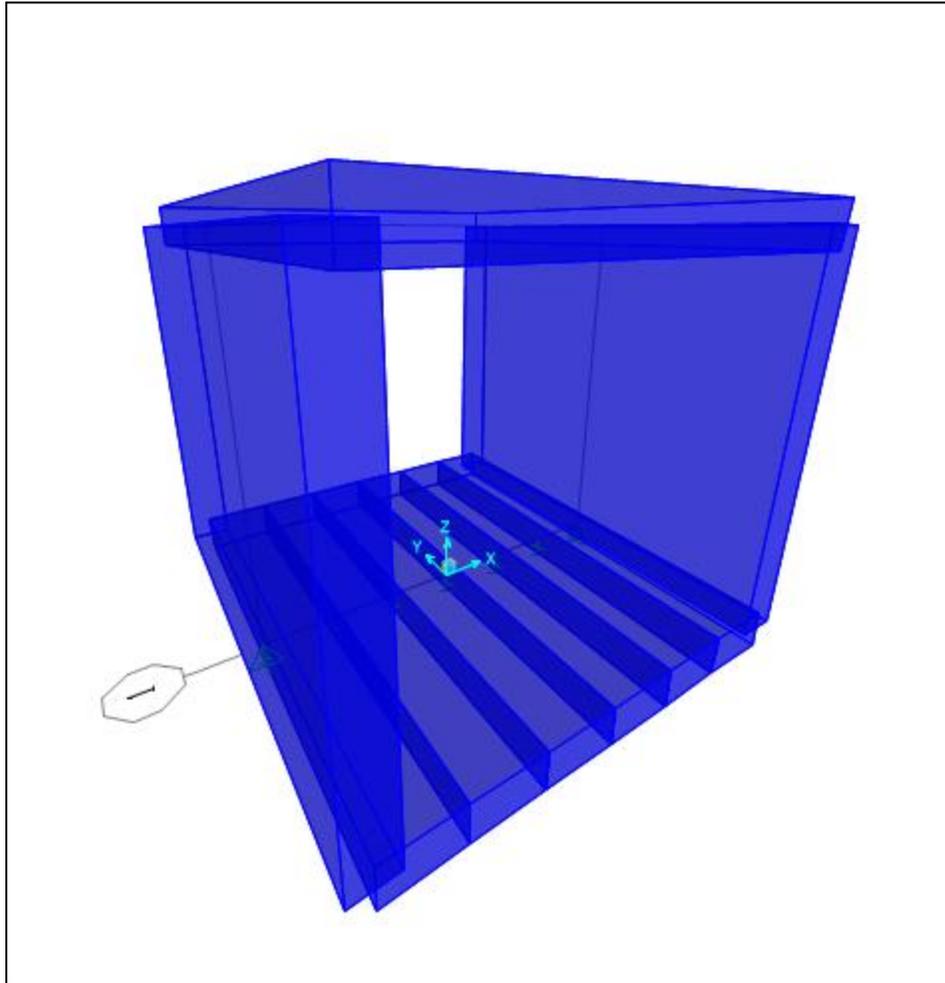
A continuación, se muestra el modelo Virtual del Cajón analizado, las barras en color azul indican el espesor de cajón en el lenguaje del programa de diseño considerado. Corte de la sección de un cajón analizada. UN solo cajo enterrado.



Corte de la sección de dos cajones enterrados, uno encima del otro.



Modelo cajón de 86cm de ancho, 78cm de alto y 8cm de espesor.



Al modelo se le asignaron las cargas correspondientes al peso propio del relleno superior, empuje estático, empuje sísmico, empuje hidrostático y sobrecarga.

DISEÑO DE LA SEPULTURA ABIERTA

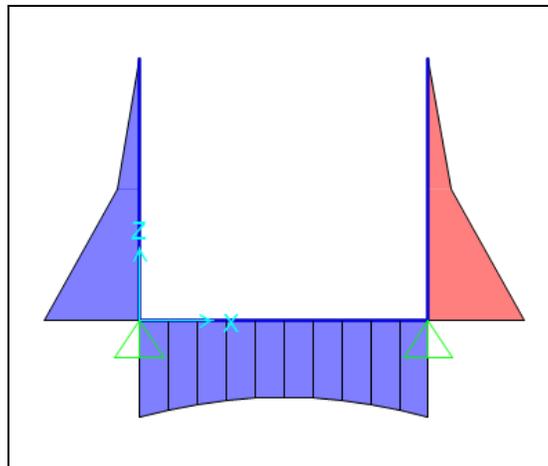
Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{\max.\text{post.}} = 0.42 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{\max.} = 0.46 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en losa superior es de 0,5 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

A partir de este diagrama las formas de las barras muestran los valores de las solicitaciones consideradas sobre la estructura, en este caso el valor mayor de solicitación ocurre en la base de la pared del cajón, mientras que en el fondo la solicitación es constante en todo su ancho.

Con los valores anteriores se realiza el diseño de la armadura del cajón, los términos de la tabla son los siguientes:

Base = 1. m ya que el diseño se realiza por metro lineal del cajón en la longitud más larga.

Espesor del Cajón = 0.08 m

Rec = Recubrimiento de las barras de refuerzo del cajón.

$f'c$ = Resistencia a compresión del hormigón que ha sido minorada de acuerdo con la norma.

f_y : Resistencia del acero de refuerzo que es de 50 Mpa porque es malla ACMA

f_i : Nivel de confianza del Hormigón se asume un 90 %.

U_c y μ , Son valores intermedios que calcula el programa.

ω : cuantía de acero que requiere la sección.

M_u : Momento máximo de diseño.

A_s : Area de acero que requiere la sección:

Al colocar malla ACMA C – 192, se está colocando un área de acero de 1,92 cm² que es mayor que la requerida.

Las definiciones anteriores son válidas para todas las tablas de calculo que se utilizan a partir de esta sección.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.46 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2}$$

$$\mu = 0.055$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\omega = 0.056$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 1.913 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 1.913 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA CERRADA

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solicitaciones Losa Superior

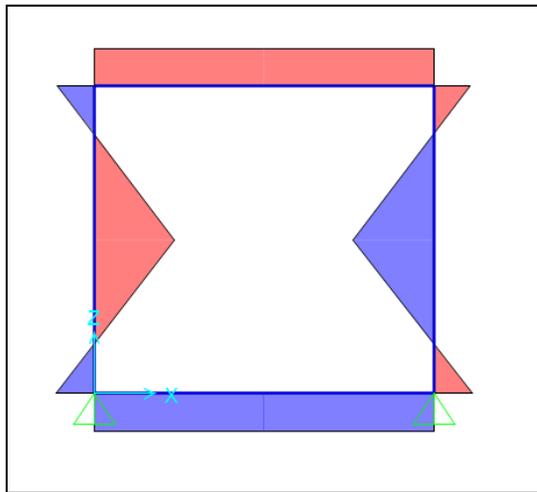
$M_{max.} = 0.07 \text{ ton-m}$

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{max.} = 0.06 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{max.} = 0.12 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en el encuentro de la losa superior con el muro de 0,12 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.12 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2}$$

$$\mu = 0.014$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\omega = 0.014$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 0.488 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 0.651 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA DOBLE ABIERTA

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

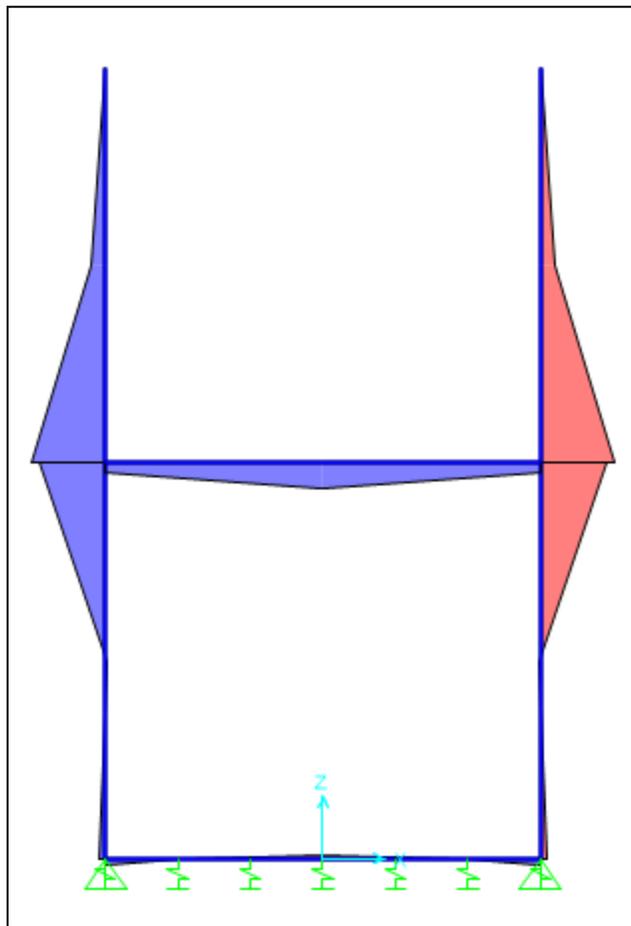
Solo se verifica la mayor sollicitación.

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{max.} = 0.08 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{max.} = 0.4 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en losa superior del cajón de abajo y de la losa inferior del cajón de arriba, es de 0,4 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.4 \text{ tonne}\cdot\text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \text{ cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \text{ cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \text{ cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \text{ mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$\phi_L := 0 \text{ mm}$$

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \text{ cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2}$$

$$\mu = 0.048$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\omega = 0.049$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 1.657 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 1.657 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA DOBLE CERRADA

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solo se verifica la mayor sollicitación.

Solicitaciones Losa Superior

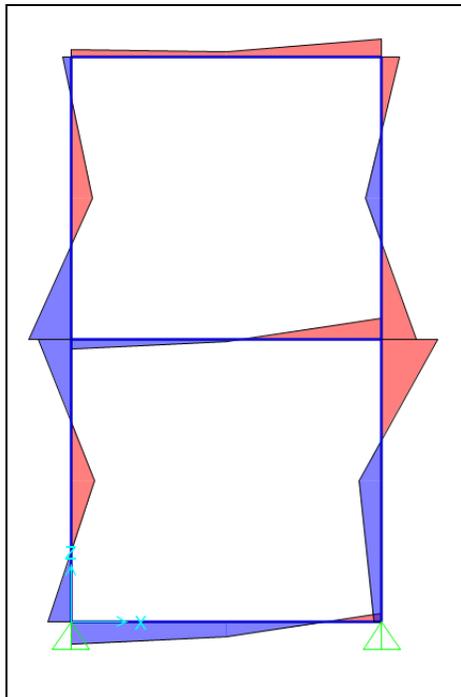
$M_{max.} = 0.062 \text{ ton-m}$

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{max.} = 0.07 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{max.} = 0.14 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en losa superior es de 0,14 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.14 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2} \quad \mu = 0.017$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad \omega = 0.017$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 0.57 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 0.761 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA TRIPLE ABIERTA

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solo se verifica la mayor sollicitación.

Solicitaciones Losa Superior

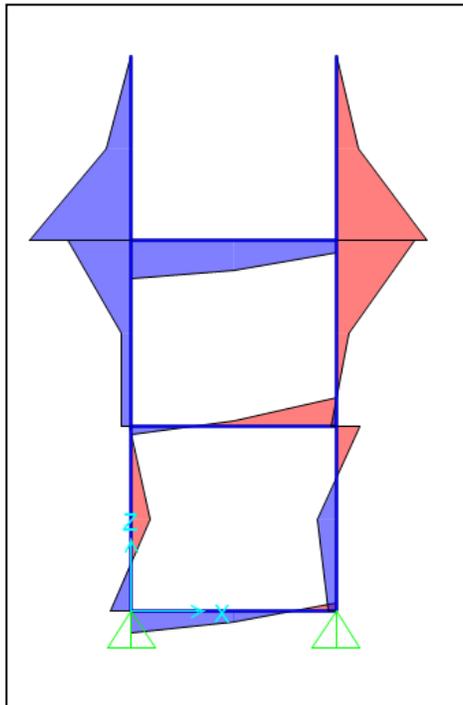
Mmax. = 0.22 ton-m

Solicitaciones Losa Inferior

Mmax. = 0.16 ton-m

Solicitaciones en Muros

Mmax. = 0.35 ton-m



El valor Máximo obtenido en él muro es de 0,35 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.35 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2} \quad \mu = 0.042$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad \omega = 0.043$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 1.445 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA TRIPLE CERRADA

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solo se verifica la mayor sollicitación.

Solicitaciones Losa Superior

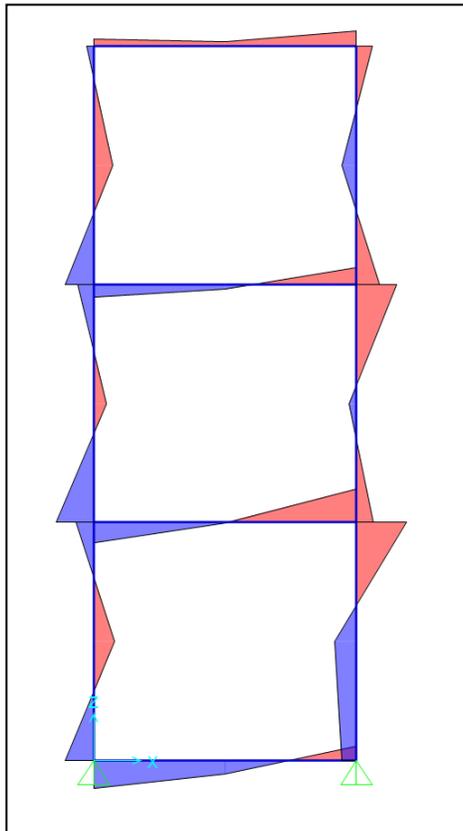
$M_{max.} = 0.06 \text{ ton-m}$

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{max.} = 0.12 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{max.} = 0.19 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en el muro es de 0,19 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.19 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2} \quad \mu = 0.023$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad \omega = 0.023$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 0.777 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 1.035 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA CUADRUPLE ABIERTA

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solo se verifica la mayor sollicitación.

Solicitaciones Losa Superior

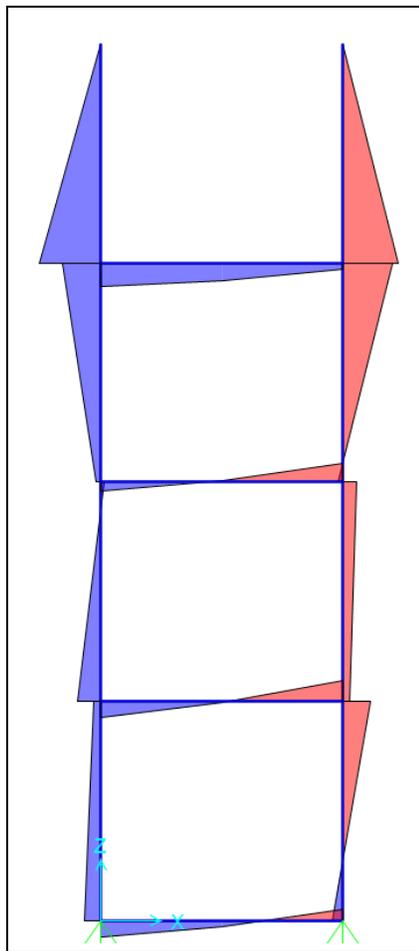
$M_{max.} = 0.25 \text{ ton-m}$

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{max.} = 0.10 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{max.} = 0.32 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en él muro es de 0,32 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.32 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coeficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2} \quad \mu = 0.038$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad \omega = 0.039$$

Armatura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armatura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 1.319 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

DISEÑO DE LA SEPULTURA CUADRUPLE CERRADO

Una vez que se incorporaron estas cargas se realizó el diseño ocupando la combinación más desfavorable.

Solo se verifica la mayor sollicitación.

Solicitaciones Losa Superior

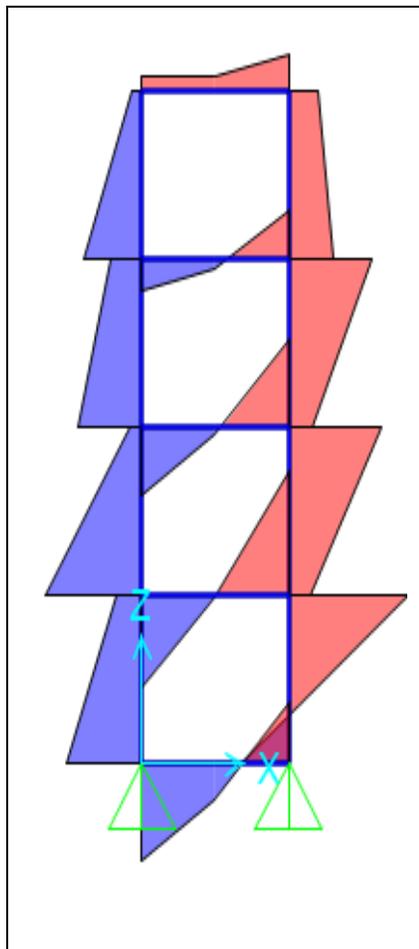
$M_{max.} = 0.08 \text{ ton-m}$

Solicitaciones Losa Inferior

$M_{max.} = 0.12 \text{ ton-m}$

Solicitaciones en Muros

$M_{max.} = 0.21 \text{ ton-m}$



El valor Máximo obtenido en el muro es de 0,21 Ton-m. Con este valor se realiza el cálculo de la armadura a flexión negativa.

Datos:

Momento último Mayorado

$$M_{ult} := 0.21 \cdot \text{tonne} \cdot \text{m}$$

Altura de la sección

$$h := 8 \cdot \text{cm}$$

Ancho de la sección

$$b_w := 100 \cdot \text{cm}$$

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de Fluencia de la Armadura de refuerzo

$$f_y := 5000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Coefficiente de flexión

$$\phi := 0.9$$

Recubrimiento (ACI)

$$d' := 2.5 \cdot \text{cm}$$

Diámetro Armadura Longitudinal

$$\phi_e := 0 \cdot \text{mm}$$

El Recubrimiento está dado por:

$$\phi_L := 0 \cdot \text{mm}$$

$$d := h - d' - \phi_e - \frac{\phi_L}{2}$$

$$d = 5.5 \cdot \text{cm}$$

El Factor de resistencia está dado por:

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_c \leq 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ 0.65 & \text{if } f_c \geq 550 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \\ \left[\left[0.85 - 0.0008 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \cdot \left(f_c - 300 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.77$$

$$\mu := \frac{M_{ult}}{\beta_1 \cdot \phi \cdot f_c \cdot b_w \cdot d^2}$$

$$\mu = 0.025$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\omega = 0.025$$

Armadura Mínima por Flexión

$$A_{\min} := \frac{14 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot d \cdot b_w}{f_y} \quad A_{\min} = 1.54 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Requerida

$$A_{\text{cal}} := \frac{\omega \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad A_{\text{cal}} = 0.859 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{req}} := \text{if} \left(A_{\text{cal}} > A_{\min}, A_{\text{cal}}, \text{if} \left(A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} > A_{\min}, A_{\min}, A_{\text{cal}} \cdot \frac{4}{3} \right) \right)$$

$$A_{\text{req}} = 1.146 \cdot \text{cm}^2$$

5 CONCLUSIONES

- Los cajones de hormigón utilizados para las sepulturas cumplen con todas las normativas vigentes de estructuras enterradas, para TODOS los casos posibles de acciones de cargas incluyen las correspondientes al sismo.
- Dado que la inclinación de la pared del muro del cajón es de 4 cm, es decir el eje del centroide de la misma en la parte superior pasa por el borde en la parte inferior, a efecto del análisis estructural se puede considerar el muro como recto.
- Lo anterior significa que, si se respetan las condiciones de colocación analizadas, así como los materiales que forman parte del mismo; es decir Hormigón G 40 y Malla ACMA C 192 tal como se demuestra en el contenido del documento se puede asegurar que, ante eventos sísmicos de la magnitud considerada en la normativa vigente, el mismo tendrá un comportamiento estructural adecuado.
- En los cálculos resumidos en las tablas puede observarse que la malla ACMA C-192 con un área de 1,92 cm²/ml en algunos casos es Superior al valor requerido. Sin embargo, dado que es el valor de diseño en otros, se coloca en TODO el Cajón.
- En este Documento han sido analizadas las combinaciones de carga más desfavorables que eventualmente podrían ocurrir no solo durante un evento sísmico, sino durante la manipulación y colocación de los mismos.
- Por todo lo anterior se CONCLUYE que la estructura de los cajones es capaz de soportar cualquier tipo de acción SISMICA y FUNCIONAL que sobre ellos actúe.
- La normativa vigente NCh 433, of 2012 considera un sismo de una magnitud de Mw: 8,8