

de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
División de Ciencias de la Ingeniería
Curso: Cimentaciones 1
Ing. César Grijalva

Proyecto Examen

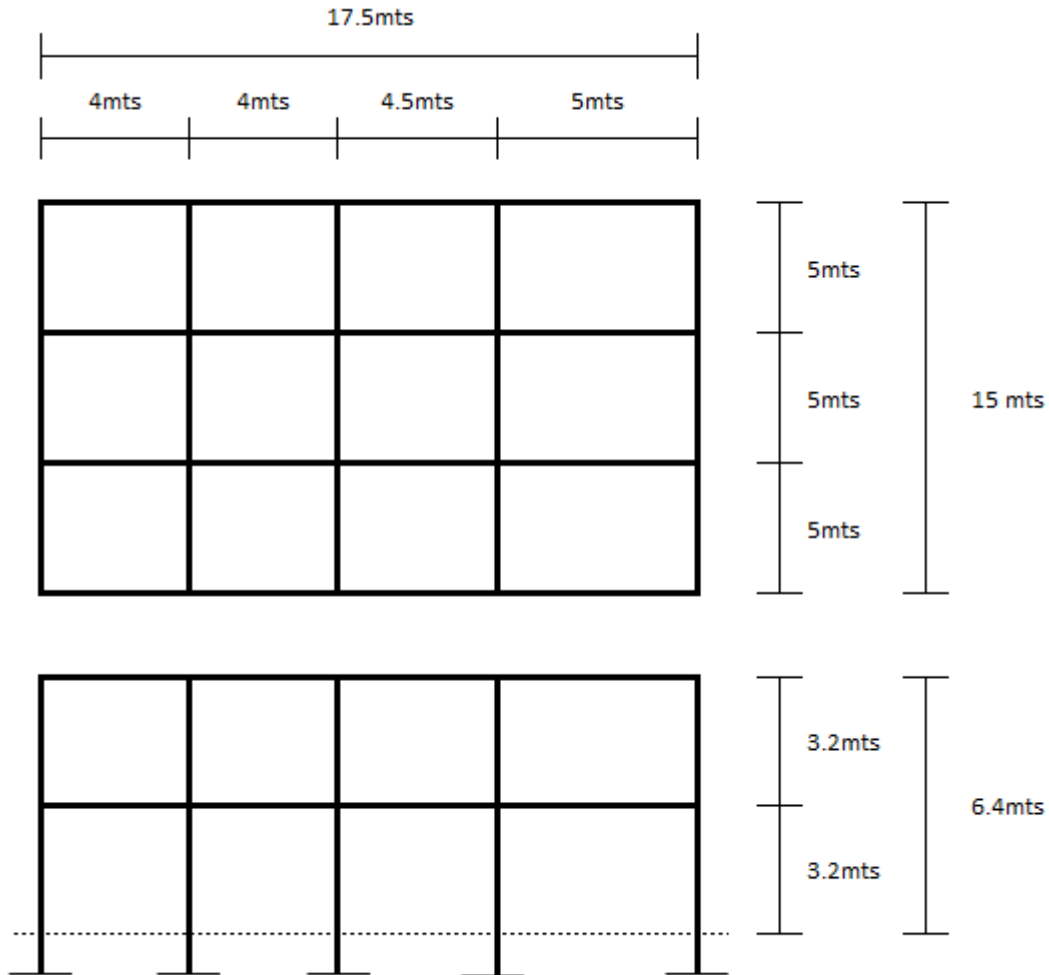
Marlon Ivan Carreto Rivera 201230088

Introducción

El presente documento aborda el análisis estructural de un edificio de dos niveles, destinado a ser utilizado como un centro educativo. Esta construcción tiene un enfoque integral que considera no solo la seguridad estructural, sino también el cumplimiento de las normativas ACI 318-19 específicamente para edificaciones educativas, las cuales están sujetas a requisitos de resistencia y funcionalidad que garantizan la seguridad de los usuarios, en este caso, estudiantes y personal docente.

Esta edificación para uso escolar implica la evaluación de varios factores críticos, tales como la distribución de cargas gravitacionales y sísmicas, el diseño y dimensionamiento adecuado de los elementos estructurales (como vigas, columnas, losas, y cimentaciones), así como el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas vivas y muertas. Además, se deben tomar en cuenta las condiciones del terreno y las características sísmicas de la región, considerando que, en muchas zonas, las edificaciones educativas deben cumplir con criterios más estrictos de seguridad para proteger a sus ocupantes.

Predimensionamiento de Elementos Estructurales



Datos generales de la estructura:

Ubicación San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango
Uso Centro Educativo
Altura Típica 6.4 metros

Características de los materiales

Peso Unitario del concreto Armado : Yca 2400 kg/m³
Resistencia a compresión : f'c 280 kg/cm²
Fluencia del acero : fy 4200 kg/cm²

Predimensionamiento de Viga

Según la recomendación del ACI 318-19, sobre el tamaño del peralte y base, se deben de satisfacer las siguientes condiciones:

Peralte

9.3 — Límites de diseño

9.3.1 Altura mínima de la viga

9.3.1.1 Para las vigas no preesforzadas que no soporten ni estén ligadas a particiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes, la altura total de la viga, h , no debe ser menor que los límites dados en la Tabla 9.3.1.1, a menos que se cumplan los límites de las deflexiones calculadas de 9.3.2.

Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas

Condición de apoyo	Altura mínima, h ^[1]
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

^[1] Los valores son aplicables al concreto de peso normal y $f_y = 420$ MPa.

Base

18.6.2.1 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

- (a) La luz libre ℓ_n no debe ser menor que $4d$.
- (b) El ancho b_w debe ser al menos igual al menor de $0.3h$ y 250 mm.
- (c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna soportante a cada lado no debe exceder el menor de c_2 y $0.75c_1$.

Otro criterio:

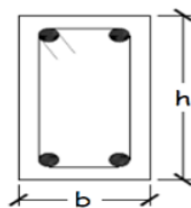
Peralte

$$\frac{l}{14} \leq h \leq \frac{l}{10}$$

Base

$$\frac{h}{2} \leq b \leq \frac{2}{3}h$$

Predimensionamiento de viga X-X:



L: Luz libre

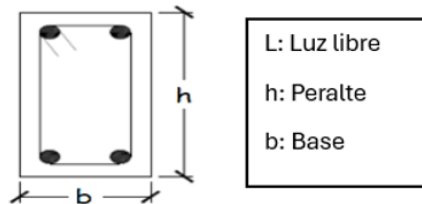
h: Peralte

b: Base

$$\begin{aligned} L &= 5\text{mts} \\ h(\text{propuesto}) &= 0.5\text{mts} \end{aligned}$$

Peralte	Base
$\frac{L}{14} \leq h \leq \frac{L}{10}$	$\frac{h}{2} \leq b \leq \frac{2h}{3}$
$\frac{5.00 \text{ m}}{14} \leq h \leq \frac{5.00 \text{ m}}{10}$	$\frac{0.50 \text{ m}}{2} \leq b \leq \frac{1.00 \text{ m}}{3}$
$0.36 \leq h \leq 0.5$	$0.25 \leq b \leq 0.33$
0.50 m	0.30 m
PROPONIENDO UNA ALTURA DE:	PROPONIENDO UNA BASE DE:
h= 50.00 cm	b= 30.00 cm

Predimensionamiento de viga Y-Y:



L= 5mts
 h(propuesto)= 0.5mts

Peralte	Base
$\frac{L}{14} \leq h \leq \frac{L}{10}$	$\frac{h}{2} \leq b \leq \frac{2h}{3}$
$\frac{5.00 \text{ m}}{14} \leq h \leq \frac{5.00 \text{ m}}{10}$	$\frac{0.50 \text{ m}}{2} \leq b \leq \frac{1.00 \text{ m}}{3}$
$0.36 \leq h \leq 0.5$	$0.25 \leq b \leq 0.33$
0.50 m	0.30 m
PROPONIENDO UNA ALTURA DE:	PROPONIENDO UNA BASE DE:
h= 50.00 cm	b= 30.00 cm

Predimensionamiento de Losas:

Según la recomendación del ACI 318-19, sobre el espesor de losa, se deben de satisfacer las siguientes condiciones:

8.3.1.1 Para las losas no preesforzadas sin vigas interiores que se extiendan entre los apoyos en todos los lados y que tengan una relación entre los lados no mayor de 2, el espesor total de la losa h no debe ser menor que los valores dados en la Tabla 8.3.1.1 y no debe ser menor al valor dado en (a) o (b), a menos que se cumplan los límites de deflexiones calculadas según 8.3.2.

Tabla 8.3.1.1 — Espesor mínimo de losas no preesforzadas en dos direcciones sin vigas interiores (mm) ^[1]

f_y MPa ^[2]	Sin ábacos ^[3]		Con ábacos ^[3]	
	Paneles exteriores		Paneles interiores	
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde ^[4]	Sin vigas de borde	Con vigas de borde ^[4]
280	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{40}$
420	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$
550	$\frac{\ell_n}{27}$	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$

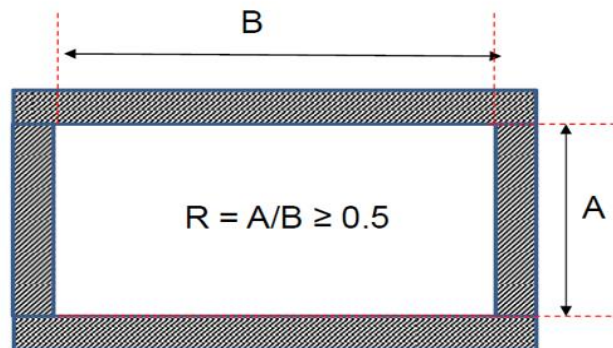
8.3.1.2 Para losas no preesforzadas con vigas entre apoyos en todos los lados, el espesor total de la losa h debe cumplir con los límites dados en la Tabla 8.3.1.2 a menos que la deflexión calculada cumpla con los límites dados en 8.3.2.

Tabla 8.3.1.2 — Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados

α_{fm} ^[1]	Espesor mínimo, h , mm	
$\alpha_{fm} \leq 0.2$	Se aplica 8.3.1.1	
$0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)}$
		125
$\alpha_{fm} > 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$
		90

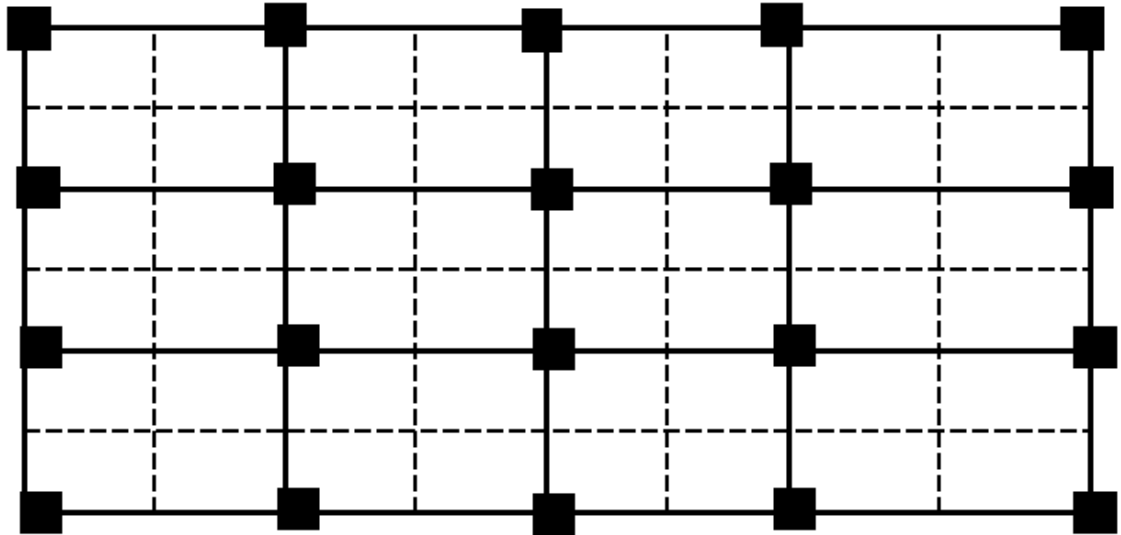
$$t = \frac{\text{perimetro}}{180}$$

$$t = \frac{A+A+B+B}{180} =$$



Predimensionamiento de Columnas

Áreas tributarias:



P: Peso estimado dependiendo del uso

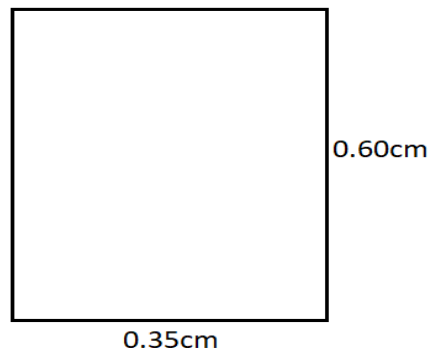
Edificaciones esenciales: 1500 kgf/m²

Edificaciones importantes: 1250kgf/m²

Edificaciones comunes: 1000 kfg/m²

$$\text{Área de columnas} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35f'_c}$$

$$\text{Área de columnas} = \frac{1500(8)}{0.35(280)} = 15.30\text{cm}^2$$



Diseño de Mezcla

Módulo de finura: 2.8

h: 0.1.0

Recubrimiento: 2.5

d: 7.5

- $1/3$ ---- 0.10 = 0.033 ----- 33mm ----- Ø Piedrín.
- $3/4$ ---- 0.075 = 0.05 ----- 50mm

155kg/m³

0.155m³

Resistencia a la compresión

Concreto con aire diluido

F'c= 280 kg/cm²

0.57

$$\frac{W}{C} = \text{Relación agua/cemento deseada por peso.}$$

-
- Relación agua cemento : $\frac{155 \text{ kg/m}^3}{0.57} = 271.94 \text{ kg}$
- Factor de conversión: 1 saco = 42.5 kg
- $271.94 \times \frac{1 \text{ Saco}}{42 \text{ kg}} = 5.40 \text{ sacos}$
- $5.40 \text{ sacos} \text{-----} 5.01 \text{ pie}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{33.287} = 0.1505 \text{ metros cúbicos de cemento}$

Modulo de finura 2.8:

- Ø 50mm $0.74 \text{ m}^3 \times \frac{1700 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 12.59 \text{ kg}$

Aire	0	0.055
Agua	155	0.15
Cemento	227.94	0.1518
Arena	804.06	-0.0468
Piedrín	1258	0.74
	<hr/>	
	2445	

•

1 Cemento	3.52	Arena	5.54
1	4	6	

•

Proposición de carga de carga viva

Según AGIES:

Tabla 3.7.1-1 (continuación)

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Hoteles, carga de escaleras y de elevadores		
Habitaciones	200 [R]	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200 [R]	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de lectura de biblioteca	200 [R]	400
• Área de estanterías de biblioteca	700	800

Centros Educativos:

- Debido a que la edificación será como uso para un centro educativo, por lo tanto, la norma indica que los siguientes elementos son los que se agregan:

Área del edificio	Carga Viva (L) recomendada
Aulas	2.5 kN/m ² (250 kg/m ²)
Pasillos y corredores (con acceso a múltiples aulas)	3.0 kN/m ² (300 kg/m ²)
Salones de usos múltiples	5.0 kN/m ² (500 kg/m ²)
Oficinas administrativas	2.5 kN/m ² (250 kg/m ²)
Escaleras	5.0 kN/m ² (500 kg/m ²)
Áreas deportivas cubiertas	4.0 kN/m ² (400 kg/m ²)
• Bibliotecas	4.8 kN/m ² (480 kg/m ²)

Discusión:

Es esencial seleccionar adecuadamente las cargas vivas que la estructura debe soportar. Según la teoría y la normativa la carga viva es una carga temporal que puede variar en magnitud y ubicación con el tiempo, y está relacionada con el uso que se le da al edificio. En este caso, el código AGIES (Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales) define las anteriores cargas establecidas.

Es importante agregar, la importancia de las cargas para un centro educativo debido a que deben estar bien distribuidas y definidas, para mayor seguridad de los ocupantes que en este caso serán estudiantes.

Estimación de promedio aritmético y porcentaje de importancia-ponderación

Estimación de cargas y su ponderación:

La siguiente tabla considera las cargas vivas (L) previamente establecidas para un centro educativo:

Area del Edificio	Carga Viva (L)	Carga Muerta (D)	Uso / Importancia relativa
Aulas	2.5 kN/m ²	3.5 kN/m ²	Importancia moderada
Pasillos y corredores	3.0 kN/m ²	4.0 kN/m ²	Alta ocupación
Salones de usos múltiples	5.0 kN/m ²	4.5 kN/m ²	Uso diverso y eventos
Oficinas administrativas	2.5 kN/m ²	3.0 kN/m ²	Uso limitado
Escaleras	5.0 kN/m ²	4.5 kN/m ²	Evacuaciones, tráfico alto
Áreas deportivas	4.0 kN/m ²	3.5 kN/m ²	Actividades deportivas

- **Promedio Aritmético de las Cargas Vivas y Muertas**

- Carga Viva promedio: $\frac{2.5+3.0+5.0+2.5+5.0+4.0}{6} = 3.67\text{Kn/m}^2$

- Carga Muerta promedio: $\frac{4.0+4.5+5.0+4.0+6.0+5.0}{6} = 4.75\text{kN/m}^2$

- **Ponderación de las cargas:**

- **Ponderación de las cargas vivas:**

- Ponderación $L = \frac{L_{prom}}{L_{prom} + D_{prom}} = \frac{3.67}{3.67 + 4.75} = 43.6\%$

- **Ponderación de las cargas muertas:**

$$\blacksquare \text{ Ponderación } L = \frac{D_{prom}}{D_{prom} + D_{prom}} = \frac{4.75}{3.67 + 4.75} = 56.6\%$$

Factor de Carga ultima:

Combinación	Fórmula	Multipliación	f _{cu} (kN/m ²)
1. Carga Muerta (D)	f _{cu} =1.4D f _{cu} =1.4D	1.4×3.83=5.361.4 \times 3.83 = 5.361.4×3.83=5.36	5.36
2. Carga Muerta y Viva (D + L)	f _{cu} =1.2D+1.6Lf _{cu} = 1.2D + 1.6Lf _{cu} =1.2D+1.6L	1.2×3.83+1.6×3.67=4.596+5.872=10.471.2 \times 3.83 + 1.6 \times 3.67 = 4.596 + 5.872 = 10.471.2×3.83+1.6×3.67=4.596+5.872=10.4 7	10.47
3. Carga de Viento (D + W + L)	f _{cu} =1.2D+1.6W+0.5Lf _{cu} = 1.2D + 1.6W + 0.5Lf _{cu} =1.2D+1.6W+0.5L	1.2×3.83+1.6×2.0+0.5×3.67=4.596+3.2+1.8 35=9.631.2 \times 3.83 + 1.6 \times 2.0 + 0.5 \times 3.67 = 4.596 + 3.2 + 1.835 = 9.631.2×3.83+1.6×2.0+0.5×3.67=4.596+3.2 +1.835=9.63	9.63
4. Carga Sísmica (D + E + L)	f _{cu} =1.2D+1.0E+0.5Lf _{cu} = 1.2D + 1.0E + 0.5Lf _{cu} =1.2D+1.0E+0.5L	1.2×3.83+1.0×3.0+0.5×3.67=4.596+3.0+1.8 35=9.431.2 \times 3.83 + 1.0 \times 3.0 + 0.5 \times 3.67 = 4.596 + 3.0 + 1.835 = 9.431.2×3.83+1.0×3.0+0.5×3.67=4.596+3.0 +1.835=9.43	9.43
5. Emergencia (D + W + E)	f _{cu} =0.9D+1.0W+1.0Ef _{cu} = 0.9D + 1.0W + 1.0Ef _{cu} =0.9D+1.0W+1.0E	0.9×3.83+1.0×2.0+1.0×3.0=3.447+2.0+3.0= 8.450.9 \times 3.83 + 1.0 \times 2.0 + 1.0 \times 3.0 = 3.447 + 2.0 + 3.0 = 8.450.9×3.83+1.0×2.0+1.0×3.0=3.447+2.0+ 3.0=8.45	8.45

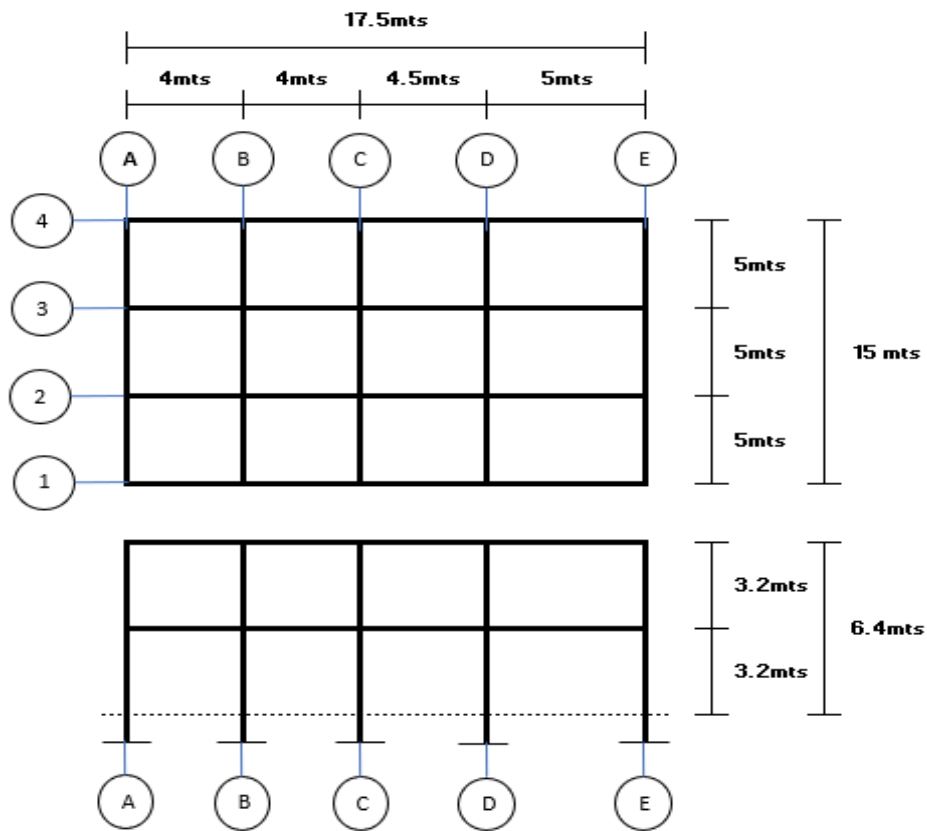
El factor de carga última (fcu) estimado es de 10.47 kN/m².

Discusión:

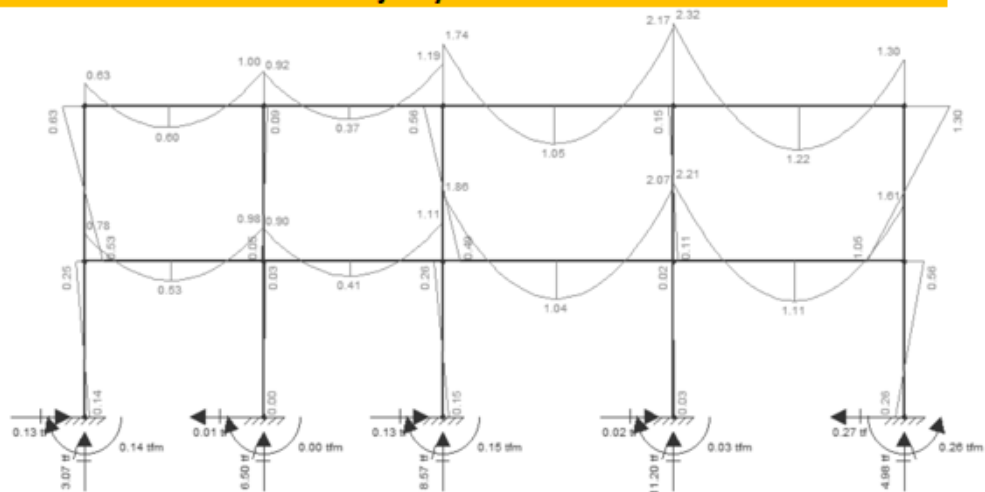
Los datos obtenidos para los diferentes factores de carga última (fcu) permiten analizar el comportamiento estructural de la edificación en diversas situaciones de carga, tomando como referencia las normativas ACI 318-19 y AGIES. Cada combinación de cargas tiene como objetivo asegurar que la estructura sea capaz de soportar tanto las condiciones normales de uso como aquellas en situaciones extremas, como viento, sismos o emergencias.

La combinación estándar (2) de carga muerta y viva con un fcu de 10.47 kN/m² es la opción más segura y adecuada. Esta combinación asegura que la estructura resista tanto el peso propio como la ocupación diaria sin problemas, además de ofrecer un margen de seguridad frente a condiciones habituales de uso.

Análisis Estructural



Eje 1 y 4

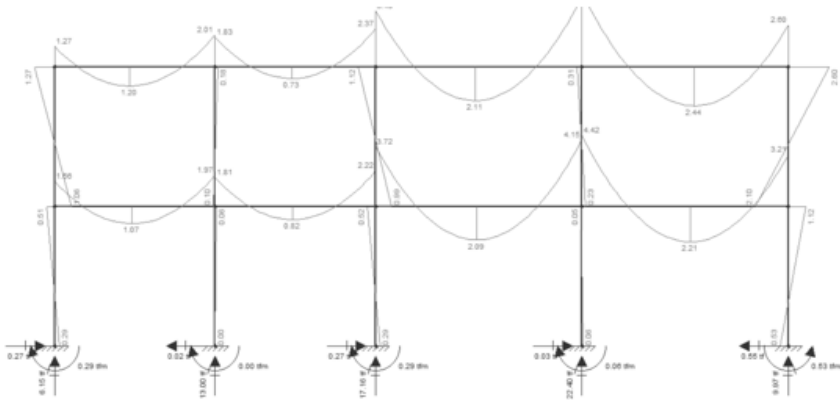


Calculo de cargas distribuidas

Eje 1 y 4

miembro	AB	BC	CD	DE
Area	2.25	2.25	3.0625	3.0625
Longitud	4	4	4.5	5
Carga Dis	594.34425	594.34425	719.0831667	647.17485
carga dist T/m	0.59434425	0.59434425	0.719083167	0.64717485

Eje 2 y 3

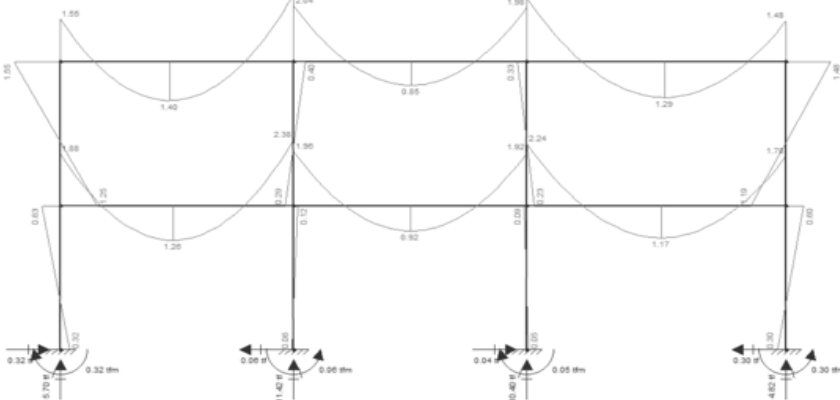


Calculo de cargas distribuidas

Eje 2 y 3

miembro	AB	BC	CD	DE
Area	4.5	4.5	6.125	6.125
Longitud	4	4	4.5	5
Carga Dis	1188.6885	1188.6885	1438.166333	1294.3497
carga dist T/m	1.1886885	1.1886885	1.438166333	1.2943497

Eje A

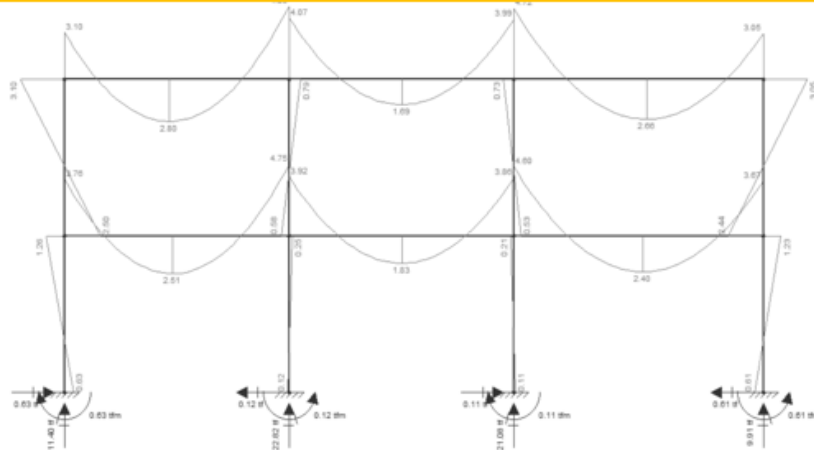


Calculo de cargas distribuidas

Eje A

miembro	1a2	2a3	3a4
Area	5.6875	4.8125	4.8125
Longitud	4.5	4.5	4.5
Carga Dis	1335.440167	1129.987833	1129.987833
carga dist T/m	1.335440167	1.129987833	1.129987833

Eje B

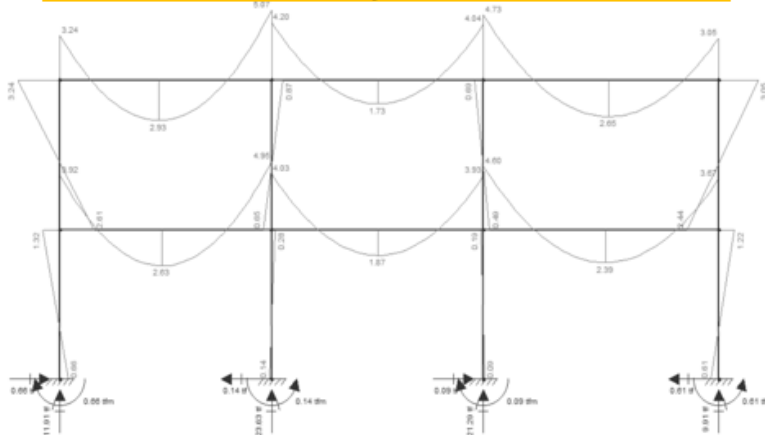


Calculo de cargas distribuidas

Eje B

miembro	1a2	2a3	3a4
Area	11.375	9.625	9.625
Longitud	3.5	3	3
Carga Dis	3433.989	3389.9635	3389.9635
carga dist T/m	3.433989	3.3899635	3.3899635

Eje C

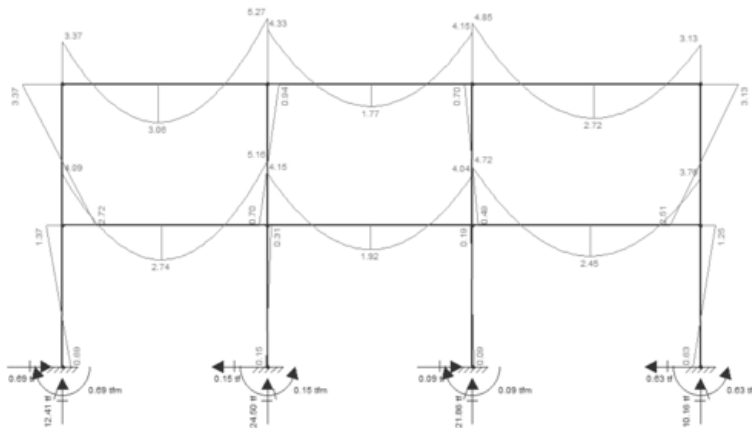


Calculo de cargas distribuidas

Eje C

miembro	1a2	2a3	3a4
Area	11.875	9.875	9.875
Longitud	4.5	4.5	5
Carga Dis	2788.281667	2318.676333	2086.8087
carga dist T/m	2.788281667	2.318676333	2.0868087

Eje D



Calculo de cargas distribuidas

Eje D

miembro	1a2	2a3	3a4
Area	12.375	10.125	10.125
Longitud	4.5	4.5	5
Carga Dis	2905.683	2377.377	2139.6393
carga dist T/m	2.905683	2.377377	2.1396393

Calculo de cargas distribuidas

Eje E

miembro	1a2	2a3	3a4
Area	6.1875	5.0625	5.0625
Longitud	4.5	4.5	5
Carga Dis	1452.8415	1188.6885	1069.81965
carga dist T/m	1.4528415	1.1886885	1.06981965

Ejes longitudinales

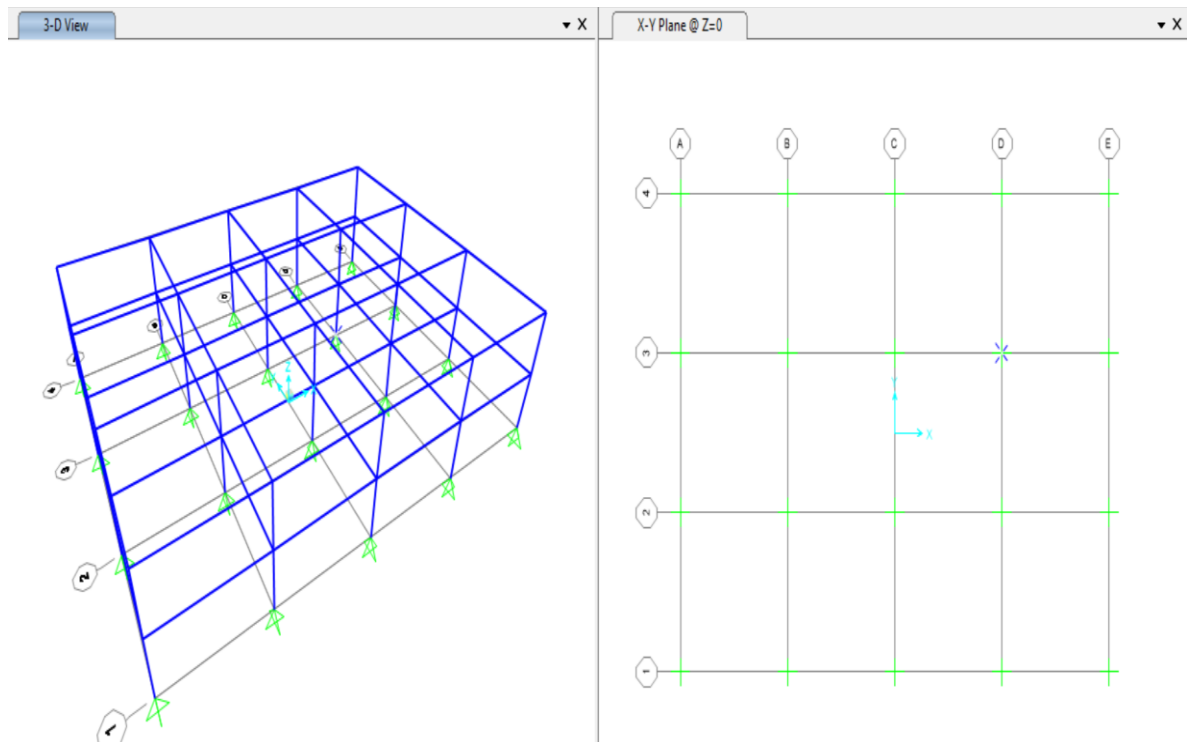
Y	A	B	X C	D	E
P1		3.07	6.5	8.57	11.2
My1		0.14	0	0.15	0.03
P2		6.15	13	17.16	22.4
My2		0.29	0	0.29	0.06
P3		6.15	13	17.16	22.4
My3		0.29	0	0.29	0.06
P4		3.07	6.5	8.57	11.2
My4		0.14	0	0.15	0.03

Ejes transversales

Y	1	2	3	4
PA	5.7	11.42	10.4	4.82
Mxa	0.32	0.06	0.05	0.3
PB	11.4	22.82	21.08	9.91
Mxb	0.63	0.12	0.11	0.61
PC	11.91	22.63	21.29	9.91
Mxc	0.66	0.14	0.09	0.61
PD	12.41	24.5	21.86	10.16
Mxd	0.69	0.15	0.09	0.63
PE	6.2	12.24	10.92	5.08
Mxe	0.34	0.08	0.05	0.31

Ejes transversales Ordenados

	A	B	C	D	E
1	5.7	11.4	11.91	12.41	6.2
	0.32	0.63	0.66	0.69	0.34
2	11.42	22.82	22.63	24.5	12.24
	0.06	0.12	0.14	0.15	0.08
3	10.4	21.08	21.29	21.86	10.92
	0.05	0.11	0.09	0.09	0.05
4	4.82	9.91	9.91	10.16	5.08
	0.3	0.61	0.61	0.63	0.31



Diseño de Zapatas

DATOS:

Pu	56.00 ton
Mxx	0.70 ton-m
Myy	0.80 ton-m
Vs	20.00 ton/m2
Ws	1.82 ton/m3
Df	2
altura, suelo	1.50 m
Fcu	1.4
espesor	0.50 m
recubrimiento	0.075 m
fy	2810

Elemento Ancho Alto

Columna	0.35	0.6
Zapata	1.50 m	1.5
Densidades	ton/m3	
Concreto	2.4	
Acero	4200 kg/cm2	

Area de la zapata:	2.8
Raiz:	1.67 m

Propuesta para los chequeos:	4.25
Peralte d:	0.425

Pesos

P. Zapata	2.7
P. Suelo	6.1425
Pu	56
Sumatoria	64.8425

Excentricidad

EX	0.0125 m
EY	0.0135714 m

Excentricidad maxima

E _{maxB}	0.25
E _{maxL}	0.25

Comprobar si cumple

ex,ey<E _{max}	<	Si cumple
ex,ey<E _{max}	0	0

Hallamos las cargas Maximas y minimas

					0 q _{max} <q _{and} misible
q _{Max}	28.818889	1.24444	1.35111111 =	31.4144444	SI CUMPLE q _{Min} >0
q _{Min}	28.818889	1.24444	1.35111111 =	26.2233333	

Presion de Diseño Ultimo

$$q_{du} = f_{cu} \cdot q_{max} = 44.048$$

Corte Simple

$$V_{actuante} = q_{du} \cdot L \cdot ((L - C)/2 - d) = 1.652991667$$

Corte Resistente

f_c	281
d	42.5
B	425
ϕ	0.75
constante	0.53

 $V_r > V_a$

SI CUMPLE

$$V_r = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot d \cdot B$$

$$V_r = 120356.113 \quad 120.356113$$

Corte a Punzonamiento

c:	60
d:	42.5
d/2	21.25

$$d(\text{perimetro}) = 2Bc + 2BLc + 4d = 410$$

$$V_a = q_{du} \cdot (B^2 - (C + D)(C - D))$$

$$V_a = 52.8681835$$

$$\beta_c = 1$$

$$v_1 = 696649.501$$

$$v_1/1000 = 696.649501$$

$$V_1 = \phi \cdot (2 + 4/\beta_c) \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot d \cdot B$$

as	40
b3	410

$$v_2 = 124069.653$$

$$v_2/1000 = 124.069653 \text{ Se pasa a Ton}$$

$$V_2 = \phi \cdot 0.27 \cdot ((a_s/410) + 2) \cdot \sqrt{f_c} \cdot d \cdot B$$

-
-

v3:	219072.17	$V3 = \phi * \sqrt{f_c} * d * B$
v3/1000	219.07217	Se pasa a Ton

Refuerzo por Flexion

as min	21.93060498 cm ²
Momento	4.4630775

Formula cuadrática	Flexion ϕ	0.9
a	46447647.06	
b	42.5	
c	13934719.75	

$$x = \frac{-42.5 \pm \sqrt{42.5^2 - 4 * 46447647 * 94218572}}{2 * 46447647}$$

-

x1	17.26 cm ²	$\phi = 3/4"$	2.77 cm ²
x2	4.54 j cm ²		

6.7 Se redondea a 7

cantidad= 11.5 12

ARMADO $\phi = 3/4"$ @ 12 cm en ambos sentidos

-

Conclusión

En conclusión, el análisis estructural del edificio de dos niveles para uso educativo presentado en este documento garantiza tanto la seguridad estructural como el cumplimiento de las normativas ACI 318-19, fundamentales para edificaciones escolares. Se ha evaluado detalladamente la distribución de cargas gravitacionales y sísmicas, el diseño adecuado de los elementos estructurales, y el comportamiento dinámico de la estructura, tomando en cuenta las condiciones del terreno y los requisitos sísmicos de la región. Este enfoque integral asegura que la construcción ofrezca un ambiente seguro y funcional para estudiantes y personal docente.

Bibliografía

- American Concrete Institute. (2019). *ACI 318-19: Requisitos del código de construcción para hormigón estructural y comentarios* . American Concrete Institute.
- MacCormac, JC, y Nelson, JK (2014). *Análisis estructural: un enfoque clásico y matricial* (4.^a ed.). John Wiley & Sons.
- Ing César Grijalva, Manal de Cimentaciones 1.

Anexo:

Enlace de video:

<https://youtu.be/zdlyR7AKmHA>