



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESINA**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE CASA  
HABITACIÓN”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**Ingeniero Civil**

**QUE PRESENTA:**

**P. I. C. Enrique Sánchez Marín**

Asesor:

M. en I. Alma Rosa Sánchez Ibarra

MORELIA, MICH. NOVIEMBRE DEL 2008



# ÍNDICE

<b>Introducción.</b>	1
<b>Objetivo.</b>	3
<b>CAPÍTULO I</b>	5
<b>Proyecto arquitectónico y propuesta estructural</b>	6
I.1. Planos arquitectónicos.	7
I.2. Propuesta estructural.	11
<b>CAPÍTULO II</b>	14
<b>Análisis y diseño de losas</b>	15
II.1. Análisis de cargas.	15
II.2. Diseño de losa de azotea.	25
III.3. Diseño de losa de entrepiso.	32
<b>CAPÍTULO III</b>	39
<b>Análisis y diseño de trabes.</b>	40
III.1. Trabes de losa de azotea.	40
III.2. Trabes de losa de entrepiso.	44
<b>CAPÍTULO IV</b>	50
<b>Revisión de muros.</b>	51
IV.1. Revisión de muros por cargas laterales.	51
IV.2. Revisión de muros por cargas gravitacionales.	56
IV.3. Dalas y castillos.	61
<b>CAPÍTULO V</b>	63
<b>Análisis y diseño de la cimentación</b>	64
V.1. Análisis y diseño de zapatas de lindero.	64
V.2. Análisis y diseño de zapatas de centro.	70
<b>CAPÍTULO VI</b>	74
<b>Planos estructurales</b>	75
<b>Conclusiones.</b>	76
<b>Glosario.</b>	78
<b>Bibliografía.</b>	81



Desde tiempos remotos el ser humano ha tenido que buscar la forma de construir un lugar donde habitar. En la actualidad existe una inmensa variedad de materiales con los que podemos construir una casa habitación.

La gran mayoría de los materiales más comunes con los que se realizan las construcciones en la actualidad en nuestro país, han sido ya sometidos a pruebas de laboratorio, por lo tanto sabemos como es su comportamiento ante diversos tipos de esfuerzos. En base a esto y a las leyes de la física podemos diseñar los elementos estructurales que componen cualquier edificación.

Hoy en día, es muy importante que prácticamente todas las construcciones cuenten con un diseño estructural que permita tener más certidumbre sobre el comportamiento que éstas presenten a lo largo de su vida útil y por supuesto ante eventos impredecibles.

Es muy cierto que la mayoría de las veces no se realiza este diseño para las viviendas puesto que representa un cierto costo que alguien tiene que cubrir y del que nadie se quiere hacer cargo. Sin embargo el costo de dicho diseño comparado con el costo total que tiene una obra al final de la misma es muy pequeño, y hay que considerar también que con un diseño estructural estaremos optimizando tanto los materiales como las dimensiones de los elementos dando como resultado el menor costo posible para que la construcción sea segura.

En este trabajo se describe el proyecto estructural de una casa habitación, con el análisis y el diseño de cada uno de los elementos estructurales que resisten el proyecto en estudio, aplicando el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCD) que es el más completo.

Finalmente en los planos estructurales ubicados al final del trabajo se integran los resultados del diseño mostrando las secciones y los arcos de cada uno de los elementos estructurales del proyecto.

# OBJETIVO

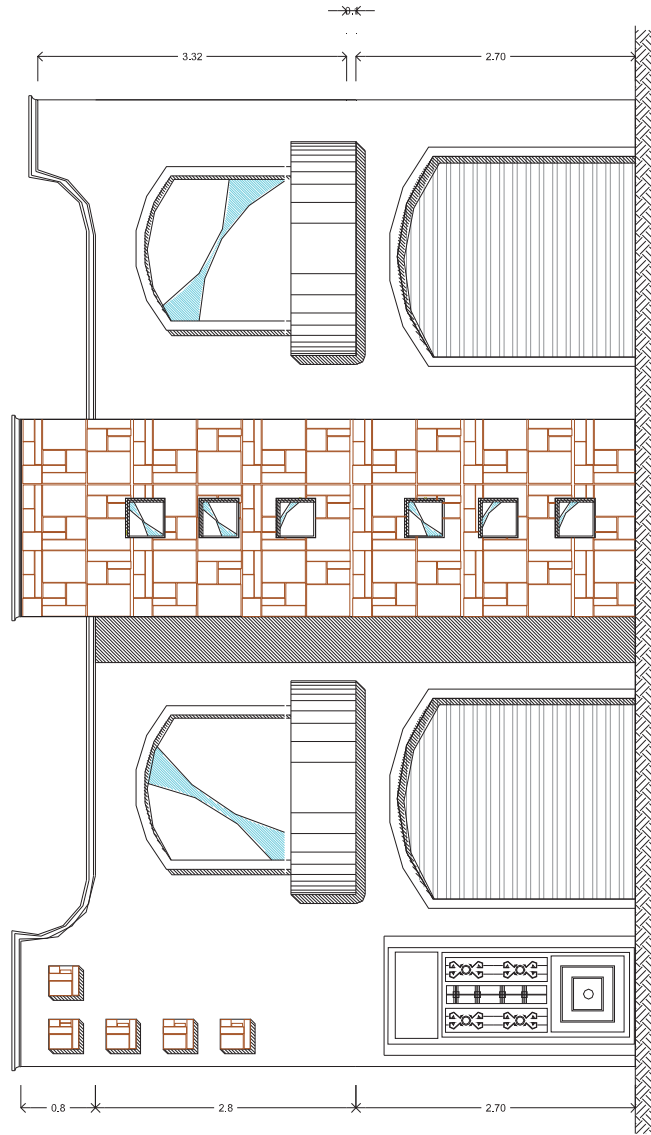
El objetivo principal de este trabajo es el de realizar el proyecto estructural de una casa habitación, integrando todo lo aprendido en la Facultad de Ingeniería Civil, aplicando el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias.

La finalidad de un proyecto estructural como ya se mencionó, es básicamente obtener el diseño más adecuado que nos permita conseguir seguridad y estabilidad de la estructura económica, ya que al diseñar los elementos se estará optimizando recursos y funcionalidad puesto que siempre debemos tratar de hacer una estructuración adecuada que se adapte al proyecto arquitectónico.

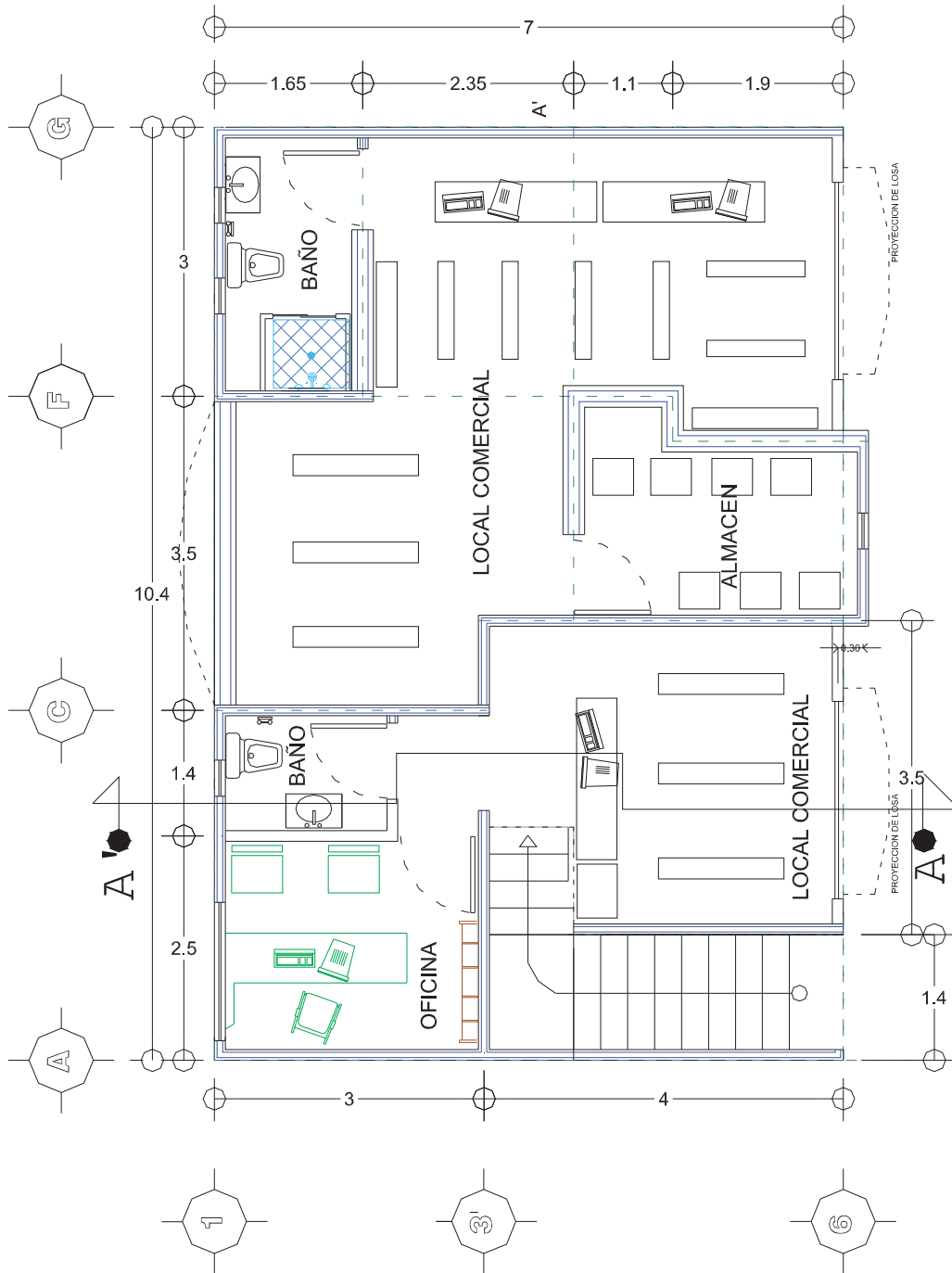
# CAPÍTULO I



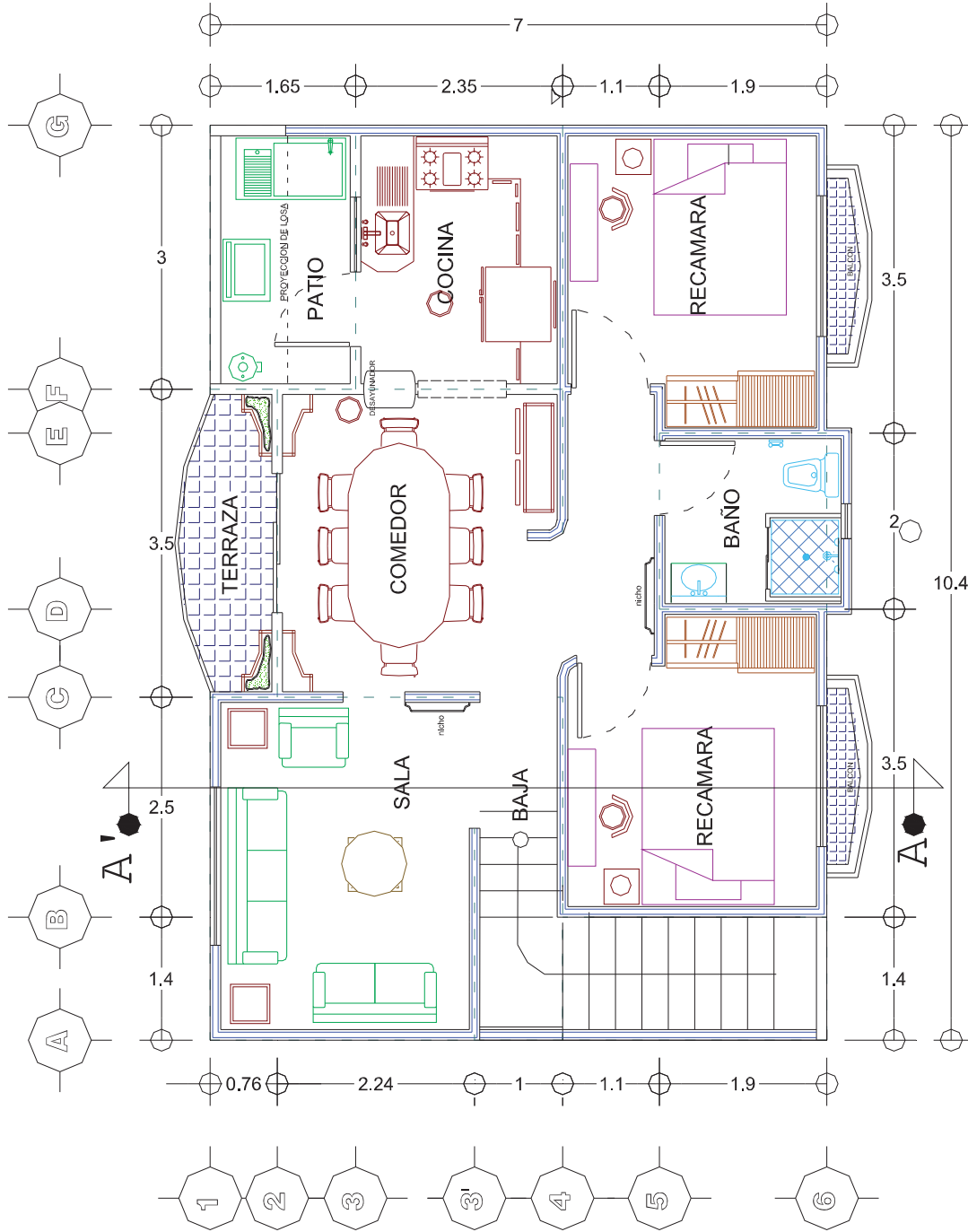




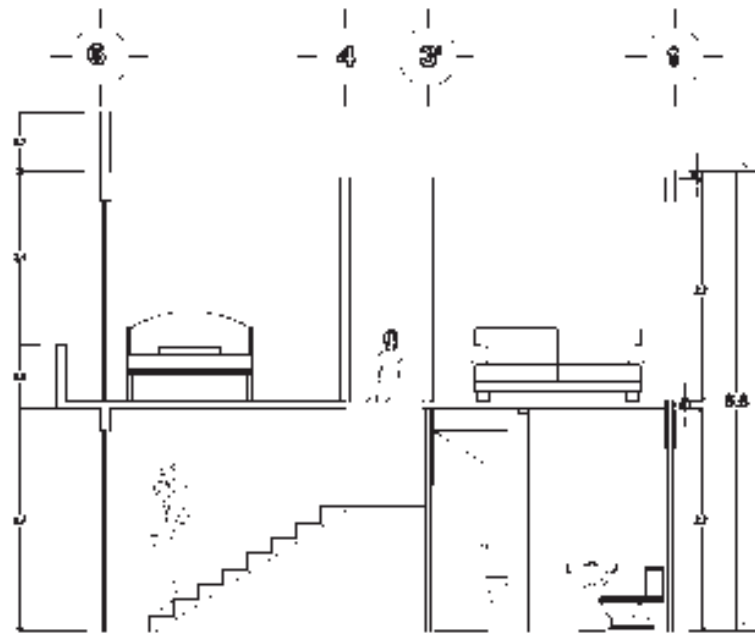
FACHADA PRINCIPAL



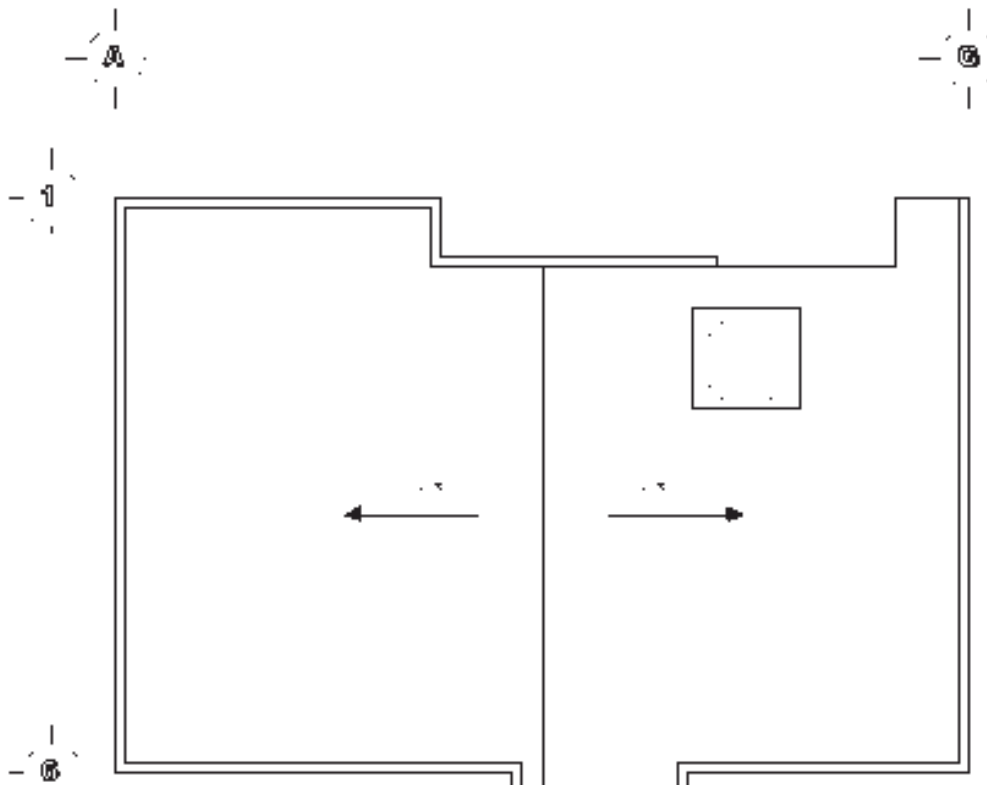
# PLANTA BAJA



# PLANTA ALTA

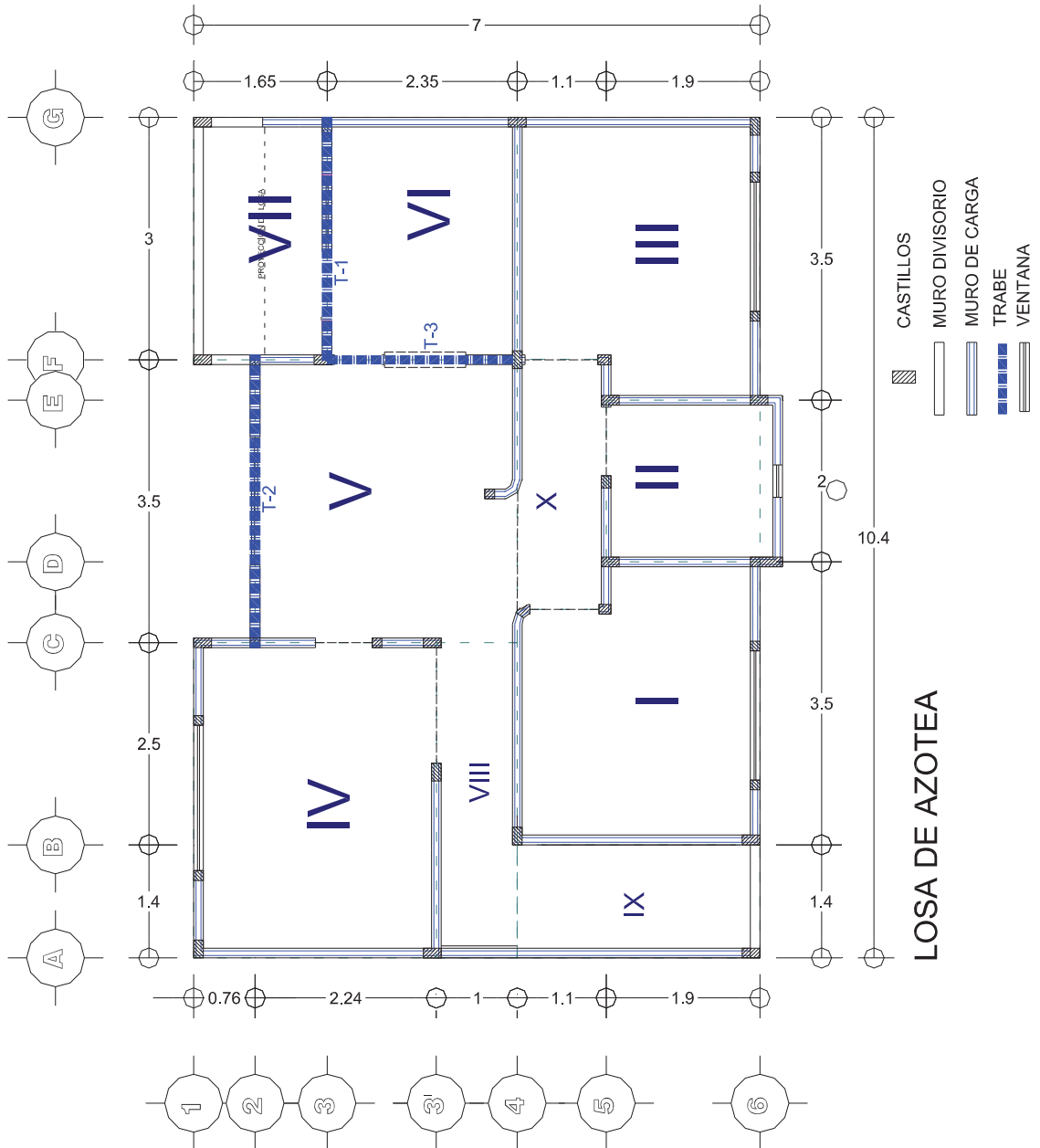


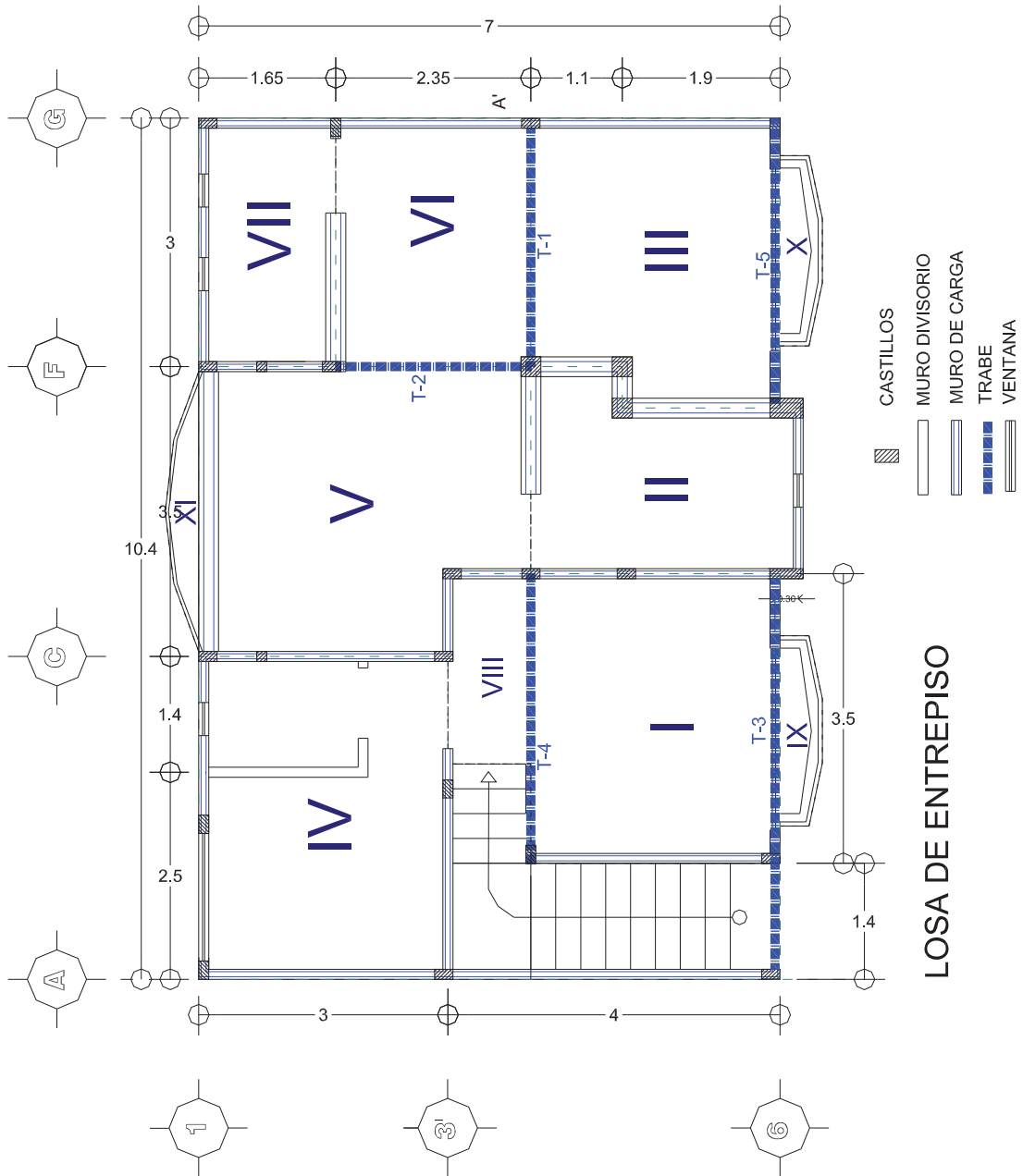
**CORTE A-A'**



**PLANTA AZOTEA**







LOSA DE ENTREPISO

# CAPÍTULO II



## Análisis y diseño de losas

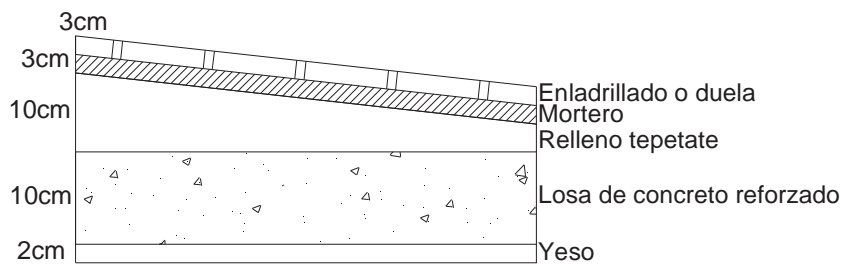
### II.1 Análisis de cargas

Este paso consiste en obtener las cargas que actúan sobre los elementos resistentes producidas por las solicitaciones a que están sometidos las cuales pueden ser:

- **Carga Muerta** son aquellas que siempre actúan con la misma intensidad y en el mismo sentido sobre los elementos estructurales y se deben principalmente al peso propio de dichos elementos, al relleno y acabado y en algunas ocasiones al del equipo o instalaciones fijas. El cálculo de estas cargas se hace obteniendo el volumen de los diferentes elementos estructurales, rellenos y acabados y multiplicándolos por sus correspondientes pesos volumétricos.
- **Carga Viva** son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura y dependen del uso de la misma. En general puede variar su intensidad. Se debe principalmente al peso de los muebles, de las personas, de los equipos móviles, etc. La mayoría de los reglamentos de construcción proporcionan guías para la obtención de esta carga por  $m^2$ .
- **Cargas Accidental** son aquellas que normalmente no se presentan o no se derivan del uso directo del edificio. Se deben en general a acciones externas ya sea del medio ambiente o del terreno en que se encuentran. En este caso se tienen básicamente las cargas de viento y sismo, las cuales varían enormemente de acuerdo a la región donde se ubica la estructura. Para determinar los valores de estas acciones también se puede recurrir a los reglamentos de construcción.

### Análisis de cargas de losa de azotea

La losa de azotea puede ser inclinada o totalmente horizontal. En este caso es una losa horizontal a la cual posteriormente recibirá un relleno de material ligero para dar pendiente hacia las bajadas de agua pluvial sobre el cual se colocará una capa delgada de mortero y la duela.



Material	Peso (Ton/m <sup>3</sup> )	Volumen (Ton/m <sup>2</sup> )	Peso Total (Ton/m <sup>2</sup> )
Enladrillado	0.03	1.5	0.045
Mortero	0.03	2	0.06
Relleno	0.12	1.31	0.1572
Losa	0.1	2.4	0.24
Plancha de yeso	0.02	1.4	0.028

$$Carga Muerta = 0.5302 \text{ Ton/m}^2$$

El Reglamento indica que para losas de concreto de peso volúmico normal y coladas en el lugar se deberá incrementar 20 kg/m<sup>2</sup> por la variación que existe entre las densidades nominales y las reales y otros 20 kg/m<sup>2</sup> por las variaciones de las densidades nominales del irón para nivelar que se colocará sobre la losa de concreto. Resultando así un incremento adicional de 40 kg/m<sup>2</sup>.

Se tienen las siguientes cargas de servicio

Carga de servicio por cargas permanentes

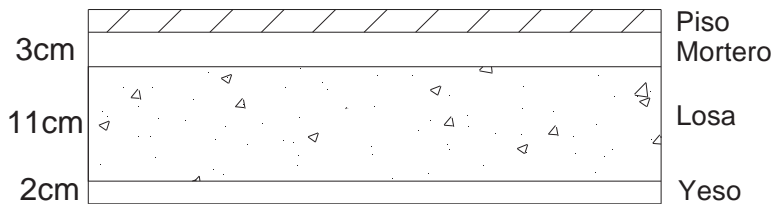
Cargas	Ton/m <sup>2</sup>
Carga muerta	0.530
Carga viva	0.100
Carga adicional	0.040
<b>Carga de Servicio</b>	<b>0.670</b>

Carga de servicio por cargas permanentes más accidentales

Cargas	Ton/m <sup>2</sup>
Carga muerta	0.530
Carga viva	0.070
Carga adicional	0.040
<b>Carga de Servicio</b>	<b>0.640</b>

### Análisis de cargas de losa de entrepiso

La losa de entrepiso será maciza de concreto reforzado la cual recibirá por la parte de abajo un acabado de yeso y en la parte de arriba una pequeña capa de mortero para nivelar y recibir el acabado con piso de cerámica.



ACTIVIDAD	PROPORCIÓN	PESO VOLUMÉTRICO (Ton/m <sup>3</sup> )	PESO TOTAL (Ton/m <sup>2</sup> )
Piso cerámica			0.040
Mortero	0.03	2.05	0.0615
Losa	0.11	2.4	0.264
Planchón yeso	0.02	1.45	0.029

$$\text{Carga Muerta} = 0.3945 \text{ Ton/m}^2$$

**Carga de servicio por cargas permanentes**

Cargas	Ton/m <sup>2</sup>
Carga muerta	0.395
Carga viva	0.170
Carga adicional	0.040
<b>Carga de Servicio</b>	<b>0.605</b>

**Carga de servicio por cargas permanentes más accidentales**

Cargas	Ton/m <sup>2</sup>
Carga muerta	0.395
Carga viva	0.090
Carga adicional	0.040
<b>Carga de Servicio</b>	<b>0.525</b>

**Carga del tinaco**

El tinaco estará ubicado sobre el tablero VI de la losa de azotea y será de las siguientes características:

**Tinaco Rotoplás**

Capacidad 1000 lts

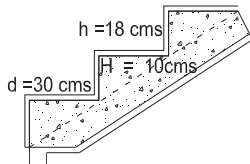
Peso Propio del tinaco 40 kg

Peso del agua que contendrá el tinaco 1000 kg

Para la base del tinaco se propone una losa de concreto reforzado de 1.20 x 1.20 m y 10 cm de espesor apoyada en 2 muretes de tabique de barro rojo con una altura de 1.20 m y largo de 1.20 m de acuerdo a lo anterior.



### Peso de la escalera



Material	Espesor (cm)	Peso Vol. (Ton m <sup>3</sup> )	Peso Total (Ton m <sup>2</sup> )
Piso cerámica			0.040
Escalón	0.09	2.40	0.216
Rampa concreto	0.10	2.40	0.240
Platón	0.02	1.45	0.029

Carga muerta = 0.525 Ton m<sup>2</sup>

Carga de servicio por cargas permanentes

Cargas	Ton m <sup>2</sup>
Carga muerta	0.525
Carga viva	0.350
Carga adicional	0.040
<b>Carga de Servicio</b>	<b>0.915</b>

Carga de servicio por cargas permanentes y accidentales

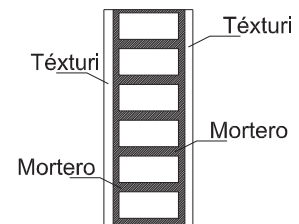
Cargas	Ton m <sup>2</sup>
Carga muerta	0.525
Carga viva	0.150
Carga adicional	0.040
<b>Carga de Servicio</b>	<b>0.715</b>

### Peso de los Muros

1. Muro de tabique y textura a ambos lados

Material	Espesor (cm)	Peso Vol. (Ton m <sup>3</sup> )	Peso Total (Ton m <sup>2</sup> )
Tabique	0.12	1.5	0.18
Mortero	0.04	1.5	0.06
Textura	0.03	1.5	0.045

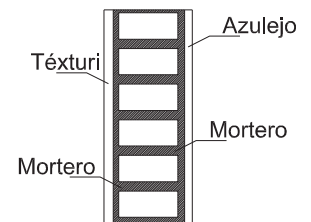
Carga muerta = 0.285 Ton m<sup>2</sup>



2. Muro de tabique con textura, mortero y azulejo

Material	Espesor (cm)	Peso Vol. (Ton m <sup>3</sup> )	Peso Total (Ton m <sup>2</sup> )
Tabique	0.12	1.5	0.18
Mortero	0.02	1.5	0.03
Textura	0.015	1.50	0.023
Azulejo	.008	1.8	0.014
Pegazulejo	.03	2.1	.063

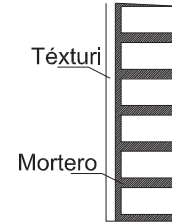
Carga muerta = 0.310 Ton m<sup>2</sup>



3. Tabique, Mortero y Textura una cara

Material	Espesor (m)	Peso Vol. (Ton /m³)	Peso Total (Ton /m²)
Tabique	0.12	1.5	0.18
Mortero	0.02	1.5	0.03
Textura	0.0015	1.5	0.023

Suma = 0.233 Ton /m²



**Peso de los muros sobre la losa de entrepiso**

EL RCDF, en sus NTC-Concreto en el apartado 6.3.4 menciona que las cargas lineales debidas a los muros de planta alta deben repartirse de acuerdo al siguiente criterio: “Dividiendo el peso del muro entre el área del tablero y multiplicando el resultado por el factor correspondiente de la tabla 6.2, la carga equivalente así obtenida se sumará a la carga uniforme que actúa en ese tablero”.

Tabla 6.2. Factor para considerar las cargas lineales como cargas uniformes equivalentes

Relación de lados $m = \frac{a_1}{a_2}$	0.50	0.8	1
Muro paralelo al lado corto	1.3	1.5	1.6
Muro paralelo al lado largo	1.8	1.7	1.6

o Muro M-1

Se trata de un muro divisorio de tabique roñ recocado, con acabado de mortero ñ téxturi por ambos lados, al ser un muro que no es de carga la descarga que afecta al tablero V de la losa de entrepiso es únicamente el peso propio de este muro.

Peso para un muro con acabado mortero/téxturi - mortero / téñturi = 0.285 Ton/m<sup>2</sup>

Longitud del muro = 1.40 m

ñltura del muro = 2.70 m

Peso propio del muro =  $h \times L \times W$

$$W_{muro} = (2.7) \times (1.4) \times (.285) = 1.08 \text{ Ton}$$

Este muro recae en el tablero V, por tanto se usará la tabla 6.2 para encontrar el factor ñ multiplicarlo por el cociente del peso total del muro sobre el área del tablero donde se a de distribuir, quedando así la fórmula:

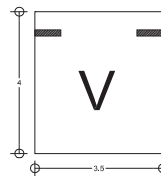
$$W_{M1} = \frac{W_{muro}}{A_{TABLERO}} (F_M)$$

En este caso se trata de un muro paralelo al lado corto:

$$a_1 = 3.5 \text{ m}$$

$$a_2 = 4.0 \text{ m}$$

$$m = 0.875$$



ñterpolando se obtiene que  $F_m = 1.54$

ñ sustituyendo en la fórmula:

$$W_{M1} = \frac{1.08}{3.5 \times 4} \times 1.54 = 0.119 \text{ Ton / m}^2$$

ñsí, la carga por m<sup>2</sup> sobre el tablero V es:

$$W_{total} = \text{Carga servicio} + W_{M1} = 0.605 + 0.119 = 0.724 \text{ Ton/m}^2$$

Para los demás muros divisorios se aplica el mismo procedimiento.



o Muro M-2

Se trata de un muro de carga, por lo que se agregará el peso de la losa de azotea y por supuesto el del muro al peso del tablero de la losa de entrepiso.

Peso para un muro con acabado a ruleño/mortero - mortero/ceso = 0.310 Ton/m<sup>2</sup>

Longitud del muro = 1.10 m

Altura del muro = 2.70 m

$$W_{muro} = (2.7) \times (1.1) \times (.310) = 0.921 \text{ Ton}$$

Área tributaria que recibe el muro de la losa de azotea = 1.70 m<sup>2</sup>

$$C_{s \text{ azotea}} = 0.670 \text{ Ton/m}^2$$

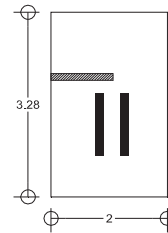
$$W_{azotea} = 1.70 \times 0.670 = 1.139 \text{ Ton}$$

$$W_{muro} = W_{muro} + W_{azotea} = 0.921 + 1.139 = 2.06 \text{ Ton}$$

Utilizando la tabla 6.2 obtenemos que  $F_m = 1.37$

Sustituyendo:

$$W_{M2} = \frac{2.06}{2 \times 3.28} \times 1.37 = 0.430 \text{ Ton / m}^2$$



La carga total a considerar en el tablero es:

$$W_{total} = \text{Carga servicio} + W_{M2} = 0.605 + 0.430 = 1.035 \text{ Ton/m}^2$$

o Muro M-3

Se trata de una pequeña mocheta de carga, por lo que se agregará el peso de la losa de azotea, al del tablero de la losa de entrepiso.

Peso para un muro con acabado texturi /mortero - mortero/ texturi = 0.285 Ton/m<sup>2</sup>

$$\text{Longitud del muro} = 0.70 \text{ m}$$

$$\text{Altura del muro} = 2.70 \text{ m}$$

$$W_{\text{muro}} = (2.7) \times (0.70) \times (0.285) = 0.539 \text{ Ton}$$

Área tributaria que recibe el muro de la losa de azotea = 1.60 m<sup>2</sup>

$$C_{s \text{ azotea}} = 0.670 \text{ Ton/m}^2$$

$$W_{\text{azotea}} = 1.60 \times 0.670 = 1.072 \text{ Ton}$$

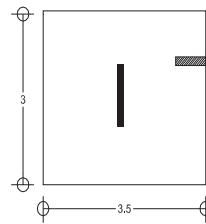
$$W_{\text{muro}} = W_{\text{muro}} + W_{\text{azotea}} = 0.539 + 1.072 = 1.611 \text{ Ton}$$

Utilizando la tabla 6.2 obtenemos que  $F_m = 1.67$

Sustituyendo en la fórmula:

$$W_{M3} = \frac{1.611}{3 \times 3.5} \times 1.67 = 0.256 \text{ Ton / m}^2$$

La carga total a considerar en el tablero es por lo tanto:



$$W_{\text{total}} = \text{Carga servicio} + W_{M1} = 0.605 + 0.256 = 0.861 \text{ Ton/m}^2$$

Una vez realizado el análisis de cargas, se procederá a realizar el diseño de las losas, tanto de azotea como de entrepiso.

## II.2 Diseño de la losa de azotea

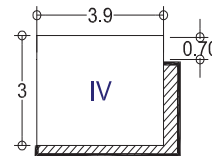
Para realizar el diseño de la losa de azotea, primero se identifica el tablero más desfavorable tanto por condiciones de apoyo como de dimensiones, para calcular el peralte mínimo y verificar que concuerde con el propuesto al inicio del análisis de cargas. De no ser así, debemos regresar a realizar el ajuste correspondiente, convirtiéndose en un proceso iterativo.

### II.2.1. Cálculo del peralte mínimo

En este caso el tablero más desfavorable es el IV.

Utilizaremos la fórmula para el peralte mínimo que está en la sección 6.3.3.5 de las NTC.

$$d_{\min} = \frac{\text{perímetro}}{250} (0.032 \times \sqrt[4]{f_s \cdot W})$$



Donde:

$$f_s = 0.60 (f_y) = 0.60 \times 4200 = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$W$  = carga de servicio en kg, en este caso = 670 kg

Para calcular el perímetro, de acuerdo a las NTC sección 6.3.3.5, la longitud de lados discontinuos se deberá incrementar 50 cm por tratarse de apoyos no colados monolíticamente con la losa.

Entonces:

$$\text{Perímetro} = 390 + 230 + (1.5)(300+390+70) = 1760 \text{ cm}$$

Al sustituyendo en la fórmula:

$$d_{\min} = \frac{1760}{250} (0.032 \times \sqrt[4]{2520 \cdot 670})$$

$$d_{\min} = 8.12 \text{ cm}$$

$$H_{\min} = d_{\min} + \text{recub.}$$

$$H_{\min} = 8.12 + 2.00 = 10.12 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

$$H = 10 \text{ cm}$$

El peralte propuesto es adecuado.

### 2.2. Obtención de los Momentos últimos

El siguiente paso es obtener los momentos últimos en cada uno de los tableros, para lo cual se empleará el método de los coeficientes, posteriormente se distribuirán los momentos flezionantes actuantes en los bordes entre tableros adyacentes, mediante el ajuste de momentos.

Para poder utilizar el método de los coeficientes se deben satisfacer los siguientes requisitos:

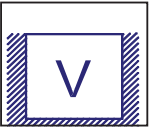
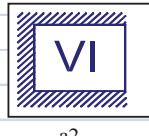

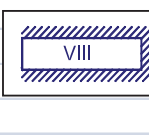
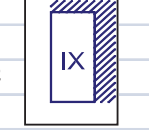
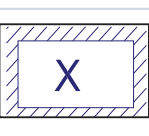
- 1.- Deberán ser tableros aproximadamente rectangulares.
- 2.- La distribución de cargas es aproximadamente uniforme en cada tablero.
- 3.- Los momentos flezionantes negativos en un apoyo común entre dos tableros adyacentes no difieren en más del 50% del menor de ellos.
- 4.- La relación carga viva / muerta no es mayor a 2.5 para casos de losas colada monolíticamente con sus apoyos, ni mayor a 1.5 en otros casos.

Para calcular el momento último se usa la fórmula siguiente:

$$Mu = F_c \cdot Coef \times 10^4 \cdot w \cdot a_1^2$$

Tabla de momentos últimos calculados / momentos ajustados.

TABLEROS PLANTA AZOTEA						
TABLEROS	MOMENTO		CLASIFICACIÓN	COEFICIENTE	Mu (Ton-m)	M ajustado
a1 	Negativo en bordes interiores		Corto	386.4	0.326	0.253
			Largo	400.8	0.338	0.335
	a 1=	3.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
	a 2=	3.50 m		Largo	0	0.000
	m=	0.86 m	Positivo	Corto	112.2	0.162
	w=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	145.4	0.123
a2 	Negativo en bordes interiores		Corto	383.8	0.144	0.253
			Largo	338	0.127	
	a 1=	2.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
	a 2=	2.20 m		Largo	0	0.000
	m=	0.86 m	Positivo	Corto	177.3	0.067
	w=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	135.1	0.051
a1 	Negativo en bordes interiores		Corto	386.4	0.326	
			Largo	400.8	0.338	0.335
	a 1=	3.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
	a 2=	3.50 m		Largo	0	0.000
	m=	0.86 m	Positivo	Corto	112.2	0.162
	w=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	145.4	0.123
a1 	Negativo en bordes interiores		Corto	445.1	0.376	0.362
			Largo	375.1	0.317	
	a 1=	3.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
	a 2=	3.00 m		Largo	0	0.000
	m=	0.77 m	Positivo	Corto	231.6	0.196
	w=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	137.1	0.116

	V		Negativo en bordes interiores	Corto	348.1	0.343	0.363
				Largo	372.6	0.367	0.286
	a 1=	3.24 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000	
	a 2=	3.5 m		Largo	0	0.000	
	m=	0.13	Positivo	Corto	163	0.161	
	□=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	144.7	0.142	
	V□		Negativo en bordes interiores	Corto	440.4	<b>0.390</b>	0.363
				Largo	373.6	0.331	0.335
	a 1=	2.35 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000	
	a 2=	3.00 m		Largo	0	0.000	
	m=	0.78	Positivo	Corto	227.4	0.201	
	□=	1.15 ton/m <sup>2</sup>		Largo	137.6	0.122	
	V□□		Negativo en bordes interiores	Corto	617.5	0.158	
				Largo	552.5	0.141	0.274
	a 1=	1.65 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000	
	a 2=	3.00 m		Largo	0	0.000	
	m=	0.55	Positivo	Corto	385	0.038	
	□=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	165.5	0.042	
	V□□□		Negativo en bordes interiores	Corto	717.52	0.075	
				Largo	485.24	0.046	
	a 1=	1.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000	
	a 2=	2.00 m		Largo	0	0.000	
	m=	0.50	Positivo	Corto	505.76	0.047	
	□=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	167.24	0.016	
	□□		Negativo en bordes interiores	Corto	682.4	0.125	
				Largo	572.14	0.105	0.264
	a 1=	1.40 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000	
	a 2=	3.00 m		Largo	0	0.000	
	m=	0.47	Positivo	Corto	445.76	0.082	
	□=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	170.64	0.031	
	□		Negativo en bordes interiores	Corto	531.5	0.060	
				Largo	421.5	0.048	0.286
	a 1=	1.10 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000	
	a 2=	2.00 m		Largo	0	0.000	
	m=	0.55	Positivo	Corto	211	0.034	
	□=	0.67 ton/m <sup>2</sup>		Largo	141.5	0.016	

### 2.3. Distribución de Momentos

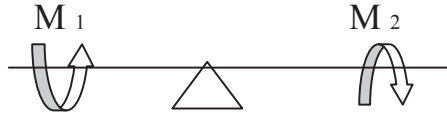
Se distribuirán los momentos flexionantes en los bordes entre tableros adyacentes de acuerdo a las NTC, la Rigidez "K" está dada por.

$$K = \frac{d^3}{a_1}$$

Donde:

- $K$  = Rigidez del tablero
- $a_1$  = Claro corto del tablero en cm
- $d$  = Peralte del tablero en cm

Calculando las rigideces de cada tablero con la fórmula utilizando el método de Cross, podemos realizar el ajuste, entre 2 tableros adyacentes.



TABLERO	III	VI
K	4.436	5.664
Fd (-)	-0.439	-0.561
M e	0.338	-0.331
M des	0.007	
M dis	-0.003	-0.004
M ajustado	<b>0.335</b>	<b>-0.335</b>

TABLERO	V	VI
K	4.108	5.664
Fd (-)	-0.420	-0.580
M e	0.343	-0.39
M des	-0.047	
M dis	0.020	0.027
M ajustado	<b>0.363</b>	<b>-0.363</b>

TABLERO	I	II
K	4.436	6.655
Fd (-)	-0.400	-0.600
M e	0.326	-0.144
M des	0.182	
M dis	-0.073	-0.109
M ajustado	<b>0.253</b>	<b>-0.253</b>

TABLERO	IX	I
K	9.507	4.436
Fd (-)	-0.682	-0.318
M e	0.105	-0.338
M des	-0.233	
M dis	0.159	0.074
M ajustado	<b>0.264</b>	<b>-0.264</b>

TABLERO	VII	VI
K	13.31	5.664
Fd (-)	-0.701	-0.299
M e	0.141	-0.331
M des	-0.19	
M dis	0.133	0.057
M ajustado	<b>0.274</b>	<b>-0.274</b>

TABLERO	V	X
K	4.108	12.1
Fd (-)	-0.253	-0.747
M e	0.367	-0.048
M des	0.319	
M dis	-0.081	-0.238
M ajustado	<b>0.286</b>	<b>-0.286</b>

TABLERO	II	X
K	6.655	12.1
Fd (-)	-0.355	-0.645
M e	0.144	-0.048
M des	0.096	
M dis	-0.034	-0.062
M ajustado	<b>0.110</b>	<b>-0.110</b>

TABLERO	IV	V
K	4.108	5.664
Fd (-)	-0.420	-0.580
M e	0.376	-0.343
M des	0.033	
M dis	-0.014	-0.019
M ajustado	<b>0.362</b>	<b>-0.362</b>



De acuerdo al reglamento, la separación máxima no debe exceder de 50 cm, ni de  $3.5x_1$ , es decir no será mayor a  $3.5(8) = 28$  cm.

Como  $54 \text{ cm} > 28 \text{ cm}$ , se tomará 28 cm. Por lo tanto el refuerzo para **momento negativo** en la losa de azotea quedará de la siguiente manera:

**Se usarán varillas del # 3 @ 28 cm c.a.c.**

○ **Para momento positivo**

Se toma el momento máximo, en este caso el del tablero IV, claro corto.

$M_u = 0.196 \text{ Ton-m}$  sustituyendo en la fórmula para el área de acero tenemos:

$$A_s = \frac{170}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.16 \times 10^5}{(0.85 \times 100 \times 8^2 \cdot 170)}} \right] (100 \times 8) \quad A_s = 0.653 \text{ cm}^2$$

Comparando con el acero por temperatura  $A_{st} = 1.164 \text{ cm}^2$

Como:  $1.164 > 0.653$  entonces rige el acero mínimo por temperatura.

Utilizando varilla del #3 la separación de las varillas es:  $s = \frac{100 \times 0.71}{1.164} = 61 \text{ cm}$

dado que la separación máxima es de 28 cm,  $28 \text{ cm} < 61 \text{ cm}$ , rige  $s = 28 \text{ cm}$ . Por lo tanto, el refuerzo para momento positivo en la losa de azotea es:

**Se usarán varillas del # 3 @ 28 cm c.a.c.**



### 2.4. Revisión por cortante

Para la revisión del cortante se utilizará el tablero V<sub>1</sub> por ser el más desfavorable.

El cortante resistente se calcula con la siguiente fórmula de acuerdo a las NTC-Concreto sección 2.5

$$V_{CR} = 0.50 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$$

Donde:

$V_{CR}$  = Cortante resistente (kg)

Sustituyendo:

$$F_R = 0.80$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 8 \text{ cm}$$

$$f_c^* = f_c (0.80) = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{CR} = 0.50 \cdot (0.80) \cdot 100 \cdot 8 \cdot \sqrt{200}$$

Tenemos que  $V_{CR} = 4,525.48 \text{ kg}$

Ahora se calcula el cortante actuante con la siguiente fórmula:

$$V = \left( \frac{a_1}{2} - d \right) \left( 0.15 - 0.5 \cdot \frac{a_1}{a_2} \right) w$$

Sustituyendo tenemos:

$$V = \left( \frac{3.0}{2} - .08 \right) \left( 0.15 - 0.5 \cdot \frac{3.0}{3.0} \right) 670 \quad V = 538.07 \text{ kg}$$

que se multiplica por el factor 1.4 se incrementa 15% por tener bordes continuos y discontinuos

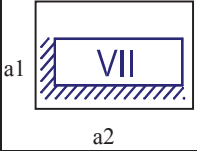
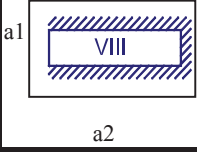
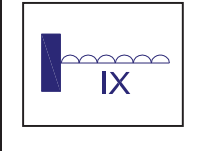
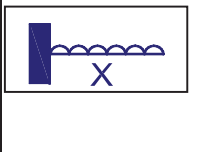
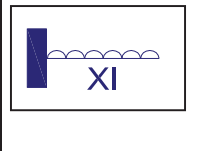
$$V_U = 1.15 * 538.07 * 1.4 = 866.29 \text{ kg}$$

Como  $V_{CR} > V_U$ , por lo que **se acepta el peralte de la losa.**



### TABLEROS DE LA LOSA DE ENTREPISO

TABLEROS		MOMENTO		CLASIFICACION	COEFICIENTE	MOMENTO (TON-M)
a1		I	Negativo en bordes interiores	Corto	405.2	<b>0.440</b>
				Largo	352.2	0.382
		a 1= 3.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
				Largo	0	0.000
		a 2= 3.50 m	Positivo	Corto	16.2	0.213
m= 0.86	Largo	136.4		0.148		
a2		q = 0.861 ton/m²				
a2		II	Negativo en bordes interiores	Corto	44.5	0.287
				Largo	38	0.231
		a 1= 2.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
				Largo	0	0.000
		a 2= 3.00 m	Positivo	Corto	274.5	0.15
m= 0.67	Largo	140.		0.082		
a1		q = 1.035 ton/m²				
a1		III	Negativo en bordes interiores	Corto	405.2	0.30
				Largo	352.2	0.268
		a 1= 3.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
				Largo	0	0.000
		a 2= 3.50 m	Positivo	Corto	16.2	0.150
m= 0.86	Largo	136.4		0.104		
a2		q = 0.605 ton/m²				
a1		IV	Negativo en bordes interiores	Corto	480.8	0.367
				Largo	471.7	0.360
		a 1= 3.00 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
				Largo	0	0.000
		a 2= 3.00 m	Positivo	Corto	262.3	0.200
m= 0.77	Largo	156.6		0.11		
a2		q = 0.605 ton/m²				
a2		V	Negativo en bordes interiores	Corto	347.8	0.432
				Largo	336.2	0.417
		a 1= 3.50 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
				Largo	0	0.000
		a 2= 4.00 m	Positivo	Corto	237.4	<b>0.295</b>
m= 0.88	Largo	131.4		0.163		
a1		q = 0.724 ton/m²				
a1		VI	Negativo en bordes interiores	Corto	440.4	0.206
				Largo	373.6	0.175
		a 1= 2.35 m	Negativo en bordes discontinuos	Corto	0	0.000
				Largo	0	0.000
		a 2= 3.00 m	Positivo	Corto	227.4	0.106
m= 0.78	Largo	137.6		0.064		
a2		q = 0.605 ton/m²				

	V		Negativo en bordes interiores	Corto	480.8	0.111
				Largo		471.7
	a 1=	1.65 m	Negativo en bordes discontinuos		Corto	0
	a 2=	3.00 m		Largo	0	0.000
	m=	0.55	Positivo	Corto	262.3	0.060
=	0.605 ton/m <sup>2</sup>	Largo		156.6	0.036	
	V		Negativo en bordes interiores	Corto	447.8	0.038
				Largo		375.
	a 1=	1.00 m	Negativo en bordes discontinuos		Corto	0
	a 2=	1.30 m		Largo	0	0.000
	m=	0.77	Positivo	Corto	231.6	0.020
=	0.605 ton/m <sup>2</sup>	Largo		137.	0.012	
	□		Negativo en bordes interiores	Corto	0	0.16
				Largo		0
	□=	0.805 ton/m	Negativo en bordes discontinuos		Corto	0
	L=	0.40 m		Largo	0	0
	□=	3.50 m	Positivo	Corto	0	0
		Largo		0	0	
	□		Negativo en bordes interiores	Corto	0	0.231
				Largo		0
	□=	0.805 ton/m	Negativo en bordes discontinuos		Corto	0
	L=	0.50 m		Largo	0	0
	□=	2.30 m	Positivo	Corto	0	0
		Largo		0	0	
	□□		Negativo en bordes interiores	Corto	0	0.231
				Largo		0
	□=	0.805 ton/m	Negativo en bordes discontinuos		Corto	0
	L=	0.50 m		Largo	0	0
	□=	2.30 m	Positivo	Corto	0	0
		Largo		0	0	

Se puede apreciar que el Momento último negativo más grande, se presenta en el tablero cuando se haga el respectivo ajuste de momentos con el tablero adyacente, este momento quedará ligeramente reducido, de tal manera que diseñando con el Mu sin ajustar se garantiza que la losa resistirá el Mu ajustado.



○ **Para momento positivo**

Se toma el momento máximo, en este caso tomamos el tablero por el lado corto.

$$M_u = 0.215 \text{ Ton-m}$$

$$A_s = \frac{170}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.215 \times 10^5}{(0.1 \times 100 \times 10^2 \cdot 170)}} \right] (100 \times 10) \quad A_s = 0.878 \text{ cm}^2$$

Comparando con el acero por temperatura  $A_{st} = 1.164 \text{ cm}^2$

Como:  $1.164 > 0.878$  entonces rige el acero por temperatura.

Utilizando varilla del #3 la separación de las varillas es:

$$s = \frac{100 \times 0.71}{1.164} = 61 \text{ cm}$$

La separación máxima es de 50 cm ó de 31.5 cm, por lo tanto optamos por una separación a cada 30 cm, es decir.

**Se usarán varillas del # 3 @ 30 cm c.a.c.**

3.4. Revisión por cortante

Para la revisión del cortante se utilizará el tablero por ser el más desfavorable.

$$V_{CR} = 0.50 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f^*c}$$

Sustituyendo:

$$V_{CR} = 0.50 \cdot (0.80) \cdot 100 \cdot 10 \cdot \sqrt{200}$$

$$V_{CR} = 5,091.16 \text{ kg}$$

Donde:

$$V_{CR} = \text{Cortante resistente (kg)}$$

$$F_R = 0.80$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$f^*c = f'c (0.80) = 200 \text{ kg/cm}^2$$

El cortante actuante se calculará con la siguiente fórmula:

$$V = \left( \frac{a_1}{2} - d \right) \left( 0.5 - 0.5 \cdot \frac{a_1}{a_2} \right) w$$

$$V = \left( \frac{3.0}{2} - 0.08 \right) \left( 0.5 - 0.5 \cdot \frac{3.0}{3.5} \right) 861 \quad V = 633.02 \text{ kg}$$

$$V_U = 633.02 (1.4) (1.15) = 1,019.16 \text{ Kg}$$

Puesto que  $V_{cr} > V_U$ , Se acepta el peralte de la losa de entripiso.

#### II.4 Diseño de la losa de escalera.

La carga de servicio es:  $0.15 \text{ Ton/m}^2$

$L = 1.55 \text{ m}$

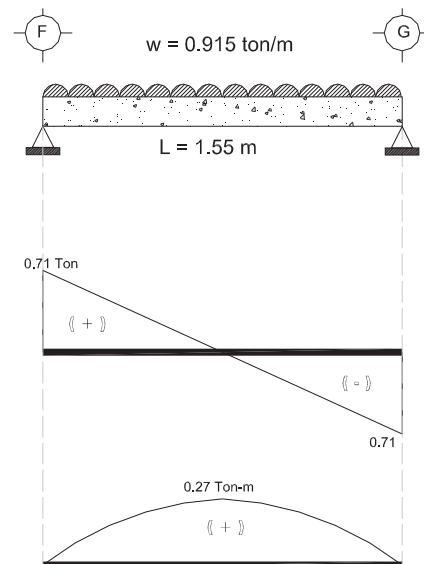
Los elementos mecánicos son:

$$M_{max} = 0.275 \text{ Ton-m}$$

$$M_U = (1.4) (0.275) = 0.385 \text{ Ton-m}$$

$$V_{max} = 0.71 \text{ Ton}$$

$$V_U = (1.4) (0.71) = 0.994 \text{ Ton}$$



Se calculará el  $A_s$  requerido por flexión de la siguiente forma, a que la losa trabaje en una sola dirección.

Datos de la sección:

$$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 1.0 \text{ m}$$

$$H = 10 \text{ cm}$$

$$F_R = 0.90$$

$$d = 8 \text{ cm}$$

utilizaremos la siguiente fórmula

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{F_R b d^2 f'_c}} \right]$$

Sustituyendo:

$$\rho = \frac{170}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(38500)}{0.1 \times 100 \times 8^2 \times 170}} \right]$$

$$\rho_{\text{calculado}} = 0.0016$$

Comparando esta cuantía de acero, con la mínima y la máxima permitida para un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  para un  $f_y = 4,200 \text{ kg/m}^2$

Resistencia $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	CANTÍA DE ACERO		
	$\rho$ min	$\rho$ bal	$\rho$ max
200	0.00236	0.0161	0.01214
<b>250</b>	<b>0.00264</b>	<b>0.02024</b>	<b>0.01518</b>
300	0.0028	0.0242	0.01821

$$\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{calculado}} < \rho_{\text{min}}$$

$$0.01518 > 0.0016 < 0.00264$$

La cuantía de acero requerida es menor a la mínima, por lo tanto se usará la mínima para calcular el área de acero.

$$A_s = \rho(b \cdot d) \quad A_s = 0.00264(100 \cdot 8)$$

$$A_s = 2.112 \text{ cm}^2$$

Utilizando Varillas del #3

$$a_0 = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{0.71}{2.112} = 33 \text{ cm}$$

Recordando que la separación máxima es de 31.5 cm, entonces se opta por una separación de 30 cm a ambos sentidos en el lado inferior, 30 cm a ambos sentidos en el lado superior, ya que en el lado superior se utiliza el acero mínimo.



# CAPÍTULO III

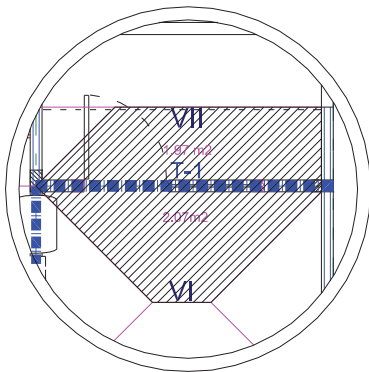
## Análisis y diseño de trabes

Las trabes son los elementos estructurales que reciben el peso de la losa de entrepiso o azotea para transmitirlo a los elementos verticales. Las trabes trabajan principalmente a flexión que viene acompañada de cortante, pueden recibir cargas puntuales, distribuidas o irregulares y pueden tener uno o varios claros. En este proyecto todas las trabes serán de concreto con un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

### III.1 Trabes de losa de azotea.

#### Trabe (T-1)

La trabe T-1 está recibiendo el peso del área tributaria de la losa de azotea que le corresponde y su peso propio.



Las cargas sobre la trabe son:

$$W_{azotea} = \text{Peso de la Losa}$$

$$W_{p.p.} = \text{Peso propio de la trabe}$$

$$W_{azotea} = \text{Área tributaria} \times \text{Carga de servicio}$$

$$W_{azotea} = (2.07 \times 0.989) + (1.97 \times 0.67)$$

$$W_{azotea} = 3.367 \text{ Ton}$$

Longitud de la trabe: 3.00 m

Descarga de  $W_{azotea}$  por metro lineal es:  $(3.367 \text{ Ton}) / (3.0 \text{ m}) = 1.122 \text{ Ton/m}$

Para obtener el peso propio se propone una sección de,

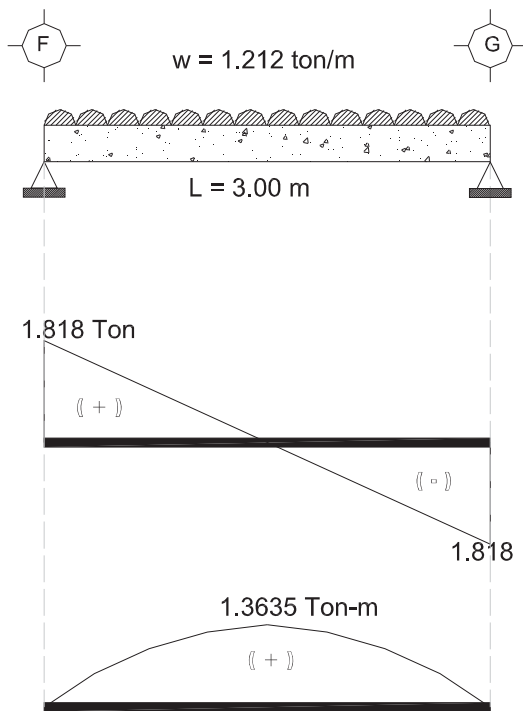
$$b = 15 \text{ cm} \quad H = 25 \text{ cm}$$

$$W_{p.p.} = b \cdot H \cdot \gamma_C \quad \text{Sustituyendo} \quad W_{p.p.} = 0.15 \cdot (0.25)(2.4)$$

$$W_{p.p.} = 0.09 \text{ Ton/m}$$

Por lo tanto, para obtener la carga total sobre la trabe sólo queda sumar ambas cargas:

$$W = 0.09 + 1.122 = 1.212 \text{ Ton/m}$$



Al analizar la viga se obtuvieron los siguientes diagramas de cortante y momento.

Cortante Máximo = 1.818 Ton  
 Momento Máximo = 1.3635 Ton-m

Multiplicándolo por el factor de carga

$$F_c = 1.4$$

**Cortante último = 2.545 Ton**  
**Momento último = 1.909 Ton-m**

o Diseño de la trabe:

Diseño por flexión

Datos de la sección:

$$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$H = 25 \text{ cm}$$

$$F_R = 0.90$$

$$d = 23 \text{ cm}$$

Utilizaremos la siguiente fórmula

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{F_R b d^2 f'_c}} \right]$$

Sustituyendo valores, tenemos que

$$\rho = \frac{170}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(1909)}{0.9 \times 15 \times 23^2 \times 170}} \right]$$

$$\rho_{\text{calculado}} = 0.00696$$

Comparando esta cuantía de acero, con la mínima y la máxima permitida para un  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  para un  $f_y = 4,200 \text{ kg/m}^2$ .

$$\rho_{max} > \rho_{calculado} > \rho_{min}$$

$$0.01518 > 0.00696 > 0.00264$$

Resistencia f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CANTÍA DE ACERO		
	ρ min	ρ bal	ρ max
200	0.00236	0.0161	0.01214
<b>250</b>	<b>0.00264</b>	<b>0.02024</b>	<b>0.01518</b>
300	0.0028	0.0242	0.01821

Por lo tanto la cuantía de acero es adecuada para el diseño.

Entonces se calcula el área de acero con la siguiente fórmula.

$$A_s = \rho(b \cdot d) \quad A_s = 0.00696(15 \cdot 23)$$

$$A_s = 2.402 \text{ cm}^2$$

Entonces usando varillas del #4 tenemos que:

$$\text{Área 1 Var. del \# 4} = 1.27 \text{ cm}^2 \quad \text{por lo tanto} \quad \text{Num. Vars.} = \frac{2.402}{1.27} = 1.89$$

Por lo tanto, colocar **2 varillas del # 4** en el lado inferior.

De acuerdo a las NTC-Concreto, se deben considerar cuando menos 2 varillas del #4 en cada lado, para armar una trabe.

Entonces debe ser mayor al acero mínimo, que es:  $A_{s \text{ min}} = (0.00264)(15 \cdot 23)$

$A_{s \text{ min}} = 0.9108 \text{ cm}^2$ , que es menor al área provista por las 2 varillas de # 4.

Colocar **2 varillas del # 4** en el lado superior.

$$\rho_{real} = \frac{(2)(1.27)}{(15)(23)} = 0.00736$$

Diseño por cortante:

Como  $\rho_{real} = 0.00736 < 0.015$  se usará la siguiente fórmula para calcular el cortante resistente del concreto de acuerdo a las NTC para Concreto sección 2.5.1.1:

$$V_{CR} = F_R \cdot b \cdot d (0.20 + 20\rho) \sqrt{f_c}$$



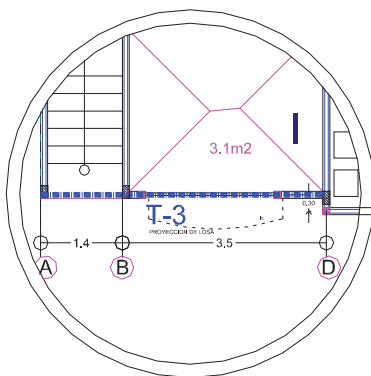
Se aplicó el mismo procedimiento para el diseño de todas las traves de azotea. En la siguiente tabla se presenta un resumen de dicho diseño.

Trabe	Longitud (m)	Momento Último (ton-m)	Cortante Último (Ton)	Dimensiones (m)	P calculado	As (cm²)	Acero requerido Leción superior	Acero requerido Leción inferior	V CR (kg)	Estribos del #2.5 Separación (cm)
T-2	3.50	1.372	1.568	0.15 x 0.25	0.00487	1.67	2 Var del #4	2 Var del #4	1,355	# 10
T-3	2.35	1.256	2.13	0.15 x 0.25	0.00450	1.553	2 Var del #4	2 Var del #4	1,355	# 10

### III.1 Traves de losa de entrepiso

#### Trabe (T-3)

La trabe T-3 es una trabe de 2 tramos, el tramo B-C recibe el peso de la losa de azotea que le corresponde al muro que está directamente encima de esta trabe además su peso propio, el tramo A-B recibe el peso de la losa de azotea, con su respectivo muro, el peso de la losa de entrepiso que le corresponde. Se propone una sección de 30 x 15 cm.



Descarga en el tramo B-C:

- Peso de la losa de azotea
- Peso del muro de planta alta
- Peso propio de la trabe

Descarga en el tramo A-B:

- Peso de la losa de azotea
- Peso del muro de planta alta
- Peso de lasas de entrepiso
- Peso propio de la trabe.

.-Descarga en el tramo A-B

$$\text{Peso de la losa de azotea} = \text{Área} \times W \quad W_{az} = (0.55) (0.67) = 0.3685 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso del muro de planta alta} = L \times h \times W \quad W_{m a-b} = (1.40) (2.70) (0.285) = 1.0773 \text{ Ton}$$

$$\text{Peso propio de la trabe} = b \times H \times \gamma_c \quad W_{P.P.} = (0.15) (0.30) (2.4) = 0.108 \text{ Ton}$$

$$\text{Descarga Total} = 0.3685 + 1.0773 + 0.09 = 1.5538 \text{ Ton}$$

$$\text{Repartida entre la longitud es: } 1.5538/1.4 = 1.1099 \text{ Ton/m}$$

.-Descarga en el tramo B-D

Peso de la losa de azotea = Área x W

$$W_{az} = (3.1) (0.67) = 2.077 \text{ Ton}$$

Peso del muro de planta alta = L x h x W

$$W_{m\ b-d} = (3.5) (2.70) (0.285) = 2.6933 \text{ Ton}$$

Peso de losa de entrepiso = Área x W

$$W_{az} = (3.1) (0.861) + (1.07) (0.805)$$

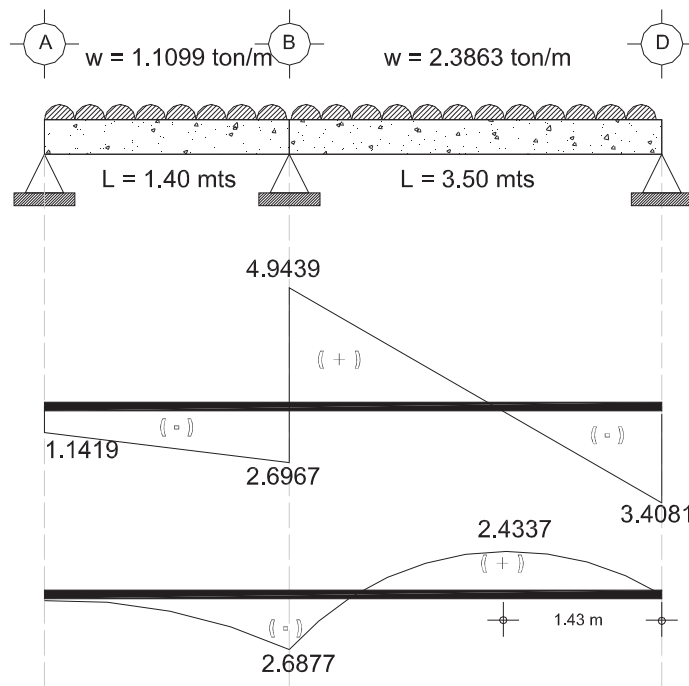
$$W_{az} = 3.53 \text{ Ton}$$

Peso propio de la trabe = b x H x γc

$$W_{P.P} = (0.15) (0.30) (2.4) = 0.108 \text{ Ton}$$

Descarga Total = 2.077 + 2.6933 + 3.53 + 0.108 = 8.3524 Ton

Repartida entre la longitud: 8.3524/3.5 = 2.3863 Ton/m



En resumen:

Cortante Máximo = 4.43 ton  
 Momento Máximo (+) = 2.4337 Ton-m  
 Momento Máximo (-) = 2.6877 Ton-m

aplicando el factor de carga:

Cortante último = 6.215 Ton.  
 Momento último (+) = 3.4072 ton-m  
 Momento último (-) = 3.76281 ton-m

Diseñando para momento máximo negativo,  $M_u = 3.7628 \text{ ton-m}$

El porcentaje de acero es:

$$\rho = \frac{170}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(376280)}{0.15 \times 23^2 \times 170}} \right] \quad \rho = 0.009604$$

$$\rho_{max} > \rho_{calculado} > \rho_{min} \quad 0.01518 > .009604 > 0.00264$$

Calculando el área de acero requerida,  $A_s = (0.009604) (15) (28) = 4.034 \text{ cm}^2$

Proponiendo 2 Varillas del #5       $a_o = 1.18 \text{ cm}^2$        $A_s = (2) (1.98) = 3.96 \text{ cm}^2$   
 1 Varilla del #3       $a_o = 0.71 \text{ cm}^2$        $A_s = 0.71 + 3.96 = 4.67 \text{ cm}^2$

Por lo tanto se colocarán **2 Varillas del # 5 y una del # 3 en el lecho superior.**

Para momento positivo  $M_u = 3.4072 \text{ ton-m}$

Entonces:

$$\rho = \frac{170}{4200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(340720)}{0.15 \times 23^2 \times 170}} \right] \quad \rho = 0.008573$$

$$0.01518 > 0.008573 > 0.00264$$

El área de acero requerida es  $A_s = 0.8573 (15) (28) = 3.60 \text{ cm}^2$

Se proponen **2 varillas del # 5 en el lecho inferior**       $A_s = 3.96 \text{ cm}^2$

Diseño por cortante:

Calculando el  $\rho_{real} = \frac{(2)(1.18)}{(15)(28)} = 0.00425$  como  $\rho_{real} < 0.015$

se usará la siguiente fórmula para calcular el cortante resistente:

$$V_{CR} = 0.15 \cdot 28(0.20 + 20(0.00425))\sqrt{200} \quad V_{CR} = 1,846 \text{ kg}$$

El  $V_U = 6.215 \text{ ton}$ , por lo tanto, al ser mayor que el resistente se requiere refuerzo por cortante.







La deflexión total es la suma de ambas  $0.374 + 0.489 = 0.863 \text{ cm}$

Como  $1.75 > 0.863$ , entonces la deflexión existente en la viga T-1 está dentro de la permisible.

La tabla comparativa muestra las deflexiones permisibles y las deflexiones totales actuantes en las trabes.

PLANTA	TRABE	$\delta$ permisible (cm)	$\delta$ inmediata (cm)	$\delta$ diferida (cm)	$\delta$ total (cm)
ALTA	T-1	1.75	0.374	0.489	0.863
	T-2	1.96	0.634	0.828	1.462
	T-3	1.48	0.150	0.195	0.345
BAJA	T-1	1.75	0.324	0.423	0.747
	T-2	1.48	0.128	0.168	0.296
	T-3	1.96	0.781	1.021	1.803
	T-4	1.96	0.645	0.843	1.488
	T-5	1.96	0.428	0.559	0.987

# CAPÍTULO IV

## Revisión de muros

Se procederá ahora a la revisión de los muros, este paso consiste en revisar que la densidad y espesores de éstos sean adecuados para resistir las cargas axiales y cortantes actuantes. En caso contrario, se deberá incrementar el espesor y/o densidad de dichos muros, ó proporcionar algún tipo de refuerzo.

### IV. 1. Revisión de muros por cargas laterales

La acción de los sismos produce una fuerza cortante sobre la estructura, la cual debe ser resistida en este caso por los muros de mampostería.

La resistencia de los muros en la dirección X y Y del proyecto, debe ser mayor a la fuerza cortante actuante en el momento del sismo.

El método simplificado es una variante del método estático y permite realizar de una manera relativamente simple, el análisis de las fuerzas cortantes actuantes a la estructura.

#### *Análisis sísmico por el método simplificado*

Para que sea aplicable se deben cumplir con las siguientes condiciones:

#### **1. Verificar que la estructura cumpla con los requisitos de seguridad establecidos en las NTC – Sismo en la sección 2.1**

- En cada planta, al menos el 75 por ciento de las cargas verticales estarán soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas u otros sistemas de piso suficientemente resistentes y rígidos al corte.

En este caso se cumple, ya que más del 75% de las cargas están soportadas por muros.

- La relación entre longitud y ancho de la planta del edificio no excederá de 2.0, a menos que para fines de análisis sísmico se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación entre longitud y ancho satisfaga esta restricción.

En este caso:  $(L) / (b) = 10.4 / 7 = 1.48 < 2.0$ , por lo tanto cumple la condición.

- La relación entre altura y la dimensión mínima de la base del edificio no excede de 1.50 y la altura del edificio no es mayor de 13 m.

En este caso  $H / b = (6.60) / (7) = 0.94 < 1.50$ , como la altura de la casa no es mayor a 13 m, entonces se cumple la condición.

Con esto verificamos que sí se puede utilizar el método simplificado de análisis sísmico.

**2. Determinar el grupo al que pertenece la construcción y el tipo de terreno donde está ubicada**

Como el proyecto es una casa habitación, de acuerdo al RCDF, la estructura es del **Grupo “B”**, el estudio de mecánica de suelos indica que se trata de un terreno **Tipo I**, suelo firme.

**3. Seleccionar el coeficiente sísmico correspondiente.**

Como que la estructura es del grupo “B” y la ubicación geográfica dentro del mapa de regionalización sísmica es la **Zona “C”**, del Manual de Obras Civiles de CFE:

Coeficiente sísmico **Cs = 0.18**

**4. Calcular el peso total de la estructura W total, mediante un análisis de cargas**

El peso total de la estructura está integrado de la siguiente manera: Se utiliza la carga de servicio para cargas accidentales, debido a que estamos realizando el análisis sísmico, debemos utilizar la carga viva disminuida recomendada por el reglamento de construcciones.

El peso de la estructura es:

$$W_{\text{losa azotea}} = (68.6) (0.6402) = 43.92 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{tinaco}} = 2.25 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{losa entrepiso}} = (69.80) (0.525) = 36.65 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{muros entrepiso}} = (37.8) (0.233) + (22.14) (0.31) + (123.39) (0.285) = 50.84 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{muros p baja}} = (37.8) (0.233) + (27.54) (0.310) + (67.5) (0.285) = 36.58 \text{ Ton}$$

$$\Sigma_{\text{Total}} = 43.92 + 2.25 + 36.65 + 50.84 + 36.58 = 170.24 \text{ Ton}$$

**5. Obtener el cortante sísmico en la base de la estructura**

Se calcula ahora el cortante en la base, el cual queda definido por la siguiente fórmula:

$$V_{\text{BASAL}} = (C_S) W_{\text{TOTAL}} \quad V_{\text{basal}} = (0.18) (170.24) = 30.64 \text{ Ton}$$

**6. Obtener el cortante último**

El cortante último es:  $V_u = F_c(V_{\text{BASAL}})$ , el  $F_c = 1.1$



En la siguiente tabla se visualiza el área transversal equivalente por muro para obtener la sumatoria de áreas en dirección X y Y.

SECCIÓN X				
Muro	Longitud	F	espesor t (cm)	Área equivalente (cm <sup>2</sup> )
A	100	1.0	12	1200
B	300	1.0	12	3600
C	300	1.0	12	3600
D	175	0.7	12	1300
E	175	0.7	12	1300
F	535	1.0	12	6420
G	100	1.0	12	1200
H	220	1.0	25	5500
I	110	0.25	25	775.11

Longitud total = 2175 cm

$A_{EQ} = 35491.12 \text{ cm}^2$

SECCIÓN Y				
Muro	Longitud	F	espesor t (cm)	Área equivalente (cm <sup>2</sup> )
A	215	1.0	12	2580
B	350	1.0	25	8750
L	300	1.0	12	3600
M	270	1.0	25	6750
N	210	1.0	25	5250
O	100	0.25	25	625
P	155	0.5	25	1912.5
Q	200	0.25	12	3000

Longitud total = 1711 cm

$A_{EQ} = 31420.38 \text{ cm}^2$

- o ahora se calculará el cortante resistente en la dirección X de la manera que se mencionó. Sustituyendo:

$$P_X = \frac{2175}{(2175 + 1711)} (170.2) = 1073 \text{ Ton}$$

el cortante resistente es:

$$V_{Rx} = F_R (0.5v * m \cdot A_{EQ} + 0.3P_X) \leq 1.5F_R v * m \cdot A_{EQ}$$

$$V_{Rx} = 0.70 (0.5(3.0) \cdot 35491.12 + 0.3(10730)) = 52500 \text{ kg}$$

calculando la otra parte de la desigualdad tenemos que:

$$1.50 (0.70) (3) (35491.12) = 111797.03 \text{ kg} > 52500 \text{ kg}$$

Por lo tanto  $V_{Rx} = 52500 \text{ kg}$



hora comparamos el cortante resistente con el cortante último actuante.

$$V_{Rx} > V_U \quad 59.26 \text{ Ton} > 33.70 \text{ Ton}$$

Puesto que el cortante resistente es mayor que el cortante actuante la densidad de muros en la dirección X, es adecuada.

- o el cortante en la dirección Y.

$$P_Y = \frac{1 \cdot 1}{(2 \cdot 5 + 1 \cdot 1)} (170.2) = 5.51 \text{ Ton}$$

$$V_{Rx} = 0.70 (0.5(3.0) \cdot 31 \cdot 20.3 + 0.3(5.510)) = 7.50 \text{ kg}$$

Deberá ser menor que:

$$(1.50)(0.70)3(31420.38) = 98974.20 \text{ kg} \quad 7.50 < 98974.20 \text{ Cumple.}$$

Comparando el cortante resistente en la dirección Y, con el cortante último:

$$7.50 \text{ Ton} > 33.70 \text{ Ton}$$

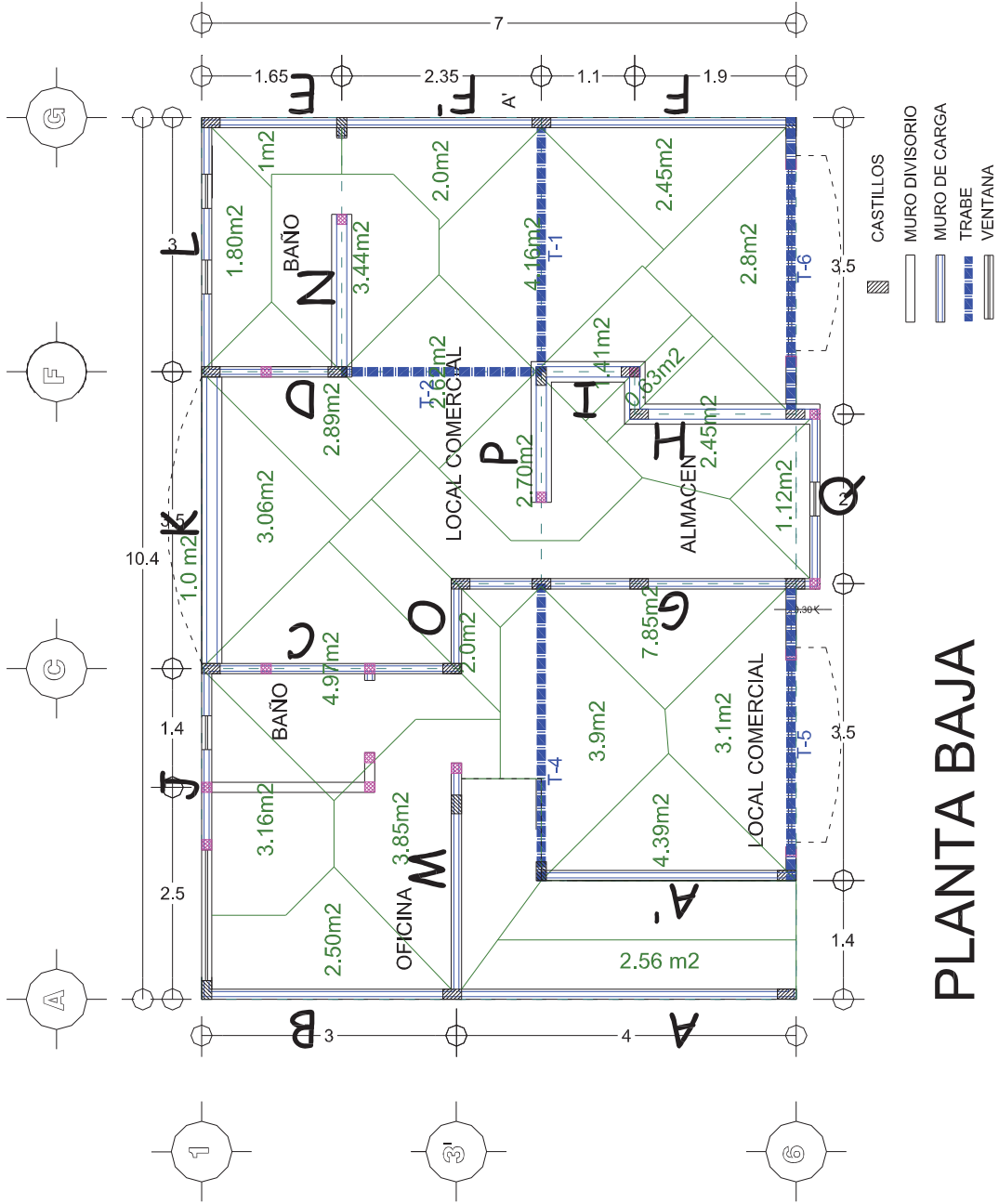
Por lo que la densidad de muros en la dirección Y, es adecuada también.

Entonces podemos afirmar que los muros de este proyecto en planta baja son adecuados para resistir la carga lateral producida por sismo.

Sólo se revisan los muros de planta baja porque en esta planta el cortante es mayor y la densidad de muros es menor.







# PLANTA BAJA



El cálculo para los muros de planta baja, arroja los siguientes resultados.

PLANTA BAJA											
MURO	Longitud (cm)	Espesor (cm)	A. tributaria (m <sup>2</sup> )	W losa (kg)	W muro (kg)	PESO NIVEL 2	P. act (kg)	Pu. Act (kg)	F E	Pr (kg)	
A	400	12	2.56	1547.52	2516.40	2407.22	8648.1	<b>12107.39</b>	0.255	<b>13965.00</b>	Cumple
A'	300	12	4.39	2653.755	1887.3	4903.2	10894.3	<b>15251.96</b>	0.373	<b>15321.60</b>	Cumple
B	300	12	2.5	1511.25	1887.30	3254.53	6653.1	<b>9314.32</b>	0.255	<b>10473.75</b>	Cumple
C	300	12	5	3022.50	2308.50	4512.28	9843.3	<b>13780.59</b>	0.373	<b>15321.60</b>	Cumple
D	150	12	2.89	1747.01	1255.50	904.93	3907.4	<b>5470.41</b>	0.373	<b>7660.80</b>	Cumple
E	165	12	1	604.50	1381.05	211.30	2196.9	<b>3075.59</b>	0.255	<b>5760.56</b>	Cumple
F	400	12	2.45	1481.03	2516.40	3218.84	7216.3	<b>10102.77</b>	0.255	<b>13965.00</b>	Cumple
F'	235	12	2	1209.00	1478.39	1431.85	4119.2	<b>5766.93</b>	0.255	<b>8204.44</b>	Cumple
G	400	12	7.85	4745.33	3078.00	782.06	8605.4	<b>12047.54</b>	0.373	<b>20428.80</b>	Cumple
H	220	<b>24</b>	2.45	1481.03	2762.10	3588.67	7831.8	<b>10964.52</b>	0.531	<b>31951.92</b>	Cumple
I	110	<b>24</b>	1.41	852.35	1381.05	2362.46	4595.9	<b>6434.19</b>	0.531	<b>15975.96</b>	Cumple
J	190	12	3.16	1910.22	1195.29	1181.72	4287.2	<b>6002.12</b>	0.255	<b>6633.38</b>	Cumple
K	350	<b>24</b>	4.06	2454.27	4252.50	1037.40	7744.2	<b>10841.84</b>	0.501	<b>48004.69</b>	Cumple
L	200	12	1.8	1088.10	1674.00	1887.30	4649.4	<b>6509.16</b>	0.255	<b>6982.50</b>	Cumple
M	275	<b>24</b>	3.85	3814.83	3452.63	7548.88	16280.3	<b>22792.46</b>	0.531	<b>39939.90</b>	Cumple
N	190	<b>24</b>	1.45	876.53	2513.70	2308.50	5698.7	<b>7978.22</b>	0.531	<b>27594.84</b>	Cumple
O	100	<b>24</b>	2	1209.00	1255.50	2753.91	5218.4	<b>7305.77</b>	0.531	<b>14523.60</b>	Cumple
P	155	<b>24</b>	2.7	1632.15	1192.73	5533.73	8358.6	<b>11702.05</b>	0.531	<b>22511.58</b>	Cumple
P'	55	<b>24</b>	0.63	380.84	690.53	4320.27	5391.6	<b>7548.28</b>	0.531	<b>7987.98</b>	Cumple
Q	200	12	1.12	677.04	1539.00	2008.82	4224.9	<b>5914.81</b>	0.255	<b>6982.50</b>	Cumple

Como se puede observar algunos de los muros tuvieron que ser aumentados en cuanto a espesor para que tuvieran una carga resistente mayor a la actuante.

De igual manera en la planta baja la carga resistente de los muros es mayor a la carga actuante sobre cada uno de ellos por lo tanto se aceptan los muros en ambas plantas para soportar carga gravitacional.

#### IV.4. Dalas y castillos

Las dalas y los castillos tienen la función de confinar el muro de tabique dando como resultado un elemento más rígido y estable. El RCDF en sus NTC establece que:

De acuerdo a la sección 5.1 de las NTC –Mampostería, los muros se confinan de la siguiente manera.

- Existirán castillos por lo menos en los extremos de los muros e intersecciones con otros muros y en puntos intermedios del muro a una separación no mayor de  $1.5 H$  ni  $3 m$ .
- Existirá una dala en todo extremo horizontal de muro a menos que este último este ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de  $10 cm$  y también existirán dalas a una separación no mayor de  $3 m$ .
- Los castillos y dalas tendrán como dimensión mínima el espesor del muro,  $t$ .
- Los castillos y dalas deberán tener una resistencia no menor a  $f'c = 150 kg/cm^2$
- El acero de refuerzo longitudinal estará definida por:  $A_s = 0.2 \frac{f'c}{f_y} t^2$
- El refuerzo longitudinal del castillo y la dala estará anclado.  $A_{sc} = \frac{1000s}{f_y h_c}$
- El acero transversal de castillos y dalas estará definido por:  
 $s =$  separación de estribos  $h_c =$  peralte efectivo de la sección de concreto

a) DLS

Proponiendo las siguientes dimensiones:  $12 \times 20 cm$   
 $f'c = 150 kg/cm^2$

Tenemos que  $A_s = 0.2 \frac{(150)}{200} (12)^2 = 1.02 cm^2$

La dala requiere poco acero. En las NTC se menciona que se deberán de formar de al menos 3 barras las dalas sin embargo en este caso se utilizarán, **4 Vars del # 3** a lo largo de la dala.

Si utilizamos estribos del  $\# 2$   $A_{sc} = 0.32 cm^2$  y en dos ramas  $A_{sc} = 0.64 cm^2$

La separación de los estribos es:

$$S = \frac{A_{sc} \cdot f_y \cdot h_c}{1000} \quad S = \frac{(0.64)(2320)(20)}{1000} \quad S = 29.70 cm$$

Esta separación no excederá de  $1.5 (t) = 1.5 (12) = 18 cm$ ; ni de  $200 mm = 20 cm$

Por lo tanto optamos por  $S = 18 cm$

**Se usarán E # 2 @ 18 cm c.a.c.**

b) CASTILLOS

Proponiendo castillos de 12 x 20 cm

$$f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 0.2 \frac{(150)}{200} (12)^2 \quad A_s = 1.0286 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán var. del #3 para armar los castillos ya que el acero requerido es menor.

De igual forma el acero transversal está definido por:

$$S = \frac{(0.002320)(10)}{1000} \quad S = 14.85 \text{ cm}$$

La separación es  $S = 14 \text{ cm}$

Tenemos entonces que para los castillos usaremos:

**4 Vars. del # 3 y E # 2 @ 14 cm c. a. c.**

ahora se calculará la resistencia a la compresión de los castillos debido a que se requiere saber esta resistencia ya que los castillos representan los apoyos de las traveses de entepiso o a la bóveda y deben de resistir al menos las reacciones que presentan las traveses de acuerdo a la siguiente fórmula se calculará la resistencia de los castillos.

$$P_{RO} = F_R (f'c(Ag) + A_s(fy)) \quad \text{ sustituyendo:}$$

$$P_{RO} = 0.75((150 * 0.05)(12 * 20) + (2.00)(200))$$

$$P_{RO} = 27,306 \text{ kg}$$

que es mayor a las reacciones que se presentan en las traveses.

entonces los castillos son adecuados.

Hay que mencionar que estos castillos de 12 x 20 se usarán donde el muro sea de 12 cm de espesor en el caso donde el muro sea de 20 cm el castillo podrá ser de 12 x 20 en los extremos o de 20 x 20 en esquinas.



# CAPÍTULO V

## Análisis y diseño estructural de la cimentación

La función de la cimentación es transmitir todas las cargas de la edificación al terreno donde se desplantará la estructura. En este caso es de suma importancia conocer las características de resistencia del suelo por lo general lo ideal es realizar un estudio de mecánica de suelos para determinar la capacidad de carga del mismo y en base a esto realizar el diseño correspondiente.

Además de transmitir las cargas al terreno, la cimentación debe brindar una base rígida a la construcción, sin que se produzcan fallas, ni asentamientos ya que la cimentación deberá trabajar en conjunto. Todos los elementos estructurales de la edificación son importantes, pero se puede decir que la cimentación es la parte más importante de una estructura, y no debemos escatimar recursos para construir una cimentación adecuada.

Para este proyecto el estudio de mecánica de suelos arrojó los siguientes datos:

Peso volumétrico del suelo

$$\gamma_s = 1.50 \text{ Ton/m}^3$$

Capacidad de carga del suelo

$$q_r = 15 \text{ ton/m}^2$$

En este caso se propone una cimentación a base de zapatas corridas de concreto.

### V. 1. Diseño de zapatas de lindero (Z-1)

Se analiza la descarga por metro lineal que se presenta en los ejes más críticos, y en base a esta carga se realiza el diseño. En este caso la descarga más desfavorable es en el muro B.

$$\text{Descarga} = 3.105 \text{ Ton / m}$$

#### 1. Descarga total de la cimentación

La descarga total es igual a:

$$P_T = P + W_s$$

$$P = \text{Descarga de la estructura} = 3.105 \text{ Ton/m}$$

$$W_s = \text{Peso de la cimentación}$$

El peso de la cimentación se calcula mediante la siguiente expresión empírica.

$$W_s = \left( \frac{\gamma_c + \gamma_s}{2} \right) BLD_f$$

Donde:

$$\gamma_c = \text{Peso del concreto} = 2.4 \text{ Ton} / m^3$$

$$\gamma_s = \text{Peso volumétrico del suelo} = 1.70 \text{ Ton}/m^3$$

$$Df = \text{Profundidad de desplante de la cimentación} = 0.60 \text{ m}$$

$$q_r = \text{Capacidad de carga del terreno} = 15 \text{ Ton}/m^2$$

$$B = \text{Ancho de la cimentación}$$

El ancho B se determina de manera aproximada:

$$B = 1.25 \left( \frac{P}{q_r} \right)$$

Sustituyendo

$$B = 1.25 \left( \frac{3.105}{15} \right) = 0.257 \text{ m} \quad \text{sin embargo } B_{min} = 0.60 \text{ m}$$

Se calcula el peso aproximado de la cimentación para una longitud unitaria.

$$W_s = \left( \frac{2.4 + 1.7}{2} \right) 0.60(1.0)0.60 \quad W_s = 0.738 \text{ Ton}/m$$

La descarga total es:

$$P_T = 3.105 + 0.738 = 3.843 \text{ Ton}/m$$

## 2. Dimencionamiento de la zapata

Se calcula el área de contacto de la zapata y el ancho B.

$A_z =$  Área de contacto de la zapata

$$A_z = \frac{P_T}{q_r}$$

$$A_z = \frac{3.843}{15} \quad A_z = 0.256 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{A_z}{L}$$

$$B = \frac{0.256}{1.0} \quad B = 0.256 \text{ m}$$

Se tomará el ancho mínimo  $B = 0.60 \text{ m}$

### 3. Presión de contacto de la zapata

Entonces se revisará si con las dimensiones calculadas no sobrepasamos la capacidad de carga del terreno.

$$q = \frac{P_T}{BL}$$

$$q = (3.843)/(0.60)(1) = 6.405 \text{ Ton/m}^2 < q_r = 15 \text{ Ton/m}^2$$

Entonces podemos establecer que la capacidad de carga del terreno es mayor al esfuerzo actuante en la base de la zapata con las dimensiones calculadas.

### 4. Presión neta última

La presión neta última del terreno es la presión última actuante sobre el terreno multiplicado por el factor de carga en este caso se trata de una estructura del tipo "B" por lo que el RCDF en el art. 1 establece que el factor de carga  $F_c = 1.40$

$$q_n = \frac{P}{BL}$$

$$q_n = (3.105/(0.60*1)) = 5.18 \text{ Ton /m}^2$$

Entonces la presión neta última es:

$$q_{nu} = (1.40) (5.18) = 7.245 \text{ Ton/m}^2$$

### 5. Diseño de la losa de la zapata por cortante

Para el diseño por cortante:

$$d = \frac{q_{nu} * \lambda}{v_{cr} + q_{nu}}$$

$$v_{cr} = 0.5 F_R \sqrt{f'c}$$

$$\lambda = B - C$$

$d$  = peralte de la losa de la zapata

$\lambda$  = Vuelo de la zapata

$v_{cr}$  = Esfuerzo cortante resistente del concreto. En base a las NTC-concreto sección 2.5.1.2

$C$  = Espesor del muro de enrase, en este caso 12 cm

$F_R = 0.80$

Se propone un  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Entonces se calcula:

$$\lambda = 0.40 - 0.20$$

$$\lambda = 0.36 \text{ m}$$

$$v_{cr} = 0.50(0.00)\sqrt{100} \quad v_{cr} = 5.0596 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = \frac{17.300 * 0.30}{50.500 + 17.300} \quad d = 0.092 \text{ m} \quad d = 9.2 \text{ cm}$$

Sin embargo el  $d_{min} = 10 \text{ cm}$  entonces optamos por que el peralte de la zapata sea  $d = 10 \text{ cm}$

El espesor real de la zapata es  $H = rec + d$

Por tratarse de un elemento e puesto directamente con el terreno  $rec = 5 \text{ cm}$

$$H = 5 + 10 \quad \text{Espesor real } H = 15 \text{ cm}$$

Ahora se revisará que el peso real de la cimentación no exceda al peso supuesto al inicio de los cálculos.

Material	Espesor (m)	Ancho (m)	Peso vol (ton/m <sup>3</sup> )	Peso total (ton/m <sup>2</sup> )
Plantilla	0.05	0.00	2.2	0.000
Losa	0.15	0.00	2.0	0.022
Muro	0.00	0.20	1.5	0.170
Relleno	0.00	0.30	1.25	0.100

$$\text{Suma} = 0.6396 \text{ Ton/m}^2$$

Peso supuesto de la cimentación  $0.74 \text{ Ton/m}^2 > 0.64 \text{ Ton/m}^2$

Entonces las dimensiones son aceptables.

## 6. Diseño de la losa de la zapata por flexión

En el sentido transversal se calculará el acero requerido por flexión y en el sentido longitudinal se colocará el acero mínimo por temperatura.

$$M_u = \frac{q_{mu} \left( \lambda + \frac{b}{2} \right)^2}{2}$$

Sustituyendo

$$M_u = \frac{17.300 \left( 0.13 + \frac{0.20}{2} \right)^2}{2} \quad M_u = 0.3138 \text{ Ton-m}$$

El porcentaje de acero es:

$$\rho = \frac{f_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{F_R b d^2 f_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{13}{200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(3135)}{0.00(100)(10)^2 (13)}} \right] = 0.000$$

Recordemos que para un concreto de  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	CANTIDAD DE ACERO		
	$\rho_{min}$	$\rho_{bal}$	$\rho_{max}$
200	<b>0.00236</b>	<b>0.01619</b>	<b>0.01214</b>
250	0.002	0.0202	0.0151
300	0.002	0.022	0.0121

$\rho_{min} = 0.00236$  es mayor al  $\rho$  calculado

Entonces se utilizará  $\rho = 0.00236$

$A_s = \rho b d$  entonces:  $A_s = (0.00236) (100) (10) = 2.36 \text{ cm}^2$

Comparando con el acero mínimo por temperatura para un metro de ancho:

$$A_{st} = \left( \frac{0.0001 \cdot x}{f_y (x_1 + 100)} \right) 100 \qquad A_{st} = \left( \frac{0.0001 \cdot 10}{0.00200(10 + 100)} \right) 100 \qquad A_{st} = 1.43 \text{ cm}^2$$

Como se trata de un elemento que está en contacto con el terreno natural el  $A_{st}$  se incrementa un 50 %.

$$A_{st} = 1.50 (1.43) = 2.145 \text{ cm}^2$$

$A_s = 2.36 > A_{st} = 2.145 \text{ cm}^2$ , por lo tanto se diseña con el acero calculado.

$$A_s = 2.36 \text{ cm}^2$$

Usando varillas del #3 tenemos que  $a_o = 0.71 \text{ cm}^2$

La separación será:

$$S = \frac{100 \cdot (0.71)}{2.3} \quad S = 30.08 \text{ cm}$$

y recordemos que la separación máxima es  $50 \text{ cm}$  ó  $3.5(10) = 35 \text{ cm}$

y la separación mínima es de  $6 \text{ cm}$

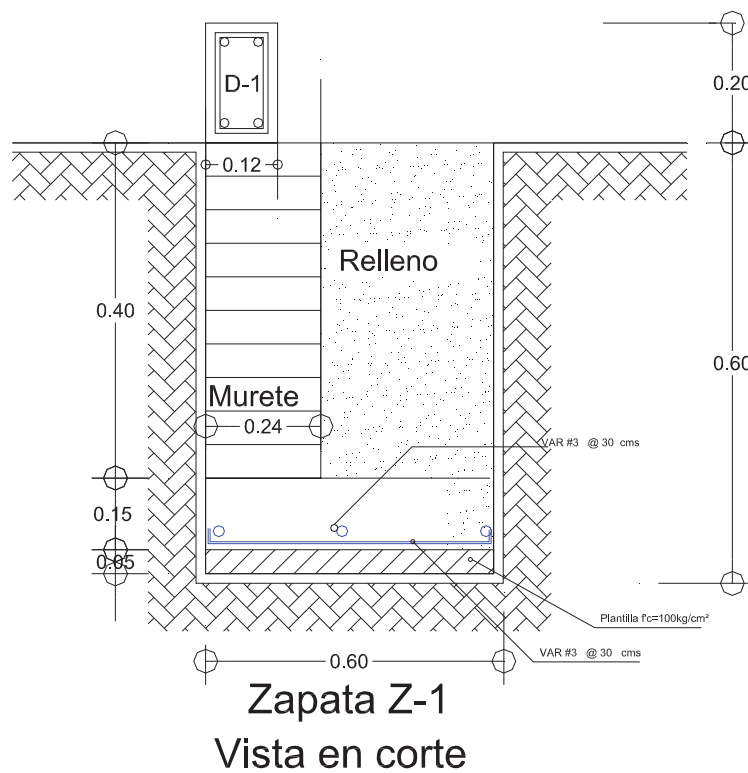
Entonces: **Se colocarán varillas del # 3 @ 30 cm c.a.c. en el sentido transversal**

En el sentido longitudinal se colocará acero solamente por temperatura

$$A_{st} = 2.145 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 \cdot (0.71)}{2.15} \quad S = 33.10 \text{ cm} \quad \text{Se utilizará } S = 30 \text{ cm para estandarizar.}$$

**En el sentido longitudinal se colocarán varillas del # 3 @ 30 cm c.a.c.**



## V. 2. Diseño de zapatas de centro (Z-2)

La descarga más desfavorable en peso / Longitud es en el muro P es un muro de centro y la descarga es: 7.50 Ton / m

### 1. Descarga total de la cimentación

$$B = 1.25 \left( \frac{7.50}{15} \right) = 0.625 \text{ m}$$

Optamos por  $B = 0.65 \text{ m}$

El peso aproximado de la cimentación es

$$W_s = \left( \frac{2.0 + 1.7}{2} \right) 0.65(1.0)0.20 = 0.70 \text{ Ton / m}$$

La descarga total

$$P_T = 7.50 + 0.70 = 8.20 \text{ Ton/m}$$

### 2. Dimensionamiento de la zapata

$$A_z = \frac{30}{15} = 0.55 \text{ m}^2 \qquad B = \frac{0.55}{1.0} = 0.55 \text{ m}$$

Optaremos por un ancho  $B = 0.60 \text{ m}$

### 3. Presión de contacto de la zapata

Antes de revisar si con las dimensiones calculadas no se sobrepasa la capacidad de carga del terreno.

$$q = \frac{P_T}{BL}$$

$$q = (8.20)/(0.60)(1) = 13.6667 \text{ Ton/m}^2 < q_r = 15 \text{ ton/m}^2$$

La capacidad de carga del terreno es mayor al esfuerzo actuante en la base de la zapata con las dimensiones calculadas.



#### 4. Presión neta última

$$q_n = (7.50 / (0.60 * 1)) = 12.50 \text{ Ton /m}^2$$

□ la presión neta última es:

$$q_{nu} = (1.40) (12.50) = 17.50 \text{ Ton/m}^2$$

#### 5. Diseño de la losa de la zapata por cortante

Para el diseño por cortante:

$\lambda$  = vuelo de la zapata.

$$\lambda = (0.40 - 0.20) / 2 = 0.10 \text{ m}$$

$$v_{cr} = 0.50(0.40)\sqrt{100} = 5.05 \text{ kg / cm}^2$$

$$d = \frac{17.50 * 0.10}{50.50 + 17.50} = 0.02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

Sin embargo el  $d_{min} = 10 \text{ cm}$  entonces optamos por  $d = 10 \text{ cm}$

□ el espesor real de la zapata es  $H = rec + d$

□ entonces  $H = 5 + 10$  □ espesor real  $H = 15 \text{ cm}$

□ ahora se revisa si el peso real de la cimentación no excede al peso supuesto al inicio de los cálculos.

Material	Espesor (m)	Ancho (m)	Peso vol ( ton/m <sup>3</sup> )	Peso total (ton/m <sup>2</sup> )
Plantilla	0.05	0.4	2.2	0.44
Losa	0.15	0.4	2.4	0.36
Muro	0.4	0.2	1.5	0.12
Relleno	0.4	0.3	1.25	0.15

Suma = 0.639 Ton/m<sup>2</sup>

Peso supuesto de la cimentación  $0.799 \text{ Ton/m}^2 > 0.639 \text{ Ton/m}^2$

Las dimensiones son adecuadas

### 6. Diseño de la losa de la zapata por flexión

$$M_U = \frac{17.50 \left( 0.20 + \frac{0.12}{2} \right)^2}{2} = 0.37 \text{ Ton} \cdot m$$

$$\rho = \frac{13}{200} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(0.37)}{0.00(100)(10)^2(13)}} \right] = 0.0017$$

$$\rho_{min} = 0.00236 \qquad \rho_{max} = 0.01214$$

El  $\rho_{calc}$  es menor al mínimo, por lo tanto se usará la cantidad de acero mínimo.

Entonces:

$$\rho = 0.00236$$

$$\text{Entonces: } A_s = (0.00236)(100)(10) = 2.36 \text{ cm}^2$$

Al compararlo con el acero mínimo por temperatura para un metro de ancho tenemos que:

$$A_{st} = 1.50 (1.43) = 2.145 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2.36 > A_{st} = 2.145 \text{ cm}^2, \text{ por lo tanto se diseña con el acero mínimo}$$

$$A_s = 2.36 \text{ cm}^2$$

Si utilizamos varillas del #3 tenemos que  $a_o = 0.71 \text{ cm}^2$

$$S = \frac{100 \cdot (0.71)}{2.3} = 30.0 \text{ cm} \qquad \text{Tomamos } 30.0 \text{ cm}$$

La separación máxima es  $50 \text{ cm}$  ó  $3.5 (10) = 35 \text{ cm}$

La separación mínima es de  $6 \text{ cm}$ .  $6 \text{ cm} < 30 \text{ cm} < 35 \text{ cm}$

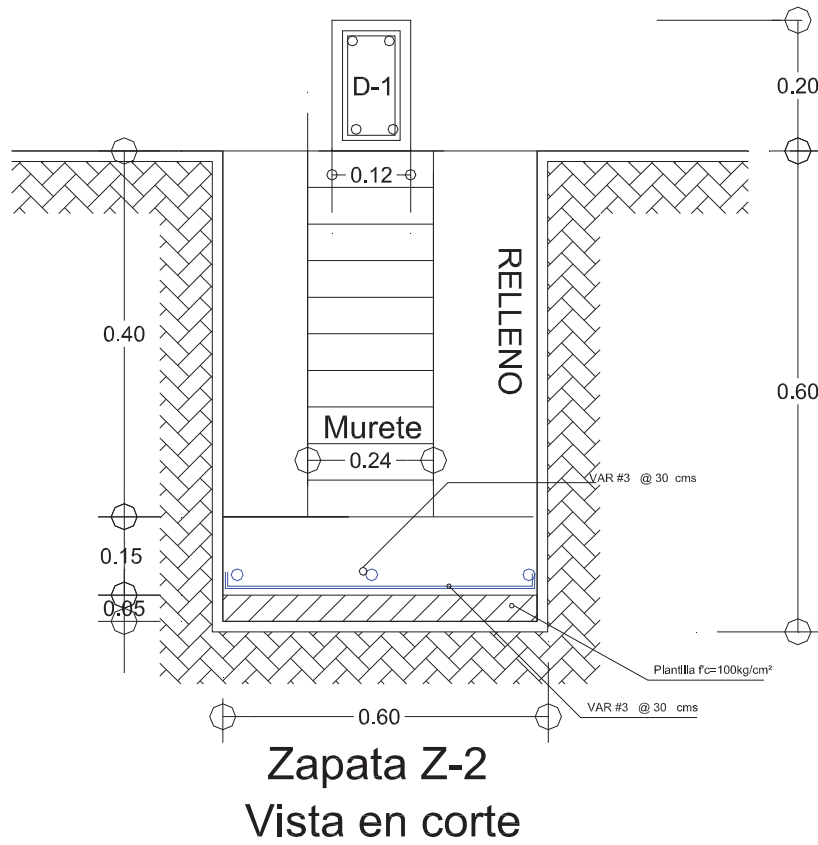
Entonces: **Se colocarán varillas del # 3 @ 30cm c.a.c. en el sentido transversal**

En el sentido longitudinal se colocarán acero solamente por temperatura

$$A_{st} = 2.145 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 \cdot (0.71)}{2.1 \cdot 5} = 33.10 \text{ cm} \quad \square \text{ptamos por } S = 30 \text{ cm}$$

En el sentido longitudinal se colocarán varillas del #3 @ 30 cm c.a.c.

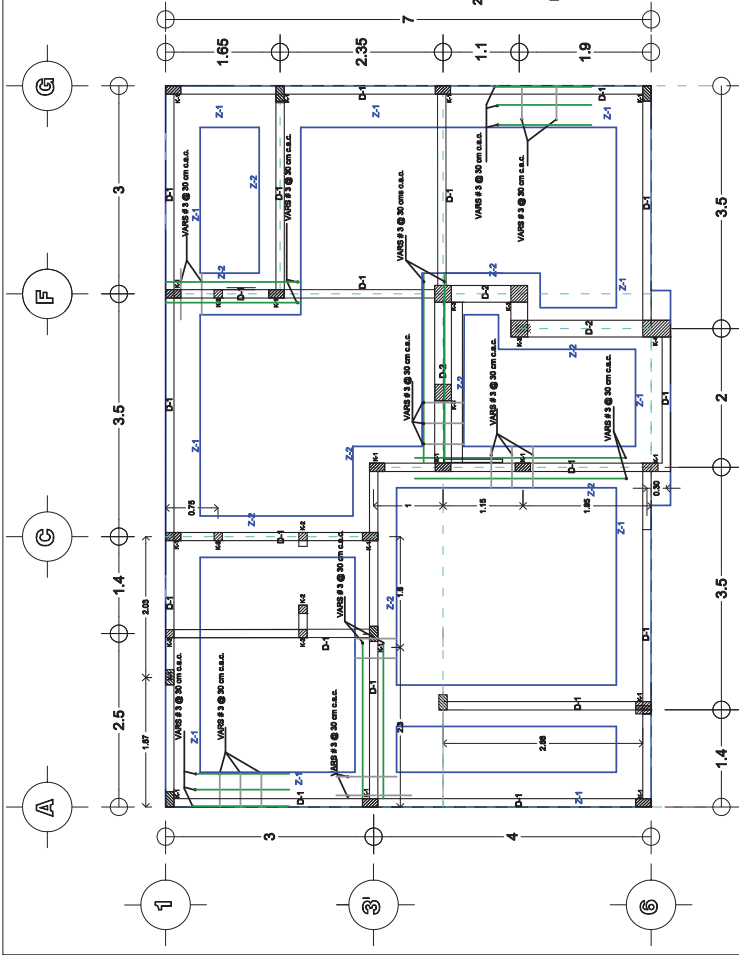


# CAPÍTULO VI

## Planos estructurales

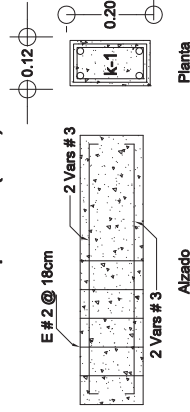
Hasta este momento se cuenta con todo lo necesario para la elaboración de los planos estructurales los cuales se realizaron de la siguiente manera:

- Plano Losas. Comprende el detallado de armado para la losa de azotea y la losa de entrepiso del proyecto.
- Plano Trabes. Consta del detallado y armado de cada una de las trabes en entrepiso y azotea.
- Plano Cimentación. Contiene el detallado y armado de la cimentación del proyecto.

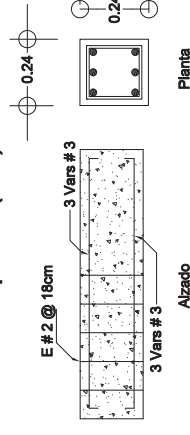


**PLANTA DE CIMENTACION**  
Armado de la cimentación

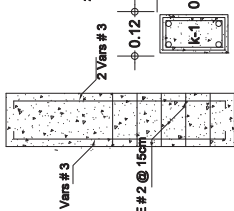
**Detalle de Dala de desplante**  
**Dala de desplante (D-1)**



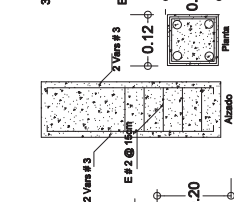
**Dala de desplante (D-2)**



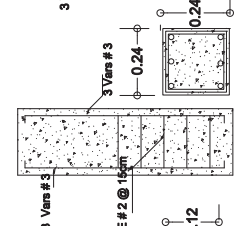
**Detalle de castillos**



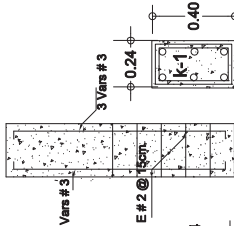
**Castillos (K-1)**



**(K-2)**



**(K-3)**



**(K-4)**

Número	#	R(cm)	l (cm)	l <sub>0</sub> (cm)
1	1/4"	1.2	20	9
2	3/8"	1.9	30	14
3	1/2"	2.5	40	19
4	5/8"	3.2	50	24
5	3/4"	3.8	60	29
6	1"	4.8	80	38

**SIMBOLOGIA**

- CASTILLOS
- DALA DESPLANTE
- ZAPATA CORRIDA DE LINDERO
- ZAPATA CORRIDA DE CENTRO

**NOTAS**

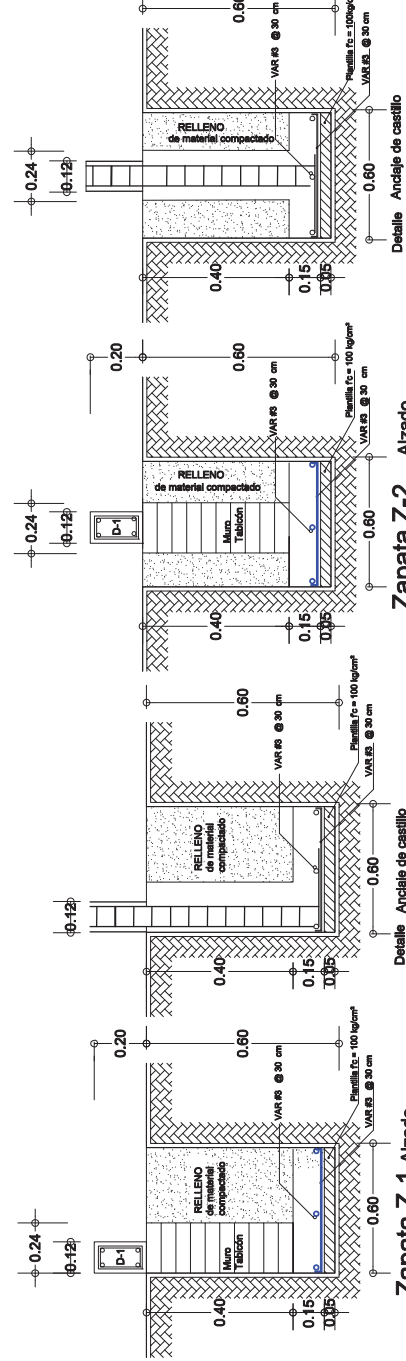
- La ubicación de muros, puertas, ventanas esta en el plano arquitectónico
- Se deberá colocar una dala en todo extremo horizontal del muro y en huecos

**ACOTACIONES:**

- En metros (m)
- Las cotas rigen al dibujo.

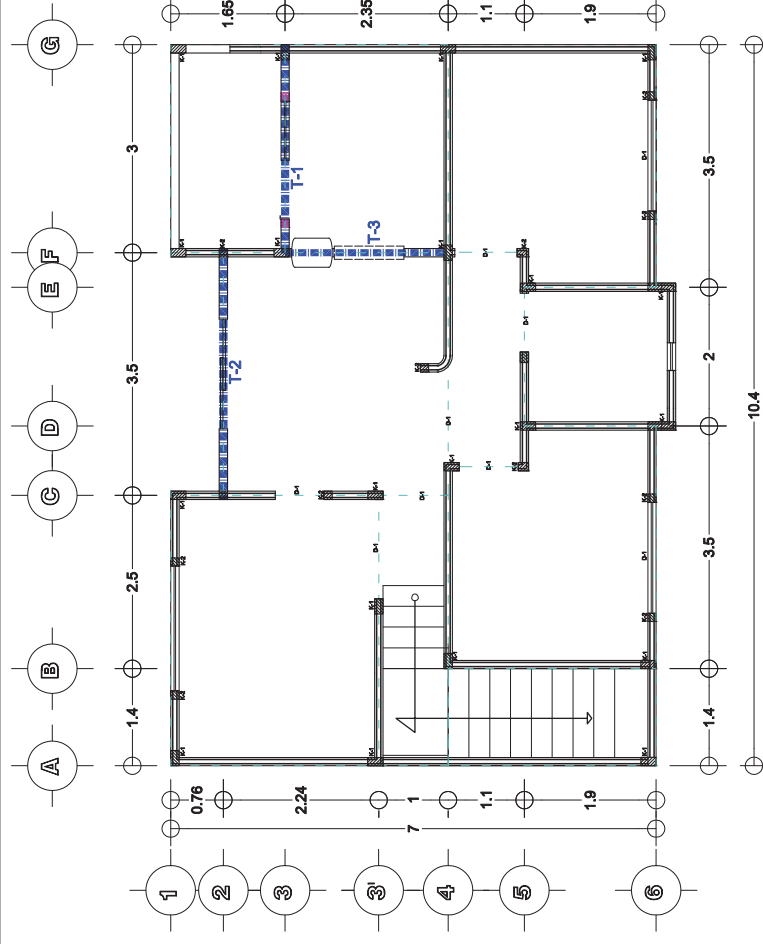
**MATERIALES:**

- Se usará concreto con resistencia  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo en castillos y dalas.
- Se usará concreto con resistencia  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  en zapatas.
- El concreto se fabricará con un revestimiento de 12cm  $\pm$  2 cm.
- El tamaño máximo de agregados gruesos de la mezcla de concreto será de 3/4"
- Para el refuerzo de los elementos de concreto se utilizará acero con  $f_y = 42000 \text{ kg/cm}^2$
- Se tendrá cuidado de no traspasar mas del 50% del acero de refuerzo en la sección.
- Todas las barras llevarán dobles y donde requieren traspases deberán realizarse de acuerdo a la indicación en la tabla de detalles.
- Se colocará una planilla de concreto de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 5 cm de espesor
- Se usará revestimientos de 5 cm como mínimo para el refuerzo principal de los elementos de concreto en la cimentación.
- El refuerzo principal de los castillos deberá anclarse hasta el nivel de la zapata.
- El relleno será con material producto de excavación, compactado en capas de 20 cm, con pisón de mano.



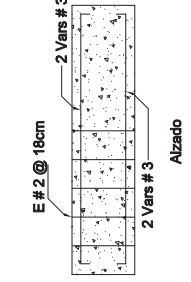
PROYECTO: P.L.C. INGENIERO SANCHEZ MARRIN	PLANO: Estructural	PROPIETARIO: Sr. Marcelo Hernández Y	ESCALA: ACOTACIONES METROS 1:75	TOTALIZACION: Módulo de Cimentación de una vivienda	E-01
--	-----------------------	---	--	---	------



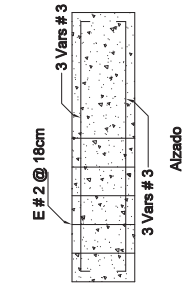


### Detalle de Dalas

Dala (D-1)

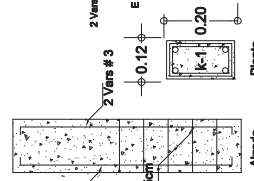


Dala (D-2)

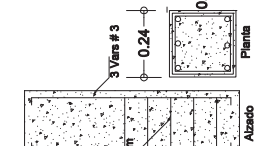


### Detalle de castillos

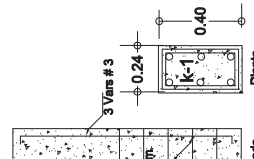
Castillos (K-1)



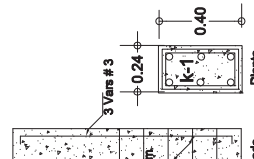
Castillos (K-2)



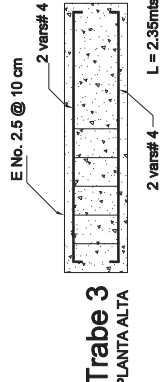
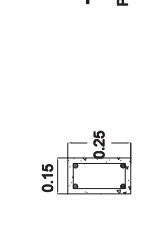
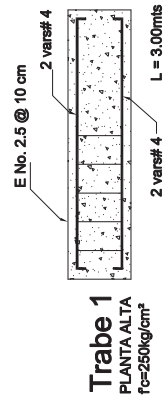
Castillos (K-3)



Castillos (K-4)



## Trabes de Planta Alta



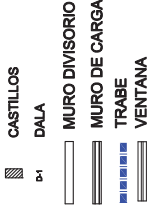
Trabe 1  
PLANTA ALTA  
f<sub>c</sub>=250kg/cm<sup>2</sup>

Trabe 2  
PLANTA ALTA

Trabe 3  
PLANTA ALTA

Número	#	R(cm)	l (cm)	12x12(cm)
1	1/4"	1.2	20	9
2	3/8"	1.5	25	12
3	1/2"	2.0	30	15
4	5/8"	2.5	40	18
5	3/4"	3.0	50	21
6	1"	3.5	60	24

### SIMBOLOGIA



### NOTAS

- La ubicación de muros, puertas, ventanas esta en el plano arquitectónico
- Se deberá colocar una dala en todo extremo horizontal del muro y en huecos de muro.

### ACOTACIONES:

- En metros (m)
- Las cotas rigen al dibujo.

### MATERIALES:

- Se usará concreto con resistencia f<sub>c</sub>=150 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo en castillos y dalas.
- Se usará concreto con resistencia f<sub>c</sub>=250kg/cm<sup>2</sup> como mínimo en losas, trabes
- El concreto se fabricará con un revenimiento de 12cm ± 2 cm.
- El tamaño máximo de agregados grueso de la mezcla de concreto será de 3/4"
- Para el refuerzo de los elementos de concreto se utilizara acero con f<sub>y</sub>=4200 kg/cm<sup>2</sup>
- Se tendrá cuidado de no trasladar mas del 50% del acero de refuerzo en la sección.
- Todas las barras llevarán dobles y donde requiera traslapes deberán realizarse de acuerdo a la indicación en la tabla de detalles.

PROYECTO: P.L.C. ENRIQUE SANCHEZ MARRIN	PLANO: Estructural Trabes Planta Alta	PROPIETARIO: Sr. Marcelo Hernández Y	ESCALA: ACOTACIONES METROS 1:75	LOCALIZACIÓN: MARRIN DE GUAYAMA C.R. MARICÓ	E-03
--	---	---	--	---	------





### NOTAS

- La ubicación de muros, puertas, ventanas esta en el plano arquitectónico
- Se deberá colocar una dala en todo extremo horizontal del muro y en huecos de muro.

### ACOTACIONES:

- En metros (m)
- Las cotas rigen al dibujo.

### MATERIALES:

- Se usará concreto con resistencia  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo en castillos y dala.
- Se usará concreto con resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo en losas, trabe.
- El concreto se fabricará con un revenimiento de  $12 \text{ cm} + 2 \text{ cm}$ .
- Para el refuerzo de los elementos de concreto se utilizara acero con  $f_y=4200 \text{ kg/cm}$
- Se tendrá cuidado de no traspasar mas del 50% del acero de refuerzo en la sección.
- Todas las barras llevarán dobleces y donde requiera traslapes deberán realizarse de acuerdo a la indicación en la tabla de detalles.

Tabla de detalles para Dobleses y Traslapes	
Número	R (cm) 1 (cm) 125(k/cm)
1	1/4"
2	3/8"
3	1/2"
4	3/4"
5	1"

### SIMBOLOGIA

- CASTILLOS
- DALA
- MURO DIVISORIO
- MURO DE CARGA
- TRABE
- VENTANA

PROYECTO: P.L.C. ENRIQUE SANCHEZ MARRIN

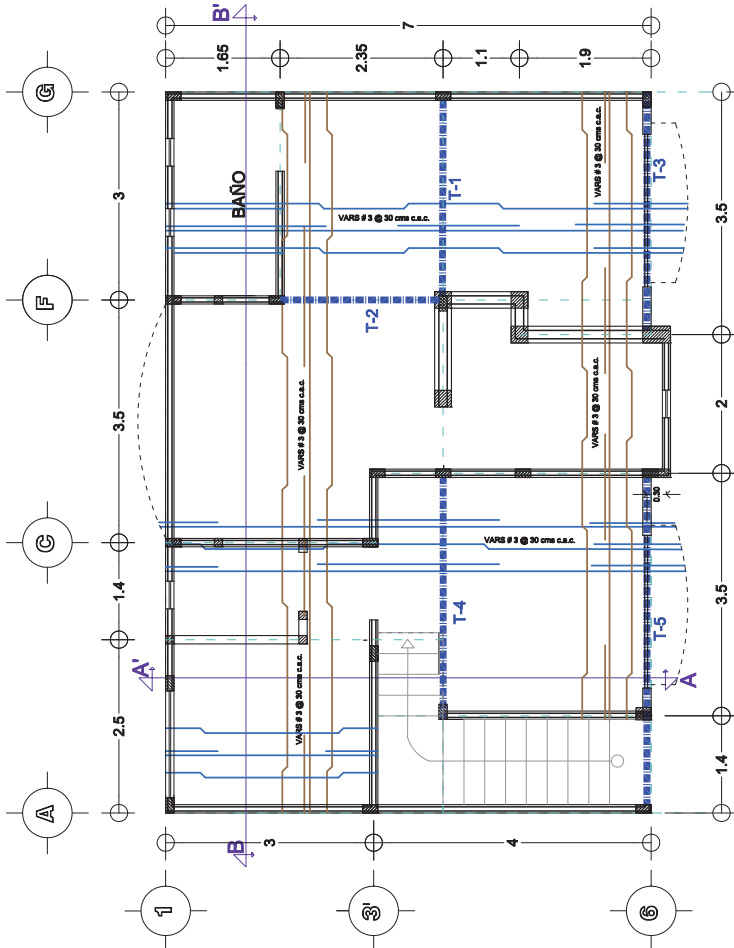
PLANO: Estructural  
Armado de Losa de Entrepiso

PROPIETARIO: Sr. Mestizo Hernández Y

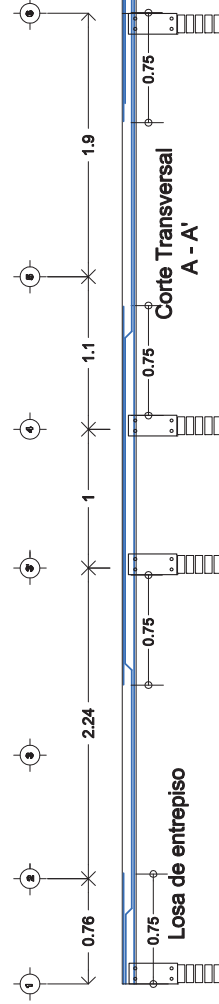
ESCALA: ACOTACIONES METROS 1:75

LOCALIZACION: CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

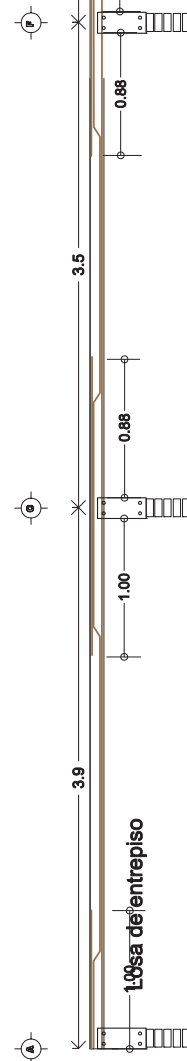
**E-05**



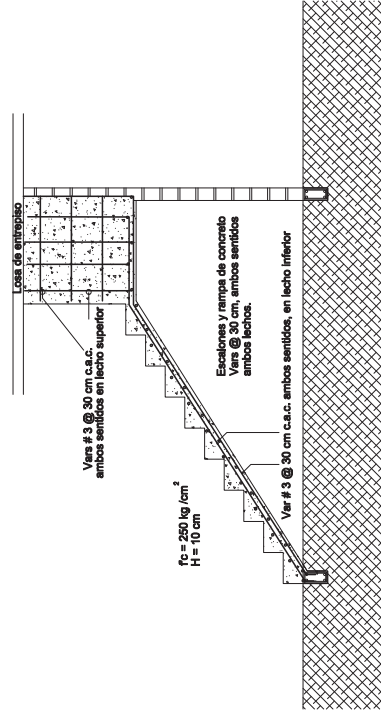
### Losa de Entrepiso



### Losa de entrepiso



### Detalle de escalera



# CONCLUSIONES



# GLOSARIO

$A_{st}$	Área mínima de refuerzo longitudinal de secciones rectangulares, $cm^2$ .
$A_s$	Área de refuerzo longitudinal en tensión en acero de elementos a flexión.
$A_{sc}$	Área de acero de estribos, $cm^2$
$A_{EQ}$	Área equivalente para la revisión de muros de mampostería.
$a_1$	Claro corto del tablero de una losa, $cm$ ( $m$ ).
$a_2$	Claro Largo del tablero de una losa, $cm$ ( $m$ ).
$B, b$	Ancho del miembro en estudio, $cm$ ( $m$ ).
$C_s$	Coefficiente sísmico.
$d$	Peralte efectivo en dirección a la flexión, ó distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra extrema a compresión, $cm$ ( $mm$ ).
$d_{min}$	Peralte mínimo de la losa de acuerdo a la sección 6.3.3.5 de NTC.
$\delta$	Deflexión del elemento en estudio, $cm$ .
$D_f$	Profundidad de desplante de la cimentación.
$E$	Modulo de elasticidad.
$F_{AE}$	Factor de área efectiva de los muros de carga.
$F_E$	Factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez.
$F_R$	Factor de resistencia.
$f'_c$	Resistencia especificada del concreto a compresión, $kg/cm^2$ .
$f_c^*$	Resistencia nominal del concreto a compresión, $kg/cm^2$ .
$F^*m$ total.	Resistencia de diseño a compresión de la mampostería, referida al área total.
$f_s$	Esfuerzo del acero en condiciones de servicio, $kg/cm^2$ .
$f_y$	Esfuerzo especificado en fluencia del acero de refuerzo, $kg/cm^2$ .
$H$	Altura efectiva de un miembro en estudio, $cm$ ( $m$ ó $mm$ ).
$I$	Momento de inercia de la sección en estudio, $cm^4$ .



# BIBLIOGRAFÍA



- NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO FEDERAL. Gaceta oficial del Distrito Federal.
- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN. Colegio de Ingenieros Civiles de Michoacán A.C.
- MANUAL DE PUNTO DEL CURSO DISEÑO ESTRUCTURAL DE CASA HABITACIÓN. M.I Alma Rosa Sánchez, et al.
- DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS. Bañán y Meli. Editorial Limusa. México 2001.
- LOS MODOS DE VIBRACIONES. Javier Fonseca Editorial Pa México 2002.
- Software de apoyo. “Amel Soft. Cálculo de estructuras. “ Ing. José Luis Estevez, 2002.