

3) Cálculo del Factor de Vulnerabilidad.

$$\text{Factor de Vulnerabilidad} = F_{PE} + F_{DE}$$

$$\text{- En dirección x : F. Vulnerabilidad} = 2550 + 2300$$

$$\underline{\underline{4850.00}}$$

$$\text{- En dirección y : F. Vulnerabilidad} = 2800 + 2300$$

$$\underline{\underline{5100.00}}$$

4) Cálculo de Factor de Peligrosidad y efectos de sitio.

La determinación de la peligrosidad y efectos de sitio, requiere del cálculo siguiente:

a) **Factor de peligrosidad, F_{PEL} .**

Considerando la ubicación del edificio en estudio, la figura 4.1 y la tabla 4.2, el valor para F_{PEL} es de:

$$F_{PEL} = 0.9$$

b) **Factor de efectos de sitio, F_{ST} .**

El suelo encontrado en los alrededores de este edificio se clasifica como arena limosa, y según la tabla 4.3 se tiene que :

$$F_{ST} = 0.9$$

c) **Factor de potencial de licuefacción, F_{LI} .**

Considerando los estudios de suelo, la figura B.1 del B, y la tabla 4.4 :

$$F_{LI} = 1.0$$

Una vez determinados los factores anteriores, es posible obtener el valor de F_{SS} :

$$F_{PELST} = 0.81$$

5) Nivel de Riesgo Sísmico.

De acuerdo a las tablas 4.61 y 4.63:

- Nivel de vulnerabilidad: MEDIANO

- Nivel de peligrosidad y efectos de sitio: BAJO

De la figura 4.2 se establece:

- Nivel de riesgo sísmico: **BAJO RIESGO**

**IV) Estructura Tipo IV: Edificios de marcos de concreto reforzado.
Hospital Santa Teresa, Zacatecoluca, La Paz.**

1) Factor de Evaluación Preliminar, F_{PE} .

a) Factor del estado actual del edificio, F_{PS} .

a.1) Factor de grietas, F_1 .

En el Hospital Santa Teresa, se observaron diferentes tipos de grietas, de las cuales se presenta un esquema a continuación:

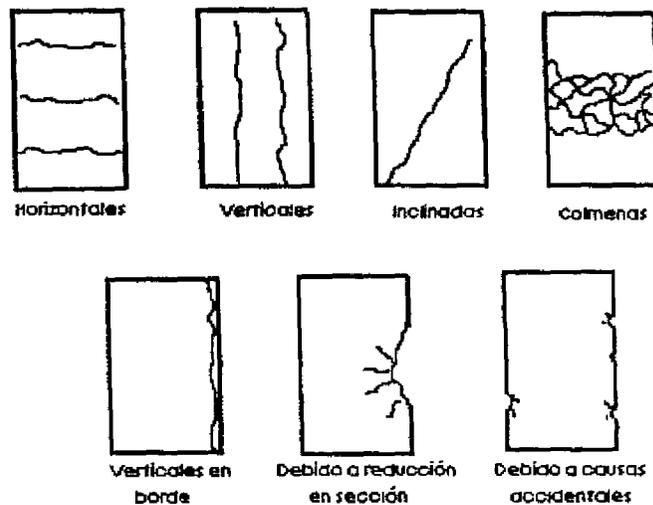


Fig. 6.1 Tipos de grietas observadas en Hospital Santa Teresa.

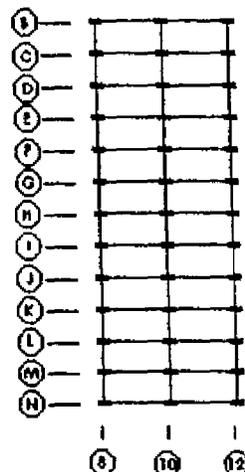


Fig. 6.2 Distribución en planta de columnas de los edificios de cinco niveles del Hospital Santa Teresa.(Edificios B y C).

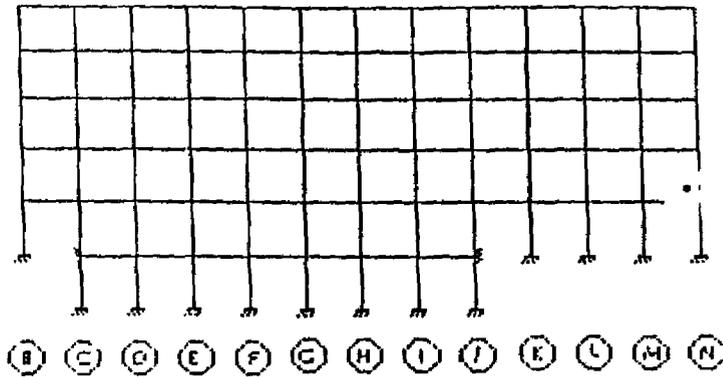


Fig. 6.3 Distribución en elevación de los edificios de cinco niveles del Hospital Santa Teresa.(Edificios B y C).

- Número de columnas que contiene el edificio, en sus diferentes pisos y su clasificación según su tipo de grieta:

NIVEL	I	II	III	N.A.	TOTAL
Sotano	0	18	0	6	24
Planta Baja	0	17	2	23	42
1a. planta	0	2	0	37	39
2a. planta	0	1	0	38	39
3a. planta	0	0	0	39	39
4a. planta	0	13	3	23	39
					222

Tabla 6.8 Clasificación de columnas según nivel. Edificio B

I	II	III	NA
0	51	5	166

Tabla 6.9 Resumen de columnas, clasificadas de acuerdo al tipo de grieta que presentan. Edificio B.

NIVEL	I	II	III	N.A.	TOTAL
Sotano	0	0	0	14	14
Planta Baja	0	0	0	24	24
1a. planta	0	0	0	24	24
2a. planta	0	0	0	24	24
3a. planta	0	0	0	24	24
4a. planta	0	0	4	20	24
					134

Tabla 6.11 Clasificación de losas según nivel. Edificio B.

En el caso de las losas, no existe elemento agrietados, por lo tanto no es necesario el cálculo de F_{CORR} , de la tabla 4.12 se asigna a todas un valor de 100, así:

$$\underline{F_{losas} = 50}$$

Paredes que contiene el edificio son de relleno y ninguna de ellas se encuentra agrietada.

Por lo tanto no es necesario el cálculo de F_{CORR} , de la tabla 4.12 se asigna a todas un valor de 100, así:

$$\underline{F_{paredes} = 150}$$

Una vez determinado el valor de F_R y F_{CORR} para cada uno de los elementos se puede obtener el factor de grietas para el edificio:

$$F_1 = 290.93 + 100 + 50 + 150$$

$$\boxed{F_1 = 590.93}$$

a.2) Factor de mantenimiento, F_2

Para calcular el factor F_2 , se determina valor de F_G , el cual depende del valor obtenido para F_1 , y utilizando la tabla 4.13, se tiene:

$$F_G = 200$$

Posteriormente se calcula $F_{GT} = F_1 + F_G$

$$F_{GT} = 590.93 + 200 = 790.93$$

Con este valor y utilizando la tabla 4.14, donde se considera que el mantenimiento proporcionado al edificio ha sido intermitente, se tiene un valor para F_2 :

$$F_2 = 150$$

a.3) Factor de edad del edificio, F_3

Considerando que el edificio fue terminado en el año de 1972; tomando en cuenta la importancia de la estructura para la cual generalmente podría atribuirse una edad útil de 100 años y que no obstante se procederá de manera un tanto conservadora asignando una 75 años, el valor de F_3 viene dado por la siguiente relación:

Edad : 24 años.

Vida útil: 75 años.

$$\begin{aligned} (\text{Edad} / \text{vida útil}) \times 100 &= (24/75) \times 100 \\ &= 32\% \end{aligned}$$

Utilizando tabla 4.15:

$$F_3 = 250$$

a.4) Factor de exposiciones sísmicas, F_4 .

A lo largo de su vida útil, esta estructura se ha visto expuesta a eventos con magnitudes menores a V en escala de MM⁴², por lo tanto, según la tabla 4.16, este factor tiene el valor de:

$$F_4 = 150$$

El factor de estado actual del edificio, F_{PS} es igual a la sumatoria de los anteriores:

⁴² Actividad Sísmica en zona América Central.

Para el cálculo de F_{corr} (Ver tablas 4.8 y 4.12) se tiene:

$$((51 \times 150) + (5 \times 200) + (166 \times 350)) / 222 = 300.67$$

Utilizando la figura C-11, $F_{corr} = 0.75$

F_1 para las columnas se calcula así:

$$(51 \times 150 \times 0.75) + (5 \times 200 \times 0.75) + (166 \times 350) = 64587.50 / 222 = 290.93$$

$$\underline{F_{columnas} = 290.93}$$

Número de vigas que contiene el edificio, en sus diferentes pisos y su clasificación según su tipo de grieta:

NIVEL	I	II	III	N.A.	TOTAL
Sotano	0	0	0	37	37
Planta Baja	0	0	0	62	62
1a. planta	0	0	0	62	62
2a. planta	0	0	0	62	62
3a. planta	0	0	0	62	62
4a. planta	0	0	0	62	62
					347

Tabla 6.10 Clasificación de vigas según nivel según el tipo de grieta. Edificio B.

En el caso de las vigas, no existe elemento agrietados, por lo tanto no es necesario el cálculo de F_{CORR} . de la tabla 4.12 se asigna a todas un valor de 100, así:

$$\underline{F_{vigas} = 100}$$

Número de losas que contiene el edificio, en sus diferentes pisos y su clasificación según su tipo de grieta:

$$F_{PS} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

Para las direcciones x e y:

$$F_{PS} = 1140.93$$

b) Factor de configuración de elementos, F_E .

En este edificio se presentaron diferentes tipos de secciones transversales para vigas y para columnas, las cuales se presentan a continuación:

Secciones típicas de columnas en edificio B:

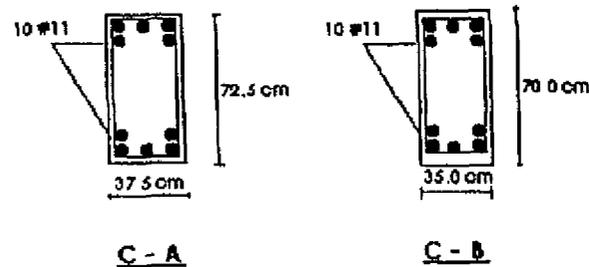
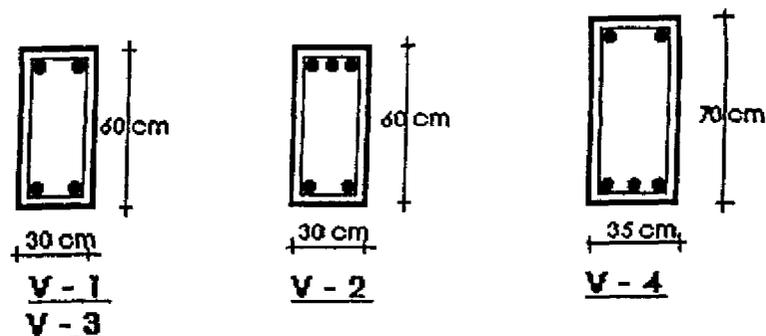


Fig. 6.4 Secciones típicas de columnas en edificio B

Secciones típicas de vigas en edificio B:



Refuerzo: Varillas No. 8 Estribos 3/8 a cada 0.20m

Fig. 6.5 Secciones típicas de vigas edificio B.

Las columnas C-1 se encuentran en la mayoría de los ejes de los edificios, a excepción de los ejes I-10 y J-10, donde están ubicadas las tipo C-2. En cuanto a las vigas, en los ejes principales 6, 8 y 10 se encuentran las vigas V-1, V-2 y V-3 respectivamente, utilizando la viga tipo V-4 en los ejes del B a N.

b.1) Factor de dimensiones de la sección, F_5 .

Considerando las secciones expuestas con anterioridad, y la tabla 4.20, el valor de F_D se tiene:

$$\text{Dimensión columna} \geq 30.00 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensión viga} \geq 25.00 \text{ cm}$$

de aquí, que a todos se asigna un valor de 100, obteniendo un promedio = 100.

$$F_D = 100$$

No se aplica la figura C-15 del anexo C, porque todos los elementos cumplen la condición propuesta.

$F_5 = 100$

b.2) Factor de esbeltez, F_6 .

En este caso, la altura de columnas es de 3.80m y se considera - por simplificación- que su inercia agrietada es 0.6 veces la inercia de la sección de concreto, $I_{agr} = 0.6 I_c$.

	unidades	C - A	C - B
A	cm ²	2,718.75	2,450.00
I _x	cm ⁴	250,104.17	1,190,869.14
I _y	cm ⁴	1,000,416.67	318,603.52
I _{agr x}	cm ⁴	150,062.50	714,521.48
I _{agr y}	cm ⁴	600,250.00	191,162.11
r _x	cm	7.43	17.08
r _y	cm	14.86	8.83
h/r _x ²	-	51.14	22.25
h/r _y ²	-	25.57	31.71

Tabla 6.12 Valores de inercia, radio de giro y relación h/r para las columnas del edificio B.

Según tabla 4.24, todas las columnas tienen una relación menor que 50, por lo tanto, el factor F_5 es:

$$\underline{F_{5x} = 175}$$

$$\underline{F_{5y} = 175}$$

Además, en ambos sentidos las columnas tienen el mismo valor por lo que $F_5 = 175$ y el factor de corrección de acuerdo a la figura C-16 es igual a 1.00.

$$F_{6x} = 175$$

$$F_{6y} = 175$$

b.3) Factor de distribución de rigidez, F_7 .

Se consideran los cambios de rigidez en los elementos en las direcciones x e y, para este caso se observa que en todos los ejes se mantiene la misma sección, ubicados tal como se expuso en el literal b). Por tal motivo el factor F_7 alcanza su valor máximo para todos los casos por tener un porcentaje nulo de cambio de rigidez. De tabla 4.26:

$$F_{7x} = 125$$

$$F_{7y} = 125$$

b.4) Factor de capacidad viga-columna, F_8 .

El cálculo de este factor se hace considerando el momento plástico de las vigas y columnas que concurren a un nudo, de tal forma que se determina la relación entre sumatoria de los momentos en las columnas entre la sumatoria de momentos en las vigas. Los momentos de los elementos se determinan con su capacidad última a flexión.

De los detalles del refuerzo y de las propiedades de las secciones de vigas y columnas se han obtenido los siguientes momentos :

<u>CUARTO NIVEL</u>		
VIGA	SECCION	MOMENTO
V - 1	1 - 1	10.84
	2 - 2	9.21
V - 2	5 - 5	12.71
	6 - 6	8.72
V - 3	3 - 3	10.84
	4 - 4	9.21
V - 4	7 - 7	20.11
	9 - 9	34.45

Tabla 6.13 Momentos en vigas de cuarto nivel.

<u>PLANTA BAJA</u> <u>3er., 2do y 1er</u> <u>NIVEL</u>		
VIGA	SECCION	MOMENTO
V - 1	6 - 6	8.72
	7 - 7	8.73
V - 2	4 - 4	8.73
	5 - 5	8.73
V - 3	1 - 1	8.73
	2 - 2	12.71
	3 - 3	8.73
V - 4	8 - 8	15.30
	9 - 9	16.33

Tabla 6.14 Momentos en vigas de planta baja, 1er. , 2do y 3er. nivel.

Momentos en columnas :

$$C (Z-3, Z-5, Z-5A, Z-6) = 45.4 \text{ Ton-m}$$

$$C (Z-7) = 43.4 \text{ Ton-m}$$

Tomando en cuenta la figura 6.2:

i) Eje 8 (Dir y).

Para cuarto nivel los nudos típicos son :

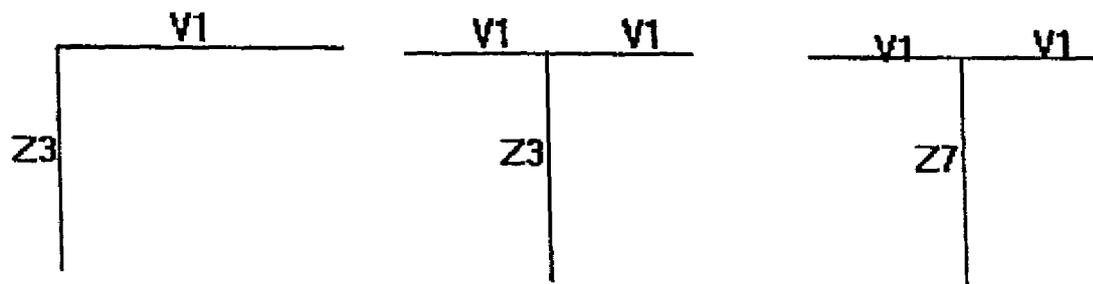


Figura 6.6 Nudos típicos cuarto nivel.

ΣM_{col}	45.4 t-m	ΣM_{col}	45.4 t-m	ΣM_{col}	43.36 t-m
ΣM_{vigas}	10.84 t-m	ΣM	2(9.21) t-m	ΣM	2(9.21) t-m
$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	4.19	$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	2.46	$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	2.35

Para 3^{ro}, 2^{do}, 1^{ero}, y Planta Baja, los nudos típicos son :

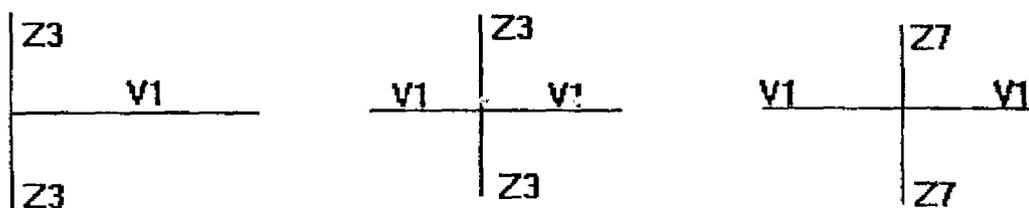


Figura 6.7 Nudos típicos 3ro, 2do, 1ero y planta baja.

ΣM_{col}	2(45.45)T-m	ΣM_{col}	2(45.45)T-m	ΣM_{col}	2(43.36)T-m
ΣM_{vigas}	8.72 T-m	ΣM	2(8.72)T-m	ΣM	2(8.72)T-m
$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	10.42	$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	5.21	$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	4.95

En el eje 8 todas las columnas tienen una relación de $\Sigma M_c / \Sigma M_v > 1.25$ (tabla 4.27), por tanto el factor de corrección:

NIVEL	F_{PROM}	F_{CORR}
4 to.	200	1.0
3 er.	200	1.0
2 do.	200	1.0
1 er.	200	1.0
Planta baja	200	1.0

Tabla 6.15 Valor de F_{CORR} para todos los niveles de eje 8.

ii) Eje 6.

Para 4^{to} nivel los nudos típicos son :



Figura 6.8 Nudos típicos cuarto nivel. Eje 8.

ΣM_{col}	45.45T-m	ΣM_{col}	45.45T-m
ΣM_{vigas}	12.71T-m	ΣM_{vigas}	2(8.72) T-m
$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	3.58	$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	2.61

Para 3^{ro}, 2^{do}, 1^{ro} y planta baja, los nudos típicos son :



Figura 6.9 Nudos típicos para 3ro, 2do, 1ero y planta baja. Eje 8.

ΣM_{col}	2(45.45)T-m	ΣM_{col}	2(45.45)T-m
ΣM_{vigas}	8.73 T-m	ΣM_{vigas}	2(8.73)T-m
$\Sigma M_c/\Sigma M_v$	10.41	$\Sigma M_c/\Sigma M_v$	5.21

El cálculo del factor para todo el eje 6 se hace de la manera siguiente:

NIVEL	F _{PROM}	CORR
4 to.	200	1.0
3 er.	200	1.0
2 do.	200	1.0
1 er.	200	1.0
Planta baja	200	1.0

Tabla 6.16 Factor de corrección para los niveles de eje 6.

iii) Eje 10 (Dir y).

Para 4to nivel los nudos típicos son :



Figura 6.10 Nudos típicos 4to. nivel. Eje 6.

ΣM_{col}	45.45T-m	ΣM_{col}	45.45T-m
ΣM_{vigas}	10.84 T-m	ΣM_{vigas}	2(9.21)T-m
$\Sigma M_c/\Sigma M_v$	4.19	$\Sigma M_c/\Sigma M_v$	2.47

Para 3^{ro}, 2^{do}, 1^{ro}, y planta baja, los nudos típicos son :



Figura 6.11 Nudos típicos para 3ro, 2do, 1o y planta baja. Eje 6.

ΣM_{col}	2(45.4)T-m	ΣM_{col}	2(45.45)T-m
ΣM_{vigas}	12.71 T-m	ΣM_{vigas}	2(8.72)T-m
$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	7.15	$\Sigma M_c / \Sigma M_v$	5.21

El cálculo del factor para todo el eje 10 se hace de la manera siguiente:

NIVEL	F_{PROM}	F_{CORR}
4 to.	200	1.0
3 er.	200	1.0
2 do.	200	1.0
1 er.	200	1.0
Planta baja	200	1.0

Tabla 6.17 Valor de F_{CORR} para todos los niveles eje 10.

El cálculo del factor F_8 para todo el edificio en la dirección y :

EJE	F_{8PROM}
6	200
8	200
10	200

Tabla 6.18 Valores de F_8 prom.

Por lo tanto, $F_{prom} = 200$

El valor de este factor en la dirección y:

$$F_{8y} = 200$$