

CAPITULO 5 : RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS  
PRELIMINARES

## CAPITULO 5 : RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES

### 5.1 INTRODUCCION

En este capítulo se entrega la información con la que se hace la evaluación preliminar de la vulnerabilidad estructural y no estructural de los hospitales analizados.

Para cada cuerpo se calculan los índices estructurales detallados en el capítulo 3, además se determina la variación de las características estructurales entre pisos consecutivos.

Para los elementos no estructurales se detalla su disposición con respecto a la estructura principal, con el propósito de analizar la interacción de estos elementos con la estructura y su estabilidad durante un sismo.

El comportamiento de los hospitales en sismos anteriores se detalla teniendo en cuenta los informes de daño existentes y la información reunida en terreno durante las visitas.

## 5.2 COMPORTAMIENTO DE LOS HOSPITALES EN SISMOS ANTERIORES

### 5.2.1 HOSPITAL DE NEUROCIRUGIA

La información sobre daños en el hospital de Neurocirugía es bastante escasa, no existen informes escritos sobre daños y la información que se logra obtener a partir de las conversaciones con los funcionarios del hospital es escasa. La única información escrita que se ha logrado ubicar son los documentos administrativos y contratos efectuados para el proyecto de reparaciones de los hospitales de Neurocirugía y del Torax.

La información reunida se puede resumir como sigue:

i.- Los daños causados por el terremoto de 1985 fueron en general escasos. De acuerdo con una carta enviada al señor Atilano Lamana para pedir la certificación por parte de Idiem de las obras que debían efectuarse para las reparaciones se obtiene la siguiente información: " La mayoría de las grietas corresponde a tabiques de albañilería; las que pudieran ser estructurales son una que está en un muro en el piso zócalo cerca de medicina nuclear y otra en una viga del tercer piso a un costado de la caja de ascensores".

ii.- De acuerdo con la información obtenida en el hospital se pueden establecer las conclusiones siguientes:

- La pérdida de equipos fue pequeña ya que en la mayoría de los servicios encuestados se informa de que el día del terremoto no le pasó nada a estos y los servicios no sufrieron de interrupciones.

- No se produjeron roturas importantes de vidrios.

- En los pabellones se produjeron problemas debido a la caída de las repisas y contenidos existentes en el lugar.

### 5.2.2 HOSPITAL DE SAN ANTONIO

El hospital de San Antonio sufrió daños considerables durante el terremoto del 3 de Marzo de 1985; éstos comprometieron tanto a elementos estructurales como no estructurales y la situación más crítica se produjo en el cuerpo 2 a nivel de tercer piso.

Parte del informe de daños del proyecto de reparaciones, desarrollado por el ingeniero Santiago Arias S., se resume a continuación:

Daños estructurales:

- a.- Grietas horizontales en las columnas de hormigón armado del tercer piso del cuerpo 2, a nivel de la junta de hormigonado.
- b.- Grietas a 45° y desprendimiento de estucos y recubrimiento de armaduras y microfisuración en hormigones de las columnas del tercer piso del cuerpo 2.

Daños en elementos estructurales secundarios y elementos arquitectónicos:

- a.- Grietas inclinadas en muros y tabiques de albañilería.
- b.- Grietas verticales y horizontales entre encuentro de muros de albañilería reforzada contra pilares y vigas de hormigón armado.
- c.- Grietas en las juntas de dilatación de las estructuras salientes (tipo balcón) que constituyen el emplazamiento de baños desde el tercer hasta el 5° piso.

d.- Caída de viga frontal del 5° piso. Viga de conexión entre cuerpos 2 y 3; de función, se estima, principalmente estética.

e.- Falla del empotramiento y de la junta de dilatación de la viga posterior de conexión de los cuerpos 2 y 3.

Los daños anteriormente descritos tienen las siguientes posibles causas:

i.- Los elementos estructurales del tercer nivel del cuerpo 2 tuvieron graves deficiencias constructivas y de control de su ejecución que se ven reflejadas en el incumplimiento de las especificaciones del proyecto estructural. Estas deficiencias se pueden resumir en una calidad de hormigón bastante inferior a la especificada; de acuerdo a la información obtenida, la resistencia del hormigón de las columnas dañadas alcanzó un valor  $f'_c = 100$  Kg/cm<sup>2</sup>, contra los 172 Kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes a la clase de hormigón especificada en los planos.

ii.- No se cumplieron las especificaciones de juntas de dilatación entre la estructura principal y los elementos secundarios tendientes a minimizar el daño producido en los mismos; produciéndose daños en elementos que aportaron resistencia debido a la no aislación del resto de la estructura.

### 5.3 CALCULO Y EVALUACION DE LOS INDICES ESTRUCTURALES

Toda la metodología empleada para efectos de determinar la vulnerabilidad estructural de los hospitales analizados es la expuesta en el capítulo 3. Las etapas de recolección de datos se pueden resumir de la manera siguiente.

i.- La primera etapa de recolección de datos se realiza con los planos disponibles en el Departamento de Recursos Físicos del Ministerio de Salud, principalmente se utilizan los planos de estructuras. No obstante, y debido principalmente a la falta de planos en algunos casos particulares, se rescata la mayor cantidad de información posible de los planos arquitectónicos y estructurales.

ii.- La segunda etapa de recolección de datos corresponde al trabajo realizado durante las visitas realizadas al hospital. En esta etapa se compara la información que entregan los planos con lo que se observa en terreno, detectando las modificaciones que pueden hacer variar los cálculos de los índices. Además en esta etapa se reúne la información correspondiente a los elementos no estructurales.

Para reunir la información se usan una serie de encuestas.

### 5.3.1 HOSPITAL DE NEUROCIRUGIA

Como ya se ha indicado, los cuerpos analizados en este hospital corresponden a los construidos en la década del 50; descartándose el cuerpo C, construido en los años 80.

En los cuerpos analizados, no se disponen la totalidad de los planos estructurales y además no se tienen las memorias de cálculo, datos de estratigrafía de suelos y de la especificación de las calidades de los materiales. El estanque elevado, ubicado sobre el cuerpo A, se analiza en forma separada.

Para efectos de los cálculos se suponen las siguientes propiedades de los materiales:

i) Hormigón clase C; resistencia cilíndrica a la compresión  $f'_c = 136 \text{ kg/cm}^2$ .

ii) Albañilería construída con ladrillos hechos a mano, resistencia básica de corte  $\tau_o = 3 \text{ kg/cm}^2$ .

Los cuerpos A y B están estructurados principalmente con muros, vigas y columnas de hormigón armado, con alguna contribución de resistencia por parte de muros de albañilería; por esto, los índices a calcular son los siguientes: índice de Hiroswawa ( $I_h$ ), índices de Shiga ( $I_m, I_c, I_t$ ) e índice de Meli ( $I_m$ ) si la contribución de la albañilería así lo requiere.

#### 5.3.1.1 CUERPO A

Las áreas y los pesos sísmicos de los pisos de este cuerpo son las indicadas en la tabla 5.1. El área de planta considerada corresponde al área encerrada por los ejes sismorresistentes de la estructura. En el caso de existir balcones, pasillos, etc, sólo se consideran para efectos de la cubicación y para determinar los pesos sísmicos por nivel.

La dirección longitudinal corresponde a la dirección Norte-Sur de la planta y la dirección transversal, a la Oriente-Poniente.

Los elementos estructurales considerados en los cálculos y en la evaluación de vulnerabilidad son los destacados en las plantas estructurales del anexo B. Todos los demás elementos existentes se consideran como no aportantes a la resistencia y no se incluyen en este análisis.

Para este cuerpo no se analiza la vulnerabilidad sísmica del primer nivel debido a la inexistencia de los planos estructurales; considerándose por lo tanto sólo los niveles segundo a séptimo; sin embargo, de acuerdo con la apreciación que se obtuvo de las visitas a terreno, se estima que la vulnerabilidad estructural del 2° piso es representativa de la situación del primer piso.

La vulnerabilidad estructural de este cuerpo se evaluará sólo como un antecedente informativo de su situación, considerando la falta de planos de su ala Oriente-Poniente.

#### 5.3.1.1.1 DETERMINACION DE LOS INDICES A CALCULAR

En esta sección se calcula el factor  $FC_j$  de acuerdo con lo indicado en el capítulo 3, con lo cual se determina el material predominante en cada piso y dirección de análisis, lo que permite determinar los índices que deben calcularse de acuerdo a los criterios del punto 3.2.3.

En la tabla 5.1 se indican las áreas de las secciones transversales de los elementos resistentes de hormigón armado y de albañilería de los pisos evaluados y en la tabla 5.2 se indica el factor  $FC_j$  y los índices a calcular en cada uno de los niveles y direcciones analizadas. También se entrega los valores del factor  $FR_2$  con el que se transforma una sección de hormigón armado a una sección equivalente de albañilería de igual resistencia al corte.

Tabla 5.1 Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo A.

Nivel	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$A_{hli}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{ali}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{hti}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{ati}$ (m <sup>2</sup> )
2	13.86	0.0	17.03	0.0
3	17.68	0.54	19.94	0.0
4	17.04	0.54	19.12	0.0
5	11.17	0.54	15.18	0.0
6	9.07	0.54	15.24	0.0
7	6.03	0.54	8.62	0.0

donde:

$A_{hli}$ : Suma de las áreas de la sección transversal de los elementos resistentes de hormigón armado en la dirección longitudinal del nivel  $i$ .

$A_{ali}$ : Suma de las áreas de la sección transversal de los elementos resistentes de albañilería en la dirección longitudinal del nivel  $i$ .

$A_{hti}$ : Suma de las áreas de la sección transversal de los elementos resistentes de hormigón armado en la dirección transversal del nivel  $i$ .

$A_{ati}$ : Suma de las áreas de la sección transversal de los elementos resistentes de albañilería en la dirección transversal del nivel  $i$ .

Tabla 5.2 Valores del factor  $FC_j$  e identificación de los índices a calcular en el cuerpo A.

Nivel	$\sigma_o$	FR <sub>2</sub>	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
			FC <sub>jl</sub>	Indices	FC <sub>jt</sub>	Indices
2	6	2.39	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
3	5	2.62	0.99	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
4	4	2.89	0.99	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
5	3	3.22	0.98	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
6	2	3.64	0.98	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
7	1	4.18	0.97	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>

De acuerdo con la tabla 5.2, se comprueba la despreciable o nula contribución de los elementos de albañilería en la resistencia de la estructura. Teniendo en cuenta los valores de  $FC_j$ , los índices que se deben calcular son el de Hirosawa y los índices de Shiga.

#### 5.3.1.1.1.1 INDICE DE HIROSAWA (I<sub>h</sub>)

##### A. Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E<sub>o</sub>)

##### i. Areas de las secciones Transversales

En las tablas 5.3 y 5.4 se indican la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos resistentes verticales para ambas direcciones, los elementos se agrupan de acuerdo con la clasificación detallada en el capítulo 3.

Tabla 5.3 Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo A en la dirección longitudinal (cm<sup>2</sup>).

Nivel	A <sub>m2</sub>	A <sub>m3</sub>	A <sub>m4</sub>	A <sub>c1</sub>	A <sub>c2</sub>	A <sub>gc</sub>	A <sub>ma</sub>	A <sub>a</sub>	A <sub>mar</sub>
2	0.0	62250	27150	33100	16100	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	126550	3000	29075	18200	0.0	0.0	5400	0.0
4	0.0	120150	5600	28275	16400	0.0	0.0	5400	0.0
5	0.0	67400	0.0	22125	22125	0.0	0.0	5400	0.0
6	0.0	51100	0.0	16025	23525	0.0	0.0	5400	0.0
7	0.0	48750	0.0	7050	4500	0.0	0.0	5400	0.0

Tabla 5.4 Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo A en la dirección transversal (cm<sup>2</sup>).

Nivel	A <sub>m2</sub>	A <sub>m3</sub>	A <sub>m4</sub>	A <sub>c1</sub>	A <sub>c2</sub>	A <sub>gc</sub>	A <sub>ma</sub>	A <sub>a</sub>	A <sub>mar</sub>
2	36150	94000	21500	5000	13625	0.0	0.0	0	0.0
3	36150	124350	17700	14000	7200	0.0	0.0	0	0.0
4	36150	115150	20150	12000	7700	0.0	0.0	0	0.0
5	36150	84250	13000	6350	12000	0.0	0.0	0	0.0
6	17250	110050	10400	2400	12300	0.0	0.0	0	0.0
7	0.0	69400	10800	1000	5000	0.0	0.0	0	0.0

## ii. Peso sísmico por piso

El cálculo del peso sísmico por piso se realiza de acuerdo con lo indicado en el punto 3.2.2.3. En la tabla 5.5 se entregan los pesos sísmicos de los niveles analizados; además se incluyen los pesos por unidad de área de la planta.

Tabla 5.5 Areas de Plantas y Pesos Sísmicos por piso del cuerpo A.

Nivel	Area de Planta (m <sup>2</sup> )	Peso sísmico total (ton)	Peso Acumulado (Kg)	Peso por unidad de área de planta (ton/m <sup>2</sup> )
2	463.24	604.94	3072295	1.31
3	462.84	660.82	2467357	1.43
4	462.84	592.05	1806532	1.28
5	381.71	495.42	1214486	1.30
6	385.64	375.54	719070	0.97
7	153.62	343.53	343532	2.24

En el séptimo nivel se ha agregado el peso de los estanques y del volumen de agua que almacenan, este último corresponde a 80 toneladas aproximadamente.

## iii. Indices de resistencia

Los valores de los índices de resistencia se calculan de acuerdo con las ecuaciones 3.4 a 3.9. Los valores que resultan para las direcciones longitudinal y transversal, se indican en las tablas 5.6 y 5.7 respectivamente.

Tabla 5.6 Indices de resistencia del cuerpo A en la dirección longitudinal.

Nivel	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_c$
2	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.225	0.098
3	0.0030	0.0	0.0	0.0	0.427	0.115
4	0.0040	0.0	0.0	0.0	0.564	0.150
5	0.0056	0.0	0.0	0.0	0.453	0.211
6	0.0082	0.0	0.0	0.0	0.580	0.307
7	0.0150	0.0	0.0	0.0	1.158	0.202

Tabla 5.7 Indices de resistencia del cuerpo A en la dirección transversal.

Nivel	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_c$
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.457	0.032
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.659	0.052
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.868	0.065
5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.044	0.083
6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.673	0.104
7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.862	0.089

#### iv. Valores de $\alpha_i$ y F

Los valores de los coeficientes  $\alpha_i$  y el valor del índice de ductilidad F se determinan considerando que la estabilidad estructural depende de los elementos de hormigón armado y, no existiendo columnas cortas, los valores así determinados son los de la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Valores de los coeficientes  $\alpha_i$  y F del cuerpo A.

Nivel	Dirección Longitudinal				Dirección Transversal			
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F
2	0	1.0	0.7	1.0	0	1.0	0.7	1.0
3	0	1.0	0.7	1.0	0	1.0	0.7	1.0
4	0	1.0	0.7	1.0	0	1.0	0.7	1.0
5	0	1.0	0.7	1.0	0	1.0	0.7	1.0
6	0	1.0	0.7	1.0	0	1.0	0.7	1.0
7	0	1.0	0.7	1.0	0	1.0	0.7	1.0

v. Cálculo de  $E_o$ .

El valor del índice sísmico básico de comportamiento estructural se calcula con la ecuación 3.3, los valores que resultan para ambas direcciones se detallan en la tabla 5.9.

Tabla 5.9 Valores del índice  $E_o$  del cuerpo A.

Nivel	$E_o$	
	Dirección Longitudinal	Dirección Transversal
2	0.261	0.426
3	0.406	0.557
4	0.486	0.665
5	0.400	0.734
6	0.489	1.075
7	0.742	1.100

## B. Índice de configuración estructural ( $S_b$ )

Los valores de  $q_i$  representan el efecto de las distintas características de la configuración estructural y su determinación se detalla a continuación.

Tabla 5.10 Valores de  $q_i$  del cuerpo A.

ITEMS	$G_i$	$R_i$	$q_i$	Observaciones.
1. Regularidad	0.9	1.0	0.9	Planta con forma de L.
2. Relación Largo-Ancho	1.0	0.5	1.0	$B = 35 / 10 = 3.5 < 5$
3. Contracción de planta			1.0	No hay estrangulamientos
4. Atrio o patio interior	1.0	0.5	1.0	No hay atrio o patio interior.
5. Excentricidad de Atrio o patio interior	1.0	0.25	1.0	No hay atrio o patio interior.
6. Subterráneo	0.8	1.0	1.0	No hay subterráneo
7. Junta de dilatación	0.8	0.5	0.9	$s = 0.03 / 16 = 0.0019 < 0.005$
8. Uniformidad de altura de piso	1.0	0.5	1.0	$R_h = 1$

Con los valores de la tabla 5.10, el valor del índice  $S_b$  es igual a 0.81 si se aplica la ecuación 3.10.

## C. Índice de deterioro de la edificación (T)

Este índice considera el estado de deterioro de la estructura y se determina de acuerdo con la información obtenida de las visitas a terreno. Los valores  $T_i$  de los distintos aspectos considerados se entregan en la tabla 5.11.

Tabla 5.11 Valores de  $T_i$  del cuerpo A.

ITEMS	$T_i$	CARACTERISTICA
1. Deformación Permanente	1	No presenta signos de deformación
2. Grietas en Muros o Columnas	1	No presenta grietas en elementos verticales.
3. Daños debido a Incendios	1	No ha experimentado incendio.
4. Uso del Cuerpo	1	No contiene sustancias químicas.
5. Tipo de Daño Estructural	1	Daño ligero.

De la tabla anterior y considerando que el índice de deterioro de la edificación corresponde al valor del ítem más desfavorable, para este cuerpo se tiene que:  $T = 1.0$

D. Cálculo del índice de Hirosawa ( $I_h$ )

Con los valores de  $E_o$  de cada piso y los valores de  $S_D$  y  $T$ , se calcula el índice de Hirosawa para cada piso, los resultados se entregan en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 Valores del índice  $I_h$  del cuerpo A.

Nivel	$I_h$ ( $S_D=0.81$ , $T=1.0$ )	
	Dirección Longitudinal	Dirección Transversal
2	0.212	0.345
3	0.329	0.451
4	0.394	0.538
5	0.324	0.595
6	0.396	0.870
7	0.601	0.891

## E. Evaluación de la vulnerabilidad estructural con el índice de Hirosawa

Con este propósito se compara el valor del índice  $I_h$  con el índice de juicio sísmico  $I_{so}$ ; valor determinado de acuerdo con el punto 3.2.1.1.2.

El cuerpo A corresponde a una estructura mixta de muros y marcos de hormigón armado ubicado en suelo de tipo II; de acuerdo con esta información se tiene:

$$\begin{aligned}T_o &= 0.30 \text{ s.} & T &= 0.05 * 7 = 0.35 \text{ s. (Período del edificio)} \\S &= 1.0 \\A_o &= 0.3 \text{ g}\end{aligned}$$

Utilizando las expresiones válidas para  $T > T_o$ , se obtiene:

$$\begin{aligned}(I_{so})_{serv} &= 0.148 \\(I_{so})_{ult}(R=2) &= 0.436 \\(I_{so})_{ult}(R=7) &= 0.125\end{aligned}$$

Con los valores de  $(I_{so})_{ult}$  se obtienen los siguientes rangos para evaluar la vulnerabilidad estructural de este cuerpo:

$I_h > 0.436$	Vulnerabilidad baja.
$0.436 \geq I_h > 0.358$	Vulnerabilidad media-baja.
$0.358 \geq I_h > 0.203$	Vulnerabilidad media.
$0.203 \geq I_h > 0.125$	Vulnerabilidad media-alta.
$I_h \leq 0.125$	Vulnerabilidad alta.

De acuerdo con lo indicado en la tabla 5.12, se comprueba que este cuerpo cumple con el valor mínimo requerido para el estado de servicio.

Considerando la condición que debe cumplirse para el estado límite último, la vulnerabilidad de este cuerpo se estima como Media; considerando que en los pisos 2°, 3° y 5° el índice de la dirección que presenta el menor valor se sitúa en este rango. Para los pisos cuarto y sexto la vulnerabilidad es media-baja y para el séptimo, la vulnerabilidad es baja.

Para establecer este nivel de vulnerabilidad, no se considera la mayor resistencia de la dirección transversal, ya que se estima que la capacidad resistente en la dirección longitudinal es determinante. Además no se cumplen los requisitos relacionados con la variación aceptable del índice de Hirosawa en las dos direcciones analizadas.

Todos estos antecedentes, además de la inexistencia de información del ala Oriente-Poniente, hacen recomendable un análisis más detallado para poder conocer con mayor certeza la vulnerabilidad estructural de este cuerpo.

### 5.3.1.1.1.2 INDICES DE SHIGA

#### A. Cálculo de los índices

De acuerdo con lo establecido en el capítulo 3, se entregan los valores que resultan para los tres índices de Shiga, además de los valores necesarios para la determinación de los mismos.

#### i. Areas de muros ( $\sum A_m$ ) y columnas ( $\sum A_c$ )

El área total de muros en un nivel está dada por la suma de las áreas de los muros de hormigón armado más la suma de las áreas de los muros de albañilería, reducidas por el factor  $FR_1$ , determinado de acuerdo a lo expuesto en el punto 3.26. Para el área total de columnas de un nivel, se suman las áreas de columnas tanto del tipo 1 como del tipo 2. En la tabla 5.13 se entregan las áreas totales de muros y columnas en las dos direcciones analizadas del cuerpo A.

Tabla 5.13      Area total de muros ( $\sum A_m$ ) y columnas ( $\sum A_c$ ) del cuerpo A.

Nivel	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$\sum A_m$ (cm <sup>2</sup> )	$\sum A_c$ (cm <sup>2</sup> )	$\sum A_m$ (cm <sup>2</sup> )	$\sum A_c$ (cm <sup>2</sup> )
2	89400	49200	151650	18625
3	131809	47275	178200	21200
4	127810	44675	171450	19700
5	69267	44250	133400	18350
6	52776	39550	137700	14700
7	50234	11550	80200	6000

### 11. Areas de planta

En la tabla 5.14 se entregan las áreas de planta y áreas acumuladas del cuerpo A.

Tabla 5.14 Areas de planta y áreas acumuladas del cuerpo A.

Nivel	Area de Planta (m <sup>2</sup> )	Area de planta acumulada (m <sup>2</sup> )
2	463.24	2309.89
3	462.84	1846.65
4	462.84	1383.81
5	381.71	920.97
6	385.64	539.26
7	153.62	153.62

### iii. Cálculo de $I_m$ , $I_c$ e $I_t$

En la tabla 5.15 se entregan los valores para los índices de Shiga del cuerpo A, calculados de acuerdo con las ecuaciones 3.17, 3.18 y 3.19 del capítulo 3.

Tabla 5.15 Valores de los índices  $I_m$  [cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>],  $I_c$  [cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>] e  $I_t$  [Kg/cm<sup>2</sup>] del cuerpo A.

Nivel	Dirección Longitudinal			Dirección Transversal		
	$I_m$	$I_c$	$I_t$	$I_m$	$I_c$	$I_t$
2	38.70	21.30	22.17	65.65	8.06	18.04
3	71.38	25.60	13.78	96.50	11.48	12.37
4	92.36	32.28	10.47	123.90	14.24	9.45
5	75.21	48.05	10.70	144.85	19.92	8.00
6	97.87	73.34	7.79	255.35	27.26	4.72
7	327.00	75.18	5.56	522.06	39.06	3.99

## B. Evaluación del índice de Shiga

De acuerdo con los requerimientos destacados en el capítulo 3, los valores mínimos del índice  $I_m$  que son compatibles con los valores mínimos del índice de Hirosawa son, para  $R=2$ , los indicados en la tabla 5.16.

Tabla 5.16 Valores de  $(I_m)_{\min}$  [ $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ] para el cuerpo A.

Nivel	$(I_m)_{\min}$
2	40.76
3	45.49
4	48.89
5	53.88
6	59.02
7	106.59

Los valores determinados para el índice de Shiga de muros para los niveles y direcciones analizadas, con la excepción del 2° nivel en la dirección longitudinal, satisfacen los valores mínimos de la tabla 5.16. Además debe destacarse que en el 2° nivel en la dirección longitudinal, los valores del índice de tensión en este nivel para ambas direcciones son superiores al valor de  $16 \text{ Kg}/\text{cm}^2$  destacado en el capítulo 3.

### 5.3.1.1.2 VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA

Para este cuerpo se analiza la variación de las áreas de planta, la resistencia y el peso por piso entre pisos consecutivos; la evaluación se realiza de acuerdo con los puntos 3.2.2.1, 3.2.2.2 y 3.2.2.3 respectivamente.

### A. Variación del área de planta entre pisos consecutivos

Los valores de las áreas de planta y la variación de ésta entre pisos consecutivos se entregan en la tabla 5.17. Además se incluye la calificación resultante de evaluar este aspecto. Se ha incluido el primer nivel ya que el área de planta se puede establecer a partir de las visitas a terreno, además de los planos arquitectónicos.

Tabla 5.17 Variación del área de planta entre pisos consecutivos del cuerpo A.

Piso	Area de Planta (m <sup>2</sup> )	Variación con piso inmediatamente superior $\frac{A_{pi}}{A_{p(i-1)}}$	Calificación
1	463.24	1.00	Bueno
2	463.24	1.00	Bueno
3	462.84	1.00	Bueno
4	462.84	1.21	Bueno
5	381.71	0.99	Bueno
6	385.64	2.51	Malo
7	153.62		

Puede verse que la calificación para todos los pisos es buena; con la excepción de los dos últimos pisos en los que la estrangulación en el área de planta se traduce en una mala calificación de acuerdo con el criterio usado.

## B. Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

La resistencia de cada piso se establece como la suma de las áreas resistentes tanto de los elementos de albañilería como de los de hormigón. Los valores para los distintos niveles y direcciones analizadas así como la variación entre pisos consecutivos y la calificación de acuerdo a esta variación se establece en la tabla 5.18.

Tabla 5.18 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo A.

Nivel	Dirección Longitudinal			Dirección Transversal		
	$R_i$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{R_i}{R_{i-1}}$	Situación	$R_i$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{R_i}{R_{i-1}}$	Situación
2	13.86	0.77	Malo	17.03	0.85	Bueno
3	17.91	1.04	Bueno	19.94	1.04	Bueno
4	17.25	1.52	Bueno	19.12	1.26	Bueno
5	11.35	1.23	Bueno	15.18	1.00	Bueno
6	9.23	1.49	Bueno	15.24	1.77	Bueno
7	6.18			8.62		

Debe distinguirse el caso del segundo nivel en la dirección longitudinal en que se tiene una mala calificación; esto se debe a los mayores espacios libres en este nivel por corresponder al nivel del acceso principal al edificio. Todos los demás niveles tienen una buena calificación.

### C. Variación del peso entre pisos consecutivos

En la tabla 5.19 se indican las relaciones entre los pesos de piso entre pisos consecutivos. Además se determina la calificación de cada caso de acuerdo con esta relación. Se ha incluido en este análisis el primer nivel ya que se ha estimado que el peso de este se puede establecer proporcionalmente al peso del segundo nivel, considerando las áreas de planta de ambos pisos.

Tabla 5.19 Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo A.

Piso	Peso piso $W_i$ (ton)	Variación con piso inmediatamente superior $\frac{W_i}{W_{i-1}}$	Calificación
1	575.96	0.95	Bueno
2	604.94	0.92	Bueno
3	660.82	1.12	Bueno
4	592.05	1.20	Regular
5	495.42	1.32	Regular
6	375.54	1.09	Bueno
7	343.53		

De acuerdo con las calificaciones, puede concluirse que se detecta de forma más precisa algunas posibles irregularidades que de acuerdo a la variación del área de planta no son detectables. En el caso de niveles en los que, a pesar de existir problemas de estrangulación de la planta, hay grandes pesos concentrados; este ítem puede dar buenas calificaciones como en el caso del sexto y séptimo nivel.

#### 5.3.1.1.3 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

De acuerdo con la evaluación que se establece preliminarmente mediante el método de Hirosawa, se concluye que la vulnerabilidad estructural de este cuerpo es del tipo "MEDIA". Esta calificación se debe principalmente a la menor cantidad de elementos estructurales orientados en la dirección longitudinal.

De acuerdo con la evaluación establecida con los índices de Shiga, esta estructura tiene una buena calificación; debiéndose recordar que la falta de planos del primer nivel imposibilita obtener mayores conclusiones respecto de la vulnerabilidad.

La variación de las características en altura muestra una relativa regularidad del sistema; salvo las situaciones de estrangulación del área de planta entre el sexto y séptimo nivel, la menor área de elementos resistentes verticales del 2° nivel con respecto al 3° y los pesos sísmicos de los últimos niveles.

Todos estas consideraciones, además del hecho de que por falta de planos no se ha considerado una de las alas y el primer nivel de este cuerpo, hacen recomendable un estudio más detallado para establecer la vulnerabilidad estructural de la edificación.

#### 5.3.1.2 CUERPO B

Análogamente al cuerpo A, en primer lugar se hace un resumen de las áreas de planta y de los pesos sísmicos por nivel; luego se detallan las áreas de los elementos resistentes verticales para posteriormente calcular los índices de comportamiento sísmico para los niveles y direcciones analizadas. En este cuerpo se realizó un levantamiento de los elementos resistentes verticales del piso bajo; esto posibilita determinar los índices de comportamiento sísmico de toda la estructura.

5.3.1.2.1 DETERMINACION DE LOS INDICES A CALCULAR

En la tabla 5.20 se entregan las áreas de las secciones transversales de los elementos resistentes verticales del cuerpo B y en la tabla 5.21 se detallan los valores del factor  $FC_j$  y los índices a calcular para los niveles y direcciones analizadas.

Tabla 5.20 Area de elementos resistentes del Cuerpo B.

Nivel	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$A_{nlj}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{alj}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{htj}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{atj}$ (m <sup>2</sup> )
1	30.19	0.0	16.77	0.0
2	25.17	0.0	17.38	0.0
3	16.63	0.0	14.76	0.0
4	13.65	0.32	10.77	1.73
5	1.77	2.4	0.82	3.80
6	0.70	2.4	0.45	3.78

Tabla 5.21 Valores del factor  $FC_j$  e identificación de los índices a calcular en el cuerpo B.

Nivel	$\sigma_o$	FR <sub>2</sub>	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
			FC <sub>jl</sub>	Indices	FC <sub>jt</sub>	Indices
1	6	2.39	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
2	5	2.62	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
3	4	2.89	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	1.0	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
4	3	3.22	0.99	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>	0.95	I <sub>m</sub> , I <sub>h</sub> , I <sub>c</sub> , I <sub>t</sub>
5	2	3.64	0.73	I <sub>mm</sub> , I <sub>h</sub>	0.44	I <sub>mm</sub> , I <sub>h</sub>
6	1	4.17	0.55	I <sub>mm</sub> , I <sub>h</sub>	0.33	I <sub>mm</sub> , I <sub>h</sub>

De acuerdo con la información de estas tablas, se destaca la mayor importancia de los elementos resistentes de albañilería para los dos últimos niveles de este cuerpo y por consiguiente la necesidad de aplicar además el índice de Meli para determinar la vulnerabilidad estructural.

### 5.3.1.2.1.1 INDICE DE HIROSAWA ( $I_h$ )

#### A. Índice sísmico básico de comportamiento estructural ( $E_o$ )

##### i. Areas de las secciones transversales

En las tablas 5.22 y 5.23 se detallan las áreas de los elementos resistentes verticales clasificados de acuerdo con lo indicado en el capítulo 3.

Tabla 5.22 Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo B en la dirección longitudinal ( $\text{cm}^2$ ).

Nivel	$A_{m2}$	$A_{m3}$	$A_{m4}$	$A_{c1}$	$A_{c2}$	$A_{ec}$	$A_{ma}$	$A_a$
1	0.0	286050	0.0	15810	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38700	191575	10950	0.0	10450	0.0	0.0	0.0
3	0.0	140150	3450	22700	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	117950	0.0	17100	1400	0.0	0.0	3150
5	0.0	9500	0.0	0.0	8200	0.0	0.0	24000
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7000	0.0	0.0	24000

Tabla 5.23 Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo B en la dirección transversal (cm<sup>2</sup>).

Nivel	A <sub>m2</sub>	A <sub>m3</sub>	A <sub>m4</sub>	A <sub>c1</sub>	A <sub>c2</sub>	A <sub>sc</sub>	A <sub>ma</sub>	A <sub>a</sub>
1	39000	108750	3000	16950	0.0	0.0	0.0	0.0
2	42900	113300	6300	10050	1200	0.0	0.0	0.0
3	23800	93900	8400	21450	0.0	0.0	0.0	0.0
4	21300	51300	6000	24900	4200	0.0	12750	4500
5	0.0	0.0	0.0	0.0	8200	0.0	37950	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4500	0.0	37800	0.0

ii. Peso sísmico por piso

En la tabla 5.24 se entregan los valores de las áreas de planta, de los pesos sísmicos por piso, pesos sísmicos acumulados y los valores del peso sísmico por unidad de área de la planta. En la tabla 5.25 se indica la distribución del peso entre los distintos elementos componentes de cada piso.

Tabla 5.24 Areas de Plantas y Pesos Sísmicos por piso del cuerpo B.

Nivel	Area de Planta (m <sup>2</sup> )	Peso sísmico total (ton)	Peso Acumulado (Kg)	Peso por unidad de área de planta (ton/m <sup>2</sup> )
1	572.44	724.50	2605739	1.27
2	511.99	639.18	1881243	1.25
3	511.21	598.53	1242060	1.17
4	520.71	405.68	643531	0.78
5	139	149.31	237846	1.07
6	139	88.54	88535	0.64

Tabla 5.25 Distribución de pesos del cuerpo B.

Elemento	Distribución de peso en toneladas y porcentaje del total (%)					
	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6
Losas	202.02 (27.9)	180.69 (28.3)	179.87 (30.1)	153.34 (37.8)	34.75 (23.3)	37.58 (42.4)
Sobre Carga	38.40 (5.3)	38.40 (6.0)	38.34 (6.4)	13.2 (3.3)	10.43 (7.0)	0.0 (0)
Baldosas	51.20 (7.1)	51.20 (8.0)	51.12 (8.5)	17.62 (4.3)	13.9 (9.3)	0.0 (0)
Techo -	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	20.67 (5.1)	0.0 (0)	8.36 (9.4)
Vigas	72.96 (10.1)	65.25 (10.2)	106.82 (17.8)	78.82 (19.4)	34.44 (23.1)	20.59 (23.3)
Tabiquería	28.16 (3.9)	28.16 (4.4)	28.12 (4.7)	9.69 (2.4)	7.65 (5.1)	0.0 (0)
Columnas	35.41 (4.9)	40.21 (6.3)	29.92 (5.0)	20.59 (5.1)	13.61 (9.1)	6.68 (7.5)
Muros	296.35 (40.9)	235.28 (36.8)	159.28 (26.6)	71.37 (17.6)	3.90 (2.6)	0.0 (0)
Muros Albañilería	0.0 (0)	0.0 (0)	5.06 (0.8)	20.38 (5.0)	30.64 (20.5)	15.32 (17.3)
Total Elementos Verticales	359.92 (49.7)	303.64 (47.5)	222.38 (37.15)	122.02 (30.1)	55.79 (37.4)	22.00 (24.9)
Total	724.50 (100.0)	639.18 (100.0)	598.53 (100.0)	405.69 (100.0)	149.31 (100.0)	88.54 (100.0)

### iii. Indices de resistencia

Los valores de los índices de resistencia para los niveles analizados y las direcciones longitudinal y transversal se entregan en las tablas 5.26 y 5.27 respectivamente.

Tabla 5.26 Índices de resistencia del cuerpo B en la dirección longitudinal.

Nivel	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{bc}$	$C_w$	$C_c$
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.896	0.042
2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.150	0.026
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.940	0.124
4	0.006	0.0	0.0	0.0	1.496	0.191
5	0.112	0.0	0.0	0.0	0.326	0.164
6	0.260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.376

Tabla 5.27 Índices de resistencia del cuerpo B en la dirección transversal.

Nivel	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{bc}$	$C_w$	$C_c$
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.552	0.044
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.824	0.039
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.923	0.117
4	0.009	0.025	0.0	0.0	1.164	0.294
5	0.0	0.177	0.0	0.0	0.0	0.164
6	0.0	0.410	0.0	0.0	0.0	0.242