

### 5.3.1.3 ÍNDICE DE SHIGA

A continuación se presenta la evaluación de los tres índices de Shiga:  $I_{sm}$ , índice de densidad de muros,  $I_{sc}$ , índice de densidad de columnas e  $I_{st}$ , índice de tensión media de corte nominal. Estos índices se calculan sólo en el primer piso debido a que en los pisos superiores predominan los elementos de albañilería.

#### 5.3.1.3.1 Áreas de planta

En la Tabla 5.61 se entregan las áreas acumuladas de las plantas de todos los pisos del cuerpo, junto con el factor  $FR_1$ , que transforma una sección de albañilería a una equivalente de hormigón. y los pesos acumulados por sobre los pisos.

Tabla 5.61: Áreas y pesos acumulados. Cuerpo A.

Piso	FR1	Área Acumulada (m <sup>2</sup> )	Peso Acumulado (Kg)
P1	0.381	9652.995	1.05E+07
P2	0.346	7439.280	7.66E+06

#### 5.3.1.3.2 Área de muros y columnas

En la Tabla 5.62 se presentan las sumas de áreas de muros y columnas en cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.62: Áreas de muros y columnas por piso y dirección. Cuerpo A.

##### Dirección Longitudinal

Piso	SUMA Am (cm <sup>2</sup> )	SUMA Ac (cm <sup>2</sup> )	SUMA Am+Ac (cm <sup>2</sup> )
P1	808960	81600	890560
P2	614112.5	81700	695812.5

##### Dirección Transversal

Piso	SUMA Am (cm <sup>2</sup> )	SUMA Ac (cm <sup>2</sup> )	SUMA Am+Ac (cm <sup>2</sup> )
P1	994950	85800	1080750
P2	623883.2	36300	660183.2

### 5.3.1.3.3 Cálculo de $I_{sm}$ , $I_{sc}$ e $I_{st}$

A continuación se presentan los índices de Shiga calculados para cada piso y dirección considerada. El método de cálculo es el detallado en el Capítulo 3.

Tabla 5.63: Valores de los índices de Shiga. Cuerpo A.

Dirección Longitudinal			
Piso	$I_{sm}$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_{sc}$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_{st}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
P1	83.804	8.453	11.734
P2	82.550	10.982	11.008

  

Dirección Transversal			
Piso	$I_{sm}$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_{sc}$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_{st}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
P1	103.072	8.888	9.669
P2	83.863	4.880	11.603

### 5.3.1.3.4 Evaluación de la estructura

Para poder realizar la evaluación de los resultados obtenidos se deben calcular los índices mínimos de muros en cada piso con los que se deben comparar los valores de la tabla 5.63. Para ello, y de acuerdo con la ecuación 3.17 del Capítulo 3, los datos necesarios para el cálculo y sus resultados se presentan en la tabla 5.64.

Tabla 5.64: Valores mínimos de densidades de muros para tener una vulnerabilidad estructural baja. Cuerpo A.

Piso	$(n+1)/(n+1)$	Área Acumulada (m <sup>2</sup> )	Peso Acumulado (kg)	$I_{st}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
P1	1.000	9652.995	1.05E+07	31.28
P2	1.167	7439.280	7.66E+06	33.11

Estos son los índices mínimos de densidad de muros calculados con una tensión nominal máxima de  $I_{st}=16 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo con los índices calculados, las tensiones promedio en los elementos en ambas direcciones no sobrepasan la máxima por lo que no presentan problemas desde este

punto de vista. En cuanto a las densidades de muros, en ambas direcciones se sobrepasan los requerimientos mínimos que se necesitan en los pisos. Por lo tanto, desde el punto de vista del índice de Shiga, que es un índice complementario a Hirosawa, los dos primeros pisos del cuerpo califican como de vulnerabilidad baja, lo que sólo ocurre con el índice de Hirosawa en el primer piso.

Es necesario tener presente que los índices elevados de estos pisos se deben a que los elementos predominantes en estos niveles son muros de hormigón armado los que se distribuyen con una alta densidad. Por otro lado, los índices reflejan seguridad en estos pisos, sin embargo, los daños que se han producido indican que el cuerpo tiene alguna característica que no se ve reflejada en este índice.

**5.3.1.4 ÍNDICE DE MELI**

Considerando que desde el tercer piso son los muros de albañilería los que predominan, se hace el cálculo del índice de Meli a partir de este piso en ambas direcciones.

**5.3.1.4.1 Áreas acumuladas**

En la tabla 5.65 se entregan las áreas acumuladas de las plantas ubicadas sobre los pisos en consideración, y los factores necesarios para transformar un área de hormigón a una equivalente de albañilería.

**Tabla 5.65: Tabla de áreas acumuladas y factores FR<sub>2</sub>. Cuerpo A.**

Piso	FR <sub>2</sub>	Área Acumulada (m <sup>2</sup> )
P3	3.221	5279.385
P4	3.637	3119.490
P5	4.175	959.595

**5.3.1.4.2 Suma de elementos resistentes**

De acuerdo con lo establecido en el Capítulo 3, se calculan las áreas de los elementos

resistentes haciendo la corrección por esbeltez que corresponda. A continuación se presentan las sumas de áreas finales de los elementos en cada dirección y piso analizado.

**Tabla 5.66: Áreas de elementos resistentes. Cuerpo A.**

<b>Dirección Longitudinal</b>				
<b>Piso</b>	<b>SUMA Amra (m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUMA Amrb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUMA Ac (m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUMA At (m<sup>2</sup>)</b>
P3	48.61295	8.249107	6.55	96.279
P4	45.08622	7.707716	5.95	94.753
P5	18.8653	1.313408	0.64	27.021

  

<b>Dirección Transversal</b>				
<b>Piso</b>	<b>SUMA Amra (m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUMA Amrb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUMA Ac (m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUMA At (m<sup>2</sup>)</b>
P3	48.92359	26.37233	2.875	143.127
P4	50.31828	25.03675	2.875	151.820
P5	18.88	8.34	0.32	55.038

En esta tabla se incluyen los valores de  $A_t$  que corresponde al área corregida de los elementos de hormigón armado transformado por una de albañilería.

#### 5.3.1.4.3 Valores del índice $I_{mm}$

Los valores del índice de Meli para cada piso y dirección considerada se presenta en la tabla 5.67.

**Tabla 5.67: Valores del índice de Meli. Cuerpo A.**

<b>Piso</b>	<b><math>I_{mm}</math> LONGITUDINAL</b>	<b><math>I_{mm}</math> TRANSVERSAL</b>
P3	0.018	0.027
P4	0.030	0.049
P5	0.028	0.057

#### 5.3.1.4.4 Evaluación de la estructura

Para realizar la evaluación de los resultados obtenidos se deben calcular los valores límites con los que se deben comparar los valores de la tabla 5.67. De acuerdo con la ecuación 3.19 indicada en el Capítulo 3, los datos necesarios para el cálculo y los valores límites se detallan en la tabla 5.68.

Tabla 5.68: Valores mínimos del índice de Meli. Cuerpo A.

Piso	ln+0/ln+0	Área Acumulada (m <sup>2</sup> )	Peso Acumulado (kg)	L <sub>min</sub> Índice	
				L <sub>con</sub> n=1	L <sub>con</sub> n=2
P3	1.333	5279.385	5.20E+06	0.013	0.046
P4	1.500	3119.490	2.95E+06	0.016	0.056
P5	1.667	959.595	1.00E+06	0.023	0.079

Nuevamente, con el índice de Meli se ve reflejado el riesgo de la dirección longitudinal de estos pisos. Por su parte, en la dirección transversal, que ha tenido una cantidad de daños considerablemente menor que la longitudinal, se tiene un mejor comportamiento.

Además, se debe mencionar que las alas poniente y oriente del quinto piso que corresponden a ampliaciones realizadas con posterioridad a la fecha de construcción del edificio, no se consideran en el análisis porque se necesita un levantamiento en forma detallada.

### 5.3.1.5 VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA

Además de evaluar la vulnerabilidad de la estructura mediante los índices de comportamiento, se realiza una evaluación de la regularidad de otras características de la estructura. Estas características son las que se indican en el punto 3.2.4.

#### 5.3.1.5.1 Variación del área de planta entre pisos consecutivos

Los datos de los planos permiten obtener las variaciones del área de planta de la tabla 5.69.

Tabla 5.69: Variación del área de planta entre pisos consecutivos. Cuerpo A.

Piso	Área Apl (m <sup>2</sup> )	Razón Apl/Apl(i+1)	Situación
P1	2213.715	1.02	BUENO
P2	2159.895	1.00	BUENO
P3	2159.895	1.00	BUENO
P4	2159.895	2.25	REGULAR
P5	959.595		

Este cuerpo mantiene su planta en toda la altura con excepción del quinto piso donde originalmente la planta se reducía, pero actualmente la ampliación construida cubre toda el área faltante. Sin embargo, las condiciones de la ampliación no son las mismas que el edificio original, presentándose algunos problemas para el terremoto de 1985 por lo que este piso posee una alta vulnerabilidad.

Las diferencias que se producen en el primer piso se deben a una terraza que se ubica en la entrada del hospital pero que no presenta alteraciones del cuerpo original.

### 5.3.1.5.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

Los datos reunidos de las áreas de los elementos resistentes se presentan en la tabla 5.70.

Tabla 5.70: Variación de la resistencia entre pisos consecutivos. Cuerpo A.

Piso	Long. Ax (m <sup>2</sup> )	Variación R <sub>i</sub> /R <sub>i+1</sub>	Situación	Transv. By (m <sup>2</sup> )	Variación R <sub>i</sub> /R <sub>i+1</sub>	Situación
P1	89.056	1.24	BUENO	108.075	1.59	BUENO
P2	69.581	1.83	BUENO	66.018	1.38	BUENO
P3	36.093	1.07	BUENO	46.012	1.02	BUENO
P4	31.901	3.71	BUENO	43.189	3.12	BUENO
P5	7.744			13.182		

La distribución de los elementos resistentes en la planta es prácticamente simétrica transversalmente, y esto se mantiene a medida que se sube en altura; en la dirección longitudinal hay muchos elementos importantes que se mantienen en la altura a pesar de ir disminuyendo la densidad hacia los pisos superiores. Por ello, las variaciones entre pisos consecutivos mantienen una buena tasa de reducción, dándose el caso más favorable en el último piso debido a la disminución del área de planta.

### 5.3.1.5.3 Variación de la rigidez

Las rigideces de los elementos, calculadas de acuerdo con las fórmulas indicadas en el Capítulo 3, se presentan en la tabla 5.71.

Tabla 5.71: Variación de la rigidez. Cuerpo A.

**Dirección Longitudinal**

Piso	Long. Kx (Ton/cm)	Variación entre pisos	Situación	Variación con tres superiores	Situación
P1	3.23E+05	0.55	BUENO	0.32	BUENO
P2	1.79E+05	0.38	MALO	0.26	BUENO
P3	6.75E+04	0.94	BUENO		
P4	6.36E+04	0.16	MALO		
P5	9.87E+03				

**Dirección Transversal**

Piso	Transv. Ky (Ton/cm)	Variación entre pisos	Situación	Variación con tres superiores	Situación
P1	2.97E+05	0.47	MALO	0.35	BUENO
P2	1.39E+05	0.64	BUENO	0.48	BUENO
P3	8.90E+04	0.95	BUENO		
P4	8.44E+04	0.32	MALO		
P5	2.71E+04				

Al comparar con el promedio de los tres pisos superiores, existe una situación favorable. Sin embargo, al comparar entre pisos consecutivos se detectan algunos problemas de falta de regularidad. Transversalmente la densidad de muros es mucho mayor y en el primer piso existe la concentración de muros de hormigón armado, los que al cambiar por albañilería producen una singularidad que se encuentra muy cerca (6%) del límite aceptable. De la misma forma, en el último piso se produce una variación importante debida a la disminución del área.

Por otro lado, en la dirección longitudinal, el segundo piso produce la mayor diferencia debido al cambio de la mayoría de los muros de hormigón armado por muros de albañilería, lo que también ocurre en el último piso, siendo importante tenerlo en cuenta considerando que en este piso se encuentran las ampliaciones de las dos alas del cuerpo y que ya han sufrido daños en sismos anteriores.

#### 5.3.1.5.4 Excentricidad

En la tabla 5.72 se entrega la ubicación de los centros de gravedad y de rigidez de las plantas en los distintos pisos, junto con las excentricidades que posee el edificio en cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.72: Centros de gravedad y rigidez. Excentricidades. Cuerpo A.

Largo Longitudinal [m] Lx: 143.40  
 Largo Transversal [m] Ly: 19.10

Piso	Centro de Gravedad		Centro de Rigidez	
	Xg (m)	Yg (m)	Xr (m)	Yr (m)
P1	0.000	9.176	0.100	9.448
P2	0.000	9.468	-0.140	8.174
P3	0.000	9.566	-0.281	9.691
P4	0.000	9.620	0.000	8.933
P5	0.000	9.504	-0.958	3.900

Piso	Excentricidad Long.		Situación	Excentricidad Transv.		Situación
	(m)	ex/Lx		(m)	ev/Ly	
P1	0.100	0.00	BUENO	0.272	0.01	BUENO
P2	0.140	0.00	BUENO	1.294	0.07	BUENO
P3	0.281	0.00	BUENO	0.124	0.01	BUENO
P4	0.000	0.00	BUENO	0.687	0.04	BUENO
P5	0.958	0.01	BUENO	5.604	0.29	MALO

Por ser un edificio prácticamente simétrico transversalmente y muy regular longitudinalmente, las excentricidades no son un problema importante, ya que, en todos los pisos cumplen los requisitos establecidos, salvo en la dirección transversal del último piso donde, a causa de la desaparición de algunos muros, existe una excentricidad 200% mayor al límite. Esto constituye un factor más de preocupación debido a las ampliaciones existentes en ese piso y a la diferencia de rigidez.

### 5.3.1.5.5 Variación del peso entre pisos consecutivos

Los pesos de los distintos pisos y su variación en altura se presentan en la tabla 5.73.

Tabla 5.73: Variación de los pesos entre pisos consecutivos. Cuerpo A.

Piso	Peso (Kw)	Variación W <sub>i</sub> /W <sub>i+1</sub>	Situación
P1	2.79E+06	1.13	BUENO
P2	2.46E+06	1.09	BUENO
P3	2.25E+06	1.16	REGULAR
P4	1.95E+06	1.94	MALO
P5	1.00E+06		

Por la regularidad que posee el cuerpo en la distribución de los elementos resistentes, y a pesar de las diferencias en los materiales de construcción, las variaciones de

peso cumplen los requisitos establecidos con excepción del último piso que, además de disminuir en el área, posee dos estanques elevados de agua potable de 20 m<sup>3</sup> c/u. Sin embargo, se debe destacar que en los pesos no se incluyen las ampliaciones laterales debido a la falta de información al respecto, lo que puede afectar de forma importante estos cálculos.

### 5.3.2 CUERPO D

Para este cuerpo las direcciones principales de análisis son: la longitudinal que está orientada de Este a Oeste y la transversal orientada de Norte a Sur.

Las fachadas del cuerpo se muestran en las Fotos 55 y 56 del Anexo D.2.

#### 5.3.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES A CALCULAR

Para la selección de los índices de vulnerabilidad estructural que se calculan, se consideran los factores de predominancia de material  $FC_j$  y las áreas de los elementos resistentes que se presentan en la Tabla 5.74. En esta tabla también se incluye el factor  $FR_i$  para transformar una sección de albañilería a una de hormigón de igual resistencia.

Tabla 5.74: Área de elementos resistentes y valores del factor  $FC_j$ . Cuerpo D.

Piso	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	Suma Horiz. (m <sup>2</sup> )	Suma Alb. (m <sup>2</sup> )	Suma Horiz. (m <sup>2</sup> )	Suma Alb. (m <sup>2</sup> )
P1	0.87	10.335	3.90	8.055
P2	0.60	5.58	3.42	9.64
P3	0.60	5.58	3.42	9.15

Piso	n	FR <sub>i</sub>	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
			FC <sub>long</sub>	Índices	FC <sub>trans</sub>	Índices
P1	3	0.310	0.21	Ih, Imm	0.61	Ih, Imm
P2	2	0.275	0.28	Ih, Imm	0.56	Ih, Imm
P3	1	0.240	0.31	Ih, Imm	0.61	Ih, Imm

De acuerdo con los datos proporcionados por la tabla anterior, se aprecia que el factor  $FC_j$  varía entre 0.21 y 0.31 en la dirección longitudinal, y entre 0.56 y 0.61 en la dirección transversal. Esto indica que en general entre los elementos resistentes predomina la albañilería, por lo que deben calcularse los índices de Hirosawa y Meli.

### 5.3.2.2 ÍNDICE DE HIROSAWA

Para la determinación del índice de Hirosawa se requiere de un índice sísmico básico de comportamiento estructural ( $E_o$ ), de los índices asociados con las características del edificio ( $S_D$  y  $T$ ) y de un índice mínimo límite de aceptación ( $I_{so}$ ). Para ello, todos los cálculos se basan en las fórmulas que se establecen en el Capítulo 3.

#### 5.3.2.2.1 Índice sísmico básico de comportamiento estructural ( $E_o$ )

##### i) Áreas de elementos resistentes

En la Tabla 5.75 se detallan las áreas de los elementos resistentes, en ambas direcciones de análisis, separados de acuerdo con la clasificación expuesta en el Capítulo 3.

Tabla 5.75: Áreas de elementos resistentes en ambas direcciones de análisis. Cuerpo D.

#### Dirección Longitudinal

Piso	$A_{m1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m3}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m4}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_n$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{mar}$ (cm <sup>2</sup> )
P1	0	0	6000	0	2700	0	3600	99750	0
P2	0	0	6000	0	0	0	0	55800	0
P3	0	0	6000	0	0	0	0	55800	0

#### Dirección Transversal

Piso	$A_{m1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m3}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m4}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_n$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{mar}$ (cm <sup>2</sup> )
P1	0	34200	0	2100	2700	0	46200	34350	0
P2	0	34200	0	0	0	0	43200	53200	0
P3	0	34200	0	0	0	0	38300	53200	0

##### ii) Peso sísmico por piso

En la Tabla 5.76 se entregan los pesos por piso, pesos acumulados sobre el piso y pesos por unidad de área en cada piso. La determinación de los pesos considera el peso de los tabiques (55 kg/cm<sup>2</sup>) y el de las baldosas (100 kg/cm<sup>2</sup>). Para el último piso se incluye el peso del estanque superior.

Tabla 5.76: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo D.

Piso	Peso (Kg)	Peso acumulado (Kg)	Peso por área planta (Ton/m <sup>2</sup> )
P1	2.76E+05	6.57E+05	1.08
P2	2.15E+05	3.81E+05	1.10
P3	1.66E+05	1.66E+05	0.85

De acuerdo con los valores de esta tabla, se observa que los pesos por unidad de área en los distintos pisos sobrepasan en aproximadamente un 19%, en promedio, al peso utilizado como base en el índice de Hirosawa (1000 kg/m<sup>2</sup>) [Hirosawa, 1992]. Sin embargo, para el cálculo del índice se toman los pesos reales del edificio.

### iii) Valores de los índices de resistencia

En la tabla 5.77 se presentan los índices de resistencia que se establecen en el Capítulo 3 para cada tipo de elemento y en cada una de las direcciones de análisis.

Tabla 5.77: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo D.

#### Dirección Longitudinal

Piso	$C_{ma}$	$C_a$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_o$
P1	0.007	0.191	0	0	0.062	0
P2	0	0.163	0	0	0.107	0
P3	0	0.323	0	0	0.246	0

#### Dirección Transversal

Piso	$C_{ma}$	$C_a$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_o$
P1	0.089	0.066	0	0	0.425	0.041
P2	0.126	0.155	0	0	0.732	0
P3	0.222	0.308	0	0	1.683	0

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

En la Tabla 5.78 se presentan los valores de  $\alpha_i$  y F para cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.78: Valores de  $\alpha_i$  y F en cada piso y dirección. Cuerpo D.

**Dirección Longitudinal**

Piso	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F
P1	1.000	0.700	0.500	0.800
P2	1.000	0.700	0.500	0.800
P3	1.000	0.700	0.500	0.800

**Dirección Transversal**

Piso	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F
P1	1.000	0.700	0.500	0.800
P2	1.000	0.700	0.500	0.800
P3	1.000	0.700	0.500	0.800

Debido a la presencia de muros de albañilería de relleno en todos los pisos, a excepción del piso bajo donde existen columnas cortas las que son equivalentes a los muros de relleno desde el punto de vista de estos factores, los valores de  $\alpha_i$  y F para todos los casos son los mismos. Por lo tanto, el modo de falla queda controlado por los muros de albañilería de relleno desde el primer piso hacia arriba, y por las columnas cortas en el piso bajo. En cuanto al factor de ductilidad (F), estos tipos de elementos reducen este factor en un 20%, es decir,  $F=0.8$ .

**v) Cálculo de  $E_o$**

Para el cálculo del índice sísmico básico de comportamiento estructural, se utiliza la ecuación 3.3 del Capítulo 3 y los resultados que se obtienen se presentan en la tabla 5.79.

Tabla 5.79: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo D.

Piso	$E_o$	$E_o$
	Longitudinal	Transversal
P1	0.201	0.378
P2	0.152	0.508
P3	0.264	0.911

**5.3.2.2.2 Índice de configuración estructural ( $S_D$ )**

El índice de configuración estructural se calcula de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 3 y para ello los valores de  $q_i$  son los que se presentan en la tabla 5.80.

**Tabla 5.80: Valores de  $q_i$  para el cálculo de  $S_D$ . Cuerpo D.**

	$R_i$	$G_i$	$Q_i$
1	1.00	0.90	0.90
2	0.50	1.00	1.00
3	0.50	1.00	1.00
4	0.50	1.00	1.00
5	0.25	1.00	1.00
6	1.00	0.80	1.00
7	0.50	1.00	1.00
8	0.50	1.00	1.00

El área de planta del cuerpo se ve afectada por un área saliente de 14% con respecto al área total, por lo tanto,  $G_1=0.9$ . Por su parte, los factores  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$ ,  $G_5$ ,  $G_6$  y  $G_7$  tienen valores 1.0, ya que el cuerpo no tiene contracción de planta, no posee atrio o patio interior, no hay subterráneos y no existe junta de dilatación.

Para  $q_8$ , que corresponde a la razón entre las alturas de pisos consecutivos,  $R_h$  es 1.0 para todos los pisos, ya que la altura de piso se mantiene constante. Por lo tanto,  $S_D=0.90$  para el todo el edificio.

### 5.3.2.2.3 Índice de deterioro de la edificación (T)

Este índice, que cuantifica el deterioro de la estructura, se ha calculado de acuerdo con la información obtenida en la visita a terreno y se basa en lo descrito en el Capítulo 3. Los valores se presentan en la tabla 5.81.

**Tabla 5.81: Valores de  $T_i$ . Cuerpo D.**

	$T_i$
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	1.00
5	1.00

Debido a que el cuerpo no presenta signos de deformación, no se aprecian grietas en muros o columnas, no ha experimentado incendios, no almacena sustancias químicas en gran escala y el tipo de daño puede calificarse como ligero, los valores de todos los factores  $T_i$  toman el valor 1.0.

Por lo tanto, para el cálculo del índice de Hirosawa, se toma el mínimo de los  $T_i$ , lo que equivale a  $T=1.0$ .

#### 5.3.2.2.4 Cálculo del índice $I_h$

Con todos estos datos, se obtienen los índices de Hirosawa para este cuerpo, en cada piso y dirección considerada. Los valores se entregan en la tabla 5.82.

**Tabla 5.82: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo D.**

Piso	$I_h$ Longitudinal	$I_h$ Transversal
P1	0.181	0.340
P2	0.137	0.457
P3	0.238	0.820

#### 5.3.2.2.5 Cálculo de $I_{so}$

Para evaluar la vulnerabilidad estructural se debe tener un valor mínimo del índice para poder calificar el comportamiento de la estructura. Estos valores se establecen de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 3 y los datos necesarios para el cálculo de  $I_{so}$  se indican en la tabla 5.83.

**Tabla 5.83: Datos para el cálculo de  $I_{so}$ . Cuerpo D.**

$T$	$T_0$	$S$	$R$
0.105	0.3	1.0	0.3

Los datos anteriores se basan en los siguientes aspectos:

- $T$ , período fundamental del cuerpo, se calcula como  $0.035n$ , lo que al considerar 3 pisos del cuerpo se tiene  $T=0.105$ .
- $T_0$  depende del tipo de suelo, lo que para suelo tipo II que es donde se encuentra el hospital significa un  $T_0=0.3$ . Por lo tanto, al tener  $T < T_0$ , el análisis se realiza con la primera fórmula que se presenta en el Capítulo 3.

c)  $S$  tiene valor 1.0 para suelo tipo II y corresponde al efecto de amplificación del suelo.

d)  $A_0$  corresponde a 0.3 para zona sísmica 2.

Con estos datos, el valor mínimo del índice de Hirosawa para que la vulnerabilidad estructural del edificio sea baja, corresponde a  $I_{s0}=0.441$ . Por lo tanto, los índices mayores que éste límite serán calificados como seguros y los casos con índices que queden por debajo de éste indican que es necesario hacer una evaluación más detallada. Para una evaluación preliminar, la vulnerabilidad estructural es alta para valores de  $I_h$  menores que 0.126 ( $R=7$ ) e intermedia para valores entre 0.126 y 0.441.

#### 5.3.2.2.6 Evaluación de la estructura

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad estructural del cuerpo, se comparan los índices calculados con los valores de  $I_{s0}$  y se determina el grado de vulnerabilidad del edificio. También se hace un análisis de sensibilidad del índice de acuerdo con algunas características particulares del edificio que puedan afectarlo.

a) **Cálculo Original** De acuerdo con los índices calculados para cada piso y dirección considerada, se obtienen índices bajos en todos los pisos de la dirección longitudinal. Esto se debe a que en esa dirección prácticamente no existen muros de hormigón armado, por lo que las albañilerías sin confinar determinan la capacidad resistente de la estructura.

Transversalmente, el índice da una vulnerabilidad baja para el 2° y 3° piso, lo que se debe a la presencia de dos muros de hormigón armado en la caja de escalas. En el primer piso el índice es menor, ya que, aunque existen los muros de hormigón, el área de muros de albañilería es menor que en el 2° piso, lo que sumado al mayor peso asociado a ese piso proporcionan un índice que corresponde a una vulnerabilidad media.

b) **Cálculo sin considerar los muros de albañilería sin confinar:** Como se destacó anteriormente estos elementos determinan el modo de falla en el cálculo del índice, sin embargo, para poder apreciar el efecto que estos elementos tienen en la estructura, se analiza el edificio sin

considerar estos elementos y los resultados son los indicados en la tabla 5.84.

Tabla 5.84: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería sin confinar. Cuerpo D.

Piso	k Longit.	% de L.	k Transv.	% de L.
P1	0.068	15%	0.408	93%
P2	0.077	17%	0.527	120%
P3	0.148	34%	1.010	229%

Por lo tanto, al eliminar los muros de albañilería sin confinar se aprecia un aumento de los índices en la dirección transversal en todos los pisos. Esto se produce porque se está considerando sólo los elementos de hormigón armado, los que a pesar de ser escasos, debido al poco peso del edificio pueden dar seguridad en todos los pisos.

En la dirección longitudinal, los valores del índice bajan aún más, reflejando que en esa dirección prácticamente los únicos elementos resistentes son los muros de albañilería, lo que representa una condición de riesgo estructural considerando que muchos de ellos no están bien confinados.

- c) Sensibilidad a la resistencia de los materiales: En este caso, se considera que los materiales utilizados pueden tener una resistencia mayor a la estimada. En el caso del hormigón el aumento se debe al endurecimiento del material con el tiempo, y en el caso de la albañilería se debe al confinamiento de los elementos, por lo que sólo se le aplica este aumento a aquellos elementos bien confinados.

De esta forma, se supone un hormigón con  $f'_c=200 \text{ kg/cm}^2$  y una albañilería con  $\tau_o=5 \text{ kg/cm}^2$ , y los resultados que se obtienen son los de la tabla 5.85.

Tabla 5.85: Sensibilidad con respecto a la resistencia de los materiales. Cuerpo D.

Piso	k Longit.	% de L.	k Transv.	% de L.
P1	0.201	46%	0.475	108%
P2	0.157	36%	0.631	143%
P3	0.277	63%	1.146	260%

**CAPITULO 6 Y 7 NO DISPONIBLES**