

## B. Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

La variación de la resistencia entre pisos consecutivos y su evaluación se indica en la tabla 5.60.

Tabla 5.60 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo 3.

Nivel	Area resistente $R_i$ (m <sup>2</sup> )	Variación entre pisos consecutivos  $\frac{R_i}{R_{i-1}}$	Situación
1	27.44	1.00	Bueno
2	27.44	2.31	Bueno
3	11.88	1.00	Bueno
4	11.88	1.00	Bueno
5	11.88		

La estructuración de este cuerpo está bien definida de acuerdo a este aspecto, resultando la calificación para todos los niveles buena.

## C. Variación del peso entre pisos consecutivos

La variación del peso de piso entre pisos consecutivos, así como la calificación resultante se indica en la tabla 5.61.

Tabla 5.61 Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo 3.

Nivel	Peso $W_i$ (ton)	Variación del peso entre pisos consecutivos $\frac{W_i}{W_{i-1}}$	Situación
1	1856	1.07	Bueno
2	1727	1.66	Malo
3	1040	1.03	Bueno
4	1014	1.06	Bueno
5	959		

Como se ha mencionado anteriormente, este aspecto tiene mayor sensibilidad, en comparación con la variación del área de planta, para detectar discontinuidades en altura. En este caso se obtiene una calificación mala para la discontinuidad entre los niveles 2° y 3°, pero la calificación es buena para los restantes niveles.

#### 5.3.2.1.3 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

De acuerdo con la evaluación realizada mediante el método de Hirosawa, y considerando que en general la edificación presenta una estructuración bastante regular en planta y altura, se estima que la vulnerabilidad estructural de este cuerpo es "MEDIA-ALTA"; sin embargo, como se ha visto en el análisis de los daños producidos por el terremoto de Marzo de 1985, uno de los problemas mayores de estas edificaciones es el detallamiento y cumplimiento de los requerimientos de independencia entre los elementos arquitectónicos y funcionales con la estructura principal.

### 5.3.2.2 CUERPO 2

Análogamente al cuerpo 3, se analizará sólo el índice de Hirosawa y adicionalmente se analizarán las variaciones de algunas características de la estructura entre pisos consecutivos.

#### 5.3.2.2.1 DETERMINACION DEL INDICE DE HIROSAWA ( $I_b$ )

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

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

Una de las diferencias entre los cuerpos 2 y 3 del hospital de San Antonio, es la forma distinta de los dos primeros niveles. Una de las consecuencias de esta diferencia es que en estos niveles, el cuerpo 2 tiene una columna menos que el cuerpo 3. En los 3 niveles superiores las dos estructuras son simétricas y tienen la misma cantidad de elementos resistentes. En la tabla 5.62 se detallan las áreas de las secciones transversales de los elementos resistentes verticales del cuerpo 2.

Tabla 5.62 Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo 2 ( $m^2$ ).

Nivel	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$A_{Cl}$	$A_{Sc}$	$A_{Cl}$	$A_{Sc}$
1	26.95		26.95	
2	12.25	14.70	8.82	18.13
3	11.88		11.88	
4	11.88		11.88	
5	11.88		11.88	

ii. Peso sísmico por piso

En la tabla 5.63 se entregan los valores de áreas de planta, pesos sísmicos por piso, pesos acumulados y los valores de peso sísmico por área de planta del cuerpo 2.

Tabla 5.63 Areas de planta y pesos sísmicos por piso del cuerpo 2.

Nivel	Area de Planta (m <sup>2</sup> )	Peso sísmico total (ton)	Peso Acumulado	Peso por m <sup>2</sup> de planta
1	1866.24	1864.90	6639540	1.00
2	1866.24	1748.42	4774637	0.94
3	1028.16	1057.89	3026212	1.03
4	993.96	1021.25	1968324	1.03
5	993.96	947.07	947075	0.95

En la tabla 5.64 se detalla el desglose de los pesos sísmicos para todos los pisos del cuerpo 2; para el último piso, análogamente al cuerpo 3, se ha agregado como sobre carga el peso de la estructura destinada a albergar los equipos mecánicos de los ascensores, que sólo ha sido considerada como un apéndice y no un piso propiamente tal.

Tabla 5.64 Distribución de pesos del cuerpo 2.

Elemento	Distribución de peso en toneladas y porcentaje del total (%)				
	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5
Losas	697.10 (37.4)	743.57 (42.5)	424.18 (40.1)	410.50 (40.2)	423.37 (44.7)
Sobre Carga	139.42 (7.5)	79.53 (4.5)	79.53 (7.5)	76.97 (7.5)	116.59 (12.3)
Baldosas	185.89 (10.0)	185.89 (10.6)	106.05 (10.0)	102.63 (10.0)	11.70 (1.2)
Techo	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	56.48 (6.0)
Vigas	554.39 (29.7)	545.90 (31.2)	287.34 (27.2)	274.62 (26.9)	273.89 (28.9)
Tabiquería	102.24 (5.5)	58.32 (3.3)	58.32 (5.5)	56.44 (5.5)	6.44 (0.7)
Columnas	185.86 (10.0)	135.20 (7.7)	102.47 (9.7)	100.09 (9.8)	58.60 (6.2)
Muros	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
Muros Albañilería	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)
Total Elementos Verticales	288.10 (15.4)	193.52 (11.1)	160.79 (15.2)	156.53 (15.3)	65.04 (6.9)
Total	1864.90 (100.0)	1748.42 (100.0)	1057.89 (100.0)	1021.25 (100.0)	947.07 (100.0)

### iii. Indices de resistencia

Los valores de los índices de resistencia se calculan de acuerdo con las expresiones del capítulo 3 y se entregan en la tabla 5.65 Para el tercer nivel se calcula el índice utilizando tanto la resistencia del hormigón especificada en el proyecto estructural y la resistencia medida en testigos extraídos luego del terremoto de Marzo de 1985

Tabla 5.65 Índices de resistencia del cuerpo 2  
( $f'_c = 172 \text{ kgf/cm}^2$ ).

Nivel	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$C_c$	$C_{sc}$	$C_c$	$C_{sc}$
1	0.349		0.349	
2	0.221	0.397	0.159	0.490
3 $f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$	0.196		0.196	
3 $f'_c = 172 \text{ Kg/cm}^2$	0.338		0.338	
4	0.519		0.519	
5	1.079		1.079	

iv. Valores de  $\alpha_i$  y F

Análogamente al análisis hecho para el cuerpo 3, para el segundo nivel se consideran los casos en que la estabilidad estructural depende sólo de las columnas no cortas de hormigón armado (M.R.C) y el caso en que depende de éstas y de las columnas cortas presentes en este nivel (M.R.A). Los coeficientes  $\alpha_i$  y F que resultan se indican en la tabla 5.66.

Tabla 5.66 Valores de  $\alpha_i$  y F del cuerpo 2.

Nivel	Dirección Longitudinal			Dirección Transversal		
	$\alpha_1$	$\alpha_3$	F	$\alpha_1$	$\alpha_3$	F
1	0	1	1	0	1	1
2 M.R.A	1	0.5	0.8	1	0.5	0.8
2 M.R.C	0	1	1	0	1	1
3	0	1	1	0	1	1
4	0	1	1	0	1	1
5	0	1	1	0	1	1

v. Cálculo de  $E_o$

Los valores obtenidos para el índice sísmico básico de comportamiento estructural para los distintos niveles y direcciones del cuerpo 2, se indican en la tabla 5.67.

Tabla 5.67 Valores de  $E_o$  del cuerpo 2 ( $f'_c = 172 \text{ kgf/cm}^2$ ).

Nivel	$E_o$	
	Dirección Longitudinal	Dirección Transversal
1	0.349	0.349
2 M.R.A	0.348	0.390
2 M.R.C	0.189	0.136
3 $f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$	0.147	0.147
3 $f'_c = 172 \text{ Kg/cm}^2$	0.253	0.253
4	0.346	0.346
5	0.647	0.647

B. Índice de configuración estructural ( $S_p$ )

El índice de configuración estructural del cuerpo 2 es igual al determinado para el cuerpo 3; resultando un valor para  $S_p$  igual a 0.855.

C. Índice de deterioro de la edificación (T)

El valor que se adopta para el índice de deterioro de la edificación para el cuerpo 2 es igual al valor adoptado para el cuerpo 3; es decir:

$$T = 1.0.$$

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

Los valores del índice de Hirosawa para el cuerpo 2 se indican en la tabla 5.68.

Tabla 5.68 Valores del índice  $I_h$  del cuerpo 2.

Nivel	$I_h$ ( $S_D=0.855, T=1.0$ )	
	Dirección Longitudinal	Dirección Transversal
1	0.298	0.298
2 M.R.A	0.298	0.334
2 M.R.C	0.162	0.116
3 $f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$	0.126	0.126
3 $f'_c = 172 \text{ Kg/cm}^2$	0.216	0.216
4	0.296	0.296
5	0.553	0.553

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

Los valores de  $I_{so}$  son los mismos del cuerpo 3, resultando:

$$(I_{so})_{serv} = 0.176$$

$$(I_{so})_{dlt} (R=2) = 0.519$$

$$(I_{so})_{dlt} (R=7) = 0.148$$

Análogamente, los rangos para determinar la vulnerabilidad estructural del cuerpo 2 son:

$$I_h > 0.519$$

Vulnerabilidad baja.

$$0.519 \geq I_h > 0.426$$

Vulnerabilidad media-baja.

$$0.426 \geq I_h > 0.241$$

Vulnerabilidad media.

$$0.241 \geq I_h > 0.148$$

Vulnerabilidad media-alta.

$$I_h \leq 0.148$$

Vulnerabilidad alta.



De acuerdo con estos valores y los de la tabla 5.68, se obtienen las conclusiones siguientes:

i.- Para el nivel de servicio, el segundo nivel satisface los requerimientos mínimos en la medida de que las columnas cortas no se desprecien.

ii.- En la medida que se consideran sólo las columnas no cortas no se satisface los requerimientos del estado de servicio.

iii.- El valor de la resistencia del hormigón, obtenida con la información de terreno, no cumple con los requisitos del estado de servicio.

iv.- El análisis del estado límite último permite establecer que la vulnerabilidad estructural es media en los pisos 1, 2 (considerando la contribución de las columnas cortas), 4 y 5.

Si se considera en el 2° piso sólo la contribución de las columnas dúctiles, la vulnerabilidad estructural queda determinada por la situación de la dirección transversal y es calificada como vulnerabilidad alta.

Para el tercer piso, se tiene una vulnerabilidad estructural media-alta en el caso de que la resistencia del hormigón fuese la especificada en el proyecto, situación similar a la del cuerpo 3; sin embargo, la experiencia recopilada después del terremoto del 3 de Marzo de 1985 indica una resistencia en los hormigones por debajo de los valores de diseño y por consiguiente la vulnerabilidad representativa de este piso es calificada como alta.

5.3.2.2.2 VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA

A. Variación del área de planta entre pisos consecutivos

En la tabla 5.69 se detallan las áreas de planta de los niveles del cuerpo 2, la variación entre pisos consecutivos y la calificación que resulta de este aspecto.

Tabla 5.69 Variación del área de planta entre pisos consecutivos del cuerpo 2.

Nivel	Area de planta $A_{pi}$ (m <sup>2</sup> )	Variación del área de planta entre pisos consecutivos $\frac{A_{pi}}{A_{p(i-1)}}$	Situación
1	1866.24	1.00	Bueno
2	1866.24	1.82	Regular
3	1028.2	1.03	Bueno
4	993.9	1.00	Bueno
5	993.9		

## B. Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

La variación de la resistencia entre pisos consecutivos se detalla en la tabla 5.70 junto con la calificación que se obtiene de acuerdo a los límites indicados en el capítulo 3.

Tabla 5.70 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo 2.

Nivel	Area resistente $R_i$ (m <sup>2</sup> )	Variación entre pisos consecutivos $\frac{R_i}{R_{i-1}}$	Situación
1	26.95	1.00	Bueno
2	26.95	2.27	Bueno
3	11.88	1.00	Bueno
4	11.88	1.00	Bueno
5	11.88		

### C. Variación del peso entre pisos consecutivos

La variación del peso entre pisos consecutivos se detalla en la tabla 5.71 junto con la calificación que se obtiene de acuerdo a los límites indicados en el capítulo 3.

Tabla 5.71 Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo 2.

Nivel	Peso $W_i$ (ton)	Variación del peso entre pisos consecutivos  $\frac{W_i}{W_{i-1}}$	Situación
1	1865	1.07	Bueno
2	1748	1.65	Malo
3	1058	1.04	Bueno
4	1021	1.08	Bueno
5	947		

Analizando estas tres características se puede comprobar que la estructura del cuerpo 2 es bastante regular salvo la singularidad que se presenta entre los pisos 2° y 3°; lo que implica para el caso de la variación del peso entre pisos consecutivos, una calificación de mala.

### 5.3.2.2.3 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Haciendo la evaluación de la vulnerabilidad estructural de acuerdo con el método de Hirosawa, se estima que este cuerpo tiene una vulnerabilidad estructural "ALTA"; si se considera la deficiencia detectada en la calidad del hormigón del tercer nivel. Destaca el hecho de que si la calidad de este material fuese similar a la del cuerpo 3, el cuerpo 2 tendría una vulnerabilidad estructural media-alta.

Análogamente al cuerpo 3, la estructuración del cuerpo 2 es bastante regular en planta y altura; exceptuando la discontinuidad que se produce entre los niveles segundo y tercero.

Asimismo se destaca que los criterios utilizados para evaluar la vulnerabilidad de la edificación concuerdan en gran medida con la situación experimentada por los dos cuerpos de este hospital; es así como, mientras el cuerpo 3 no sufrió daños estructurales y el cuerpo 2 sí los tuvo, la evaluación de la vulnerabilidad estructural de estos cuerpos es media-alta y alta respectivamente.

#### 5.4 RESUMEN DE INDICES

En la tabla 5.72 se entrega un resumen de los índices evaluados para el hospital de Neurocirugía y en la tabla 5.73 se entregan los valores de los índices del hospital de San Antonio.

Tabla 5.72 Resumen de los índices evaluados para el hospital de Neurocirugía.

Cuerpo	Nivel	Dirección Longitudinal					Dirección Transversal				
		$I_m$	$I_c$	$I_t$	$I_h$	$I_{mm}$	$I_m$	$I_c$	$I_t$	$I_h$	$I_{mm}$
A	2	38.7	21.3	22.7	0.21		65.7	8.1	18.0	0.35	
	3	71.4	25.6	13.8	0.33		96.5	11.5	12.4	0.45	
	4	92.4	32.3	10.5	0.39		123.9	14.2	9.5	0.54	
	5	75.2	48.1	10.7	0.32		144.9	19.9	8.0	0.59	
	6	97.9	73.3	7.8	0.40		255.4	27.3	4.7	0.87	
	7	327.0	75.2	5.6	0.60		522.1	39.1	4.0	0.89	
	B	1	119.5	6.6	8.6	0.75		63.0	7.1	15.5	0.47
2		132.4	5.7	7.5	0.83		89.2	6.2	10.8	0.60	
3		109.6	17.3	7.5	0.65		96.2	16.4	8.4	0.63	
4		148.8	23.2	4.7	0.92		105.1	36.4	5.7	0.78	
5					0.23	0.018				0.13	0.014
6					0.18	0.012				0.25	0.027
Estanque Elevado	1				1.07				0.73		

Para los pisos 5 y 6 del cuerpo B se han adoptado los valores del índice de Hirosawa que resultan al adoptar como modo de rotura en la dirección longitudinal el que está definido por la falla de los muros de hormigón armado (piso 5) y las columnas de hormigón armado (piso 6). En la dirección transversal se ha adoptado los valores que resultan de considerar el modo de rotura dependiente de los elementos de albañilería confinada.

Tabla 5.73 Resumen de los índices evaluados para el hospital de San Antonio.

Cuerpo	Nivel	Dirección Longitudinal					Dirección Transversal				
		$I_m$	$I_c$	$I_t$	$I_h$	$I_{mn}$	$I_m$	$I_c$	$I_t$	$I_h$	$I_{mn}$
3	1				0.306				0.306		
	2				0.281				0.328		
	3				0.217				0.217		
	4				0.295				0.295		
	5				0.547				0.547		
2	1				0.298				0.298		
	2				0.298				0.334		
	3				0.126				0.126		
	4				0.296				0.296		
	5				0.553				0.553		

Para el 2° piso del cuerpo 3 se ha adoptado como representativo, el valor del índice de Hirosawa resultante de adoptar el modo de falla dependiente de las columnas cortas de hormigón armado. Se considera la resistencia del hormigón de acuerdo con las especificaciones de los planos estructurales.

Para el cuerpo 2, la situación adoptada para el 2° piso es similar al caso del cuerpo 3; vale decir, se adopta el modo de falla dependiente de las columnas cortas. La resistencia del hormigón utilizada es la que corresponde a la clase especificada en los planos estructurales, pero para el caso del tercer piso se ha considerado la resistencia defectuosa producto de las deficiencias constructivas mencionadas en el punto 5.2.2.i.

## 5.5 RECOPIACION DE ANTECEDENTES DE HOSPITALES ESTRUCTURADOS CON MARCOS DE HORMIGON ARMADO

La recopilación de antecedentes de hospitales estructurados con marcos de hormigón armado se realiza para calibrar el método de Hirosawa y establecer la vulnerabilidad estructural de este tipo de edificios.

Principalmente se utilizan los antecedentes reunidos en el proyecto de evaluación de la vulnerabilidad del sistema hospitalario chileno, estudio del cual forma parte la presente memoria.

### 5.5.1 HOSPITAL DE ARICA

Las edificaciones estructuradas con marcos de hormigón armado del hospital de Arica corresponden a los cuerpos I1 e I3, de acuerdo con la identificación empleada en la memoria de "ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES DE ARICA Y ANTOFAGASTA" (Hauyon, 1996); estos cuerpos fueron construídos entre los años 1969 y 1971.

Según Hauyon, los daños producidos por el sismo del 8 de Agosto de 1987 en estos cuerpos fueron:

- a.- Los daños observados en los elementos estructurales correspondieron sólo a agrietamiento de los estucos y revestimientos de los mismos.



b.- Los daños en elementos no estructurales corresponden a agrietamientos en el contorno de las tabiquerías de albañilería, especialmente en el encuentro con las columnas de la estructura y en menor grado, en el encuentro con las losas o vigas ubicadas sobre estos tabiques.

De acuerdo con el informe del proyecto de reparaciones efectuado por la empresa ARBEC Ingeniería Ltda., sólo se identifican los daños resumidos anteriormente y no se destaca o identifican daños como caída de cielos falsos o rotura masiva de vidrios. Según Astroza (Astroza, 1997), durante la visita efectuada al hospital se informó por parte de los funcionarios, que los cielos falsos de Luxalon se desprendieron.

Los valores del índice de Hirosawa, determinados por Hanyon, de estos dos cuerpos son los indicados en la tabla 5.74.

Tabla 5.74 Índices de Hirosawa de los cuerpos I1 e I3 del Hospital de Arica (Hanyon, 1996).

Nivel	Cuerpo I1. Direcciones Longitudinal y Transversal.	Cuerpo I3. Direcciones Longitudinal y Transversal.
1	0.23	0.25
2	0.25	0.27
3	0.22	0.24
4	0.30	0.33
5	0.59	0.68

De acuerdo con estos valores y considerando que los edificios se ubican en zona sísmica 3 y sobre un suelo tipo II, Hanyon establece, usando los criterios expuestos en el capítulo 3, que la vulnerabilidad estructural se puede calificar como "Media-Alta" y "Media" para los cuerpos I1 e I3 respectivamente.

Las intensidades del sismo del 8 de Agosto de 1987 (González et al., 1989) y la intensidad máxima esperada en la ciudad de Arica (Kausel, 1996) son VI a VII y IX grados en la escala de Mercalli Modificada respectivamente.

Con estos antecedentes se puede destacar que la estructura resistió apropiadamente la acción de un sismo de mediana intensidad (IMM entre VI y VII) y que los daños en las tabiquerías de albañilería se debieron principalmente a las deficiencias en la ejecución de la huelga que los aisle de la estructura flexible en la que se ubican. De acuerdo con los principios establecidos en la norma chilena de diseño sísmico (NCh 433, 1996), este nivel de daño sería aceptable mientras no se tome en cuenta la continuidad de funcionamiento del sistema.

#### 5.5.2 HOSPITAL DE ANTOFAGASTA

De acuerdo con los datos reunidos por Hauyon (1996), se puede considerar para esta calibración el piso 2 del cuerpo A en la dirección transversal, de acuerdo con la designación usada por Hauyon. Esta edificación data del año 1965.

Según Hauyón, los daños producidos por el sismo del 30 de Julio de 1995 en el cuerpo A fueron:

a.- Agrietamiento en la junta de hormigonado de dos columnas del 2° piso.

b.- Daños en muros de relleno contruídos con albañilería. Estos daños corresponden a fisuras horizontales, ubicadas a media altura, y fisuras verticales, ubicadas a la mitad de la longitud del paño.

c.- Rotura de vidrios en los pasillos interiores y en la caja de escala de este cuerpo.

El valor del índice de Hirosawa, determinado por Hanyon (1996), para este caso seleccionado es:

a.- Piso 2 Cuerpo A, dirección transversal:  $I_h = 0.32$

Con este valor y considerando que el hospital se ubica en la zona sísmica 3 y sobre un suelo tipo II, Hanyon establece que la vulnerabilidad estructural es "Alta" para el caso seleccionado.

Las intensidades del sismo del 30 de Julio de 1995 y la intensidad máxima esperada son VI a VII y VIII a IX grados en la escala de Mercalli Modificada respectivamente.

### 5.5.3 HOSPITAL DE COPIAPO

La edificación considerada de este hospital corresponde al cuerpo donde funcionan los servicios de Some y Administración.

Según Boroschek et al., 1996, el actual hospital de Copiapó fue proyectado a fines de la década de los años sesenta y construido a comienzo de los setentas, el hospital ha sufrido los efectos de los sismos del 3 de Agosto de 1978, del 5 de Octubre de 1983 y del sismo del 31 de Octubre de 1995, con epicentros ubicados frente a las costas de Copiapó. Además se destaca que el sismo del 30 de Julio de 1995, ocurrido en la zona de Antofagasta, produjo daños leves en el hospital.

Al analizar los efectos de estos sismos en los edificios del hospital se comprueba que ellos son similares, lo que permite concluir que los daños del sismo de 1978 no han sido reparados en forma adecuada ni se han controlado las causas que los originan.

Los daños producidos por el sismo del 3 de Agosto de 1978 se obtuvieron del material fotográfico perteneciente al Servicio de Salud de Atacama (fechadas en 1979), destacándose las grietas de los muros de relleno contruídos de albañilería ubicados en los cabezales norte y sur del primer piso y en el sector poniente. De acuerdo con el informe del Depto. de Recursos Físicos, el nivel de agrietamiento de estos muros obligó a cambiar las albañilerías del primer piso del edificio donde funcionan las dependencias administrativas.

El sismo del 5 de Octubre de 1983 no produjo el mismo nivel de daños que el sismo de 1978 en la ciudad de Copiapó. En los diarios de la época sólo se destacan los daños del edificio de Administración del hospital, especialmente los daños en las columnas, los muros de relleno de albañilería y en la escala, daños que coinciden con los producidos durante el sismo de 1978. De acuerdo con la información entregada por el Depto. de Recursos Físicos del Servicio de Salud de Atacama (S.S.A, 1996), se volvieron a dañar los muros de relleno cuyas albañilerías se habían repuesto y la escala al segundo piso sufrió grietas en partes diferentes a las producidas anteriormente, las que habían sido reparadas inyectando resinas epóxicas.

Los daños observados durante las visitas relizadas por Boroschek et al, los días 21, 22 y 23 de Marzo de 1996 y que corresponden a los producidos por los sismos del año 1995, son:

a.- Daños en elementos estructurales:

- Grietas de corte en las columnas ubicadas junto a la junta de dilatación que separa a este cuerpo del edificio vecino. La grieta de una de las columnas tiene un espesor de 0.3 mm lo que se clasifica como un daño estructural ligero, de acuerdo con la tabla 3.4 (Iglesias et al, 1987) y se origina por un efecto de columna corta que se produce al chocar los edificios.

- Fisuración de las columnas debida a flexión.
- Fisuración en la junta de hormigonado en las columnas del segundo piso ubicadas en el eje longitudinal del lado poniente en el encuentro con la viga de antepecho.
- Fisuración de una viga en su encuentro con el nudo de columna.
- Agrietamiento diagonal de algunas losas en sus esquinas. Este agrietamiento puede estar asociado a esfuerzos sísmicos.

b.- Daños en elementos no estructurales:

- Los sismos de 1995 produjeron agrietamiento y fisuración en los muros de albañilería de relleno. En el primer piso, este agrietamiento es severo especialmente en su contorno. En el segundo piso, los muros de relleno del eje ubicado en el extremo norte presentan fisuras diagonales y horizontales.

Todas estos daños se asocian a la falta de aislación entre estos elementos y la estructura resistente del edificio.

Los valores del índice de Hirosawa de este cuerpo son los indicados en la tabla 5.75.

Tabla 5.75 Indices de Hirosawa para el cuerpo de Some y Administración del Hospital de Copiapó (Boroschek et al., 1996).

Nivel	$I_h$ Longitudinal	$I_h$ Transversal
1	0.22	0.22
2	0.699	0.49

Usando los criterios expuestos en el capítulo 3 y considerando que este hospital se ubica en la zona sísmica 2 y sobre un suelo tipo II, se puede estimar que la vulnerabilidad estructural es "Media-Alta".

Las intensidades del sismo del 3 de Agosto de 1978 y la intensidad máxima esperada son, respectivamente, VII y IX grados en la escala de Mercalli Modificada (Boroschek et al., 1996). El tipo de daño que ha experimentado esta edificación no es aceptable si se tiene en cuenta que los sismos que la han afectado han sido de mediana intensidad. Las reparaciones que se han realizado sólo han pretendido recuperar la estructura original, manteniendo sus deficiencias.

#### 5.5.4 HOSPITAL DR GUSTAVO FRICKE

Este hospital tiene un edificio estructurado con marcos de hormigón armado, que corresponde a una de las últimas ampliaciones de este centro hospitalario. La edificación estudiada corresponde al cuerpo E, de acuerdo con la designación utilizada en la memoria de "ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES CARLOS VAN BUREN Y DR. GUSTAVO FRICKE" (Gahona, 1996).

De acuerdo con los antecedentes proporcionados por Gahona, el edificio se encontraba en su obra gruesa en el momento que ocurrió el sismo del 3 de Marzo de 1985 y presentó daños sólo en los tabiques de relleno de albañilería contruídos con ladrillos hechos a máquina del tipo rejilla con huecos, no informándose daños en los elementos de la estructura principal. Estos tabiques fueron reemplazados posteriormente por otros contruídos con materiales más livianos.

En la tabla 5.76 se entregan los valores del índice de Hirosawa para los distintos pisos de este cuerpo.

Tabla 5.76 Índices de Hirosawa del cuerpo E, Hospital Dr Gustavo Fricke (Gahona, 1996).

Nivel	$I_h$ Longitudinal	$I_h$ Transversal
1	0.43	0.37
2	0.50	0.43
3	0.92	0.79

De acuerdo con estos valores y considerando que este hospital se encuentra en la zona sísmica 3 y sobre un suelo tipo II, Gahona establece que la vulnerabilidad estructural es "media-baja", pero considerando algunas irregularidades le asigna finalmente como "MEDIA". Entre estas irregularidades se destaca la existencia de una pasarela en el segundo piso que puede actuar como puntal y provocar daños en las columnas ubicadas en la ampliación de este piso y además que las vigas perimetrales del primer y segundo piso no se conectan en forma concéntrica con las columnas respectivas.

La intensidad del sismo del 3 de Marzo de 1985 en Viña del Mar varió entre VI y VIII grados en la escala MSK y la intensidad máxima esperada para el sector en que se ubica el hospital es entre 7 1/2 y 8 grados.

#### 5.5.5 HOSPITAL DE CURICO

Del hospital de Curicó se seleccionan dos edificaciones estructuradas con marcos de hormigón armado, éstas corresponden a los cuerpos identificados como A y B en la memoria de "ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES SAN JUAN DE DIOS DE CURICO Y DR. CESAR CARAVAGNO B. DE TALCA" (Sepúlveda, 1997). Estas edificios fueron construídos el año 1971.

Según Sepúlveda, los daños que produjo el sismo del 3 de Marzo de 1985 en estos dos cuerpos corresponden a los siguientes:

- Primer Piso: Daños en elementos no estructurales, entre los que se destacan las grietas producidas en los tabiques interiores y la caída de estucos de gran carga (espesor mayor que 3 cm.).

Daños estructurales se producen en casos excepcionales, destacándose solamente el daño en la unión de una viga de hormigón armado con un pilar metálico.

- Segundo Piso: En este piso se produjo una mayor cantidad de daños que en el primer piso, siendo la magnitud de ellos similar; se destaca la gran cantidad de tabiques con serias grietas e incluso vaciamiento producidos por el desprendimiento de los ladrillos.

Sólo se destaca un caso de daño en elemento estructural y corresponde a la fisura y desprendimiento del estuco de un pilar, sin compromiso de la estabilidad y resistencia del elemento.

- Tercer Piso: Los daños en elementos no estructurales son similares a los de los pisos inferiores.

El daño reportado en los elementos estructurales corresponde al desprendimiento del recubrimiento con la consiguiente exposición de las armaduras de algunas vigas y columnas interiores.

- Cuarto Piso: Se destacan los daños en el encuentro de elementos estructurales con elementos arquitectónicos; estos daños se producen en mayor medida en las subestructuras en voladizo que hay en este nivel.



- Quinto Piso: Solamente se produjeron daños en los elementos no estructurales, destacándose los producidos en la zona de la junta de dilatación entre ambos cuerpos.

En general, la gran cantidad de daños se estima que se produce por la flexibilidad del sistema y por la falta de soluciones que aislen los elementos arquitectónicos y de relleno de la estructura resistente.

Los valores del índice de Hirosawa obtenidos por Sepúlveda para estos dos cuerpos, se indican en la tabla 5.77.

Tabla 5.77 Índices de Hirosawa de los cuerpos A y B del hospital de Curicó (Sepúlveda, 1997).

Nivel	Cuerpo A. Direcciones Longitudinal y Transversal.	Cuerpo B. Direcciones Longitudinal y Transversal.
1	0.172	0.165
2	0.182	0.179
3	0.221	0.216
4	0.296	0.290
5	0.568	0.514

Con estos valores y considerando que el hospital se ubica en la zona sísmica 2 y sobre un suelo tipo II, Sepúlveda establece que la vulnerabilidad estructural de estos cuerpos es "Media-Alta".

La intensidad del sismo del 3 de Marzo de 1985 para la ciudad de Curicó fue de VII grados en la escala de Mercalli modificada y la intensidad máxima esperada para esta ciudad (Kausel, 1995) es de VIII grados.

#### 5.5.6 HOSPITAL DE TALCA

En este hospital existen dos cuerpos estructurados con marcos de hormigón armado. Según Sepúlveda estos corresponden a los cuerpos C y D, los que fueron construídos el año 1988; no existiendo en ellos informes de daños producidos por eventos sísmicos.

Los valores del índice de Hirosawa para los dos pisos de los cuerpos C y D se entregan en la tabla 5.78.

Tabla 5.78. Índices de Hirosawa de los cuerpos C y D del hospital de Talca (Sepúlveda, 1997).

Nivel	Cuerpo C. Direcciones Longitudinal y Transversal.	Cuerpo D. Direcciones Longitudinal y Transversal.
1	0.317	0.324
2	0.480	0.500

Con estos valores y considerando que el hospital se ubica en la zona sísmica 2 y sobre un suelo tipo II, Sepúlveda les asigna a estos cuerpos una vulnerabilidad estructural Media. Al considerar la situación del piso mecánico ubicado sobre el segundo piso, establece finalmente que la vulnerabilidad estructural de los cuerpos C y D es "Media-Alta".

La mayor intensidad sísmica registrada en la ciudad de Talca desde la fecha de construcción de estos cuerpos corresponde a VI grados en la escala de Mercalli Modificada y se produjo durante el temblor del 14 de Mayo de 1990 con epicentro ubicado en la zona de Linares y una magnitud de 5.8 grados en la escala de Richter (Departamento de Geofísica, 1990). La intensidad máxima esperada para esta ciudad (Kausel, 1995) es de VIII grados.

### 5.5.7 HOSPITAL DE CHILLAN

El hospital de Chillán tiene un cuerpo estructurado con marcos de hormigón armado que forma parte del proyecto de normalización; su construcción finalizó el año 1993 y se encuentra en funcionamiento desde ese mismo año.

Debido a la fecha de construcción de este cuerpo, no ha estado sometido a eventos sísmicos relevantes, por lo que no ha experimentado daños.

A continuación se exponen los datos extraídos de la memoria de "ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES DE CHILLAN Y CLINICO REGIONAL DE CONCEPCION" realizada por Magno Mery.

Los valores del índice de Hirosawa para los distintos pisos del cuerpo C se detallan en la tabla 5.79.

Tabla 5.79 Índices de Hirosawa del cuerpo C, Hospital de Chillán (Mery, 1996).

Nivel	$I_b$ Longitudinal y Transversal
1	0.24
2	0.27
3	0.31
4	0.34
5	0.52
6	0.92

Con estos valores y considerando que el hospital se ubica en la zona sísmica 3 y sobre un suelo tipo II, Mery establece que la vulnerabilidad estructural del cuerpo C es del tipo "Media".

La mayor intensidad que ha experimentado este cuerpo corresponde a VI grados en la escala de Mercalli Modificada, la que se produjo durante el temblor del 14 de Mayo de 1990 con epicentro ubicado en la zona de Linares y una magnitud de 5.8 grados en la escala de Richter (Departamento de Geofísica, 1990). La intensidad máxima esperada para la ciudad de Chillán se estima en VIII grados en la escala de Mercalli Modificada para un sismo con epicentro ubicado en las costas de la región (Kausel, 1995). De acuerdo con lo observado durante el terremoto de 1939, la intensidad puede ser mayor, aproximadamente X grados para un sismo con un mecanismo similar a dicho terremoto.

#### 5.5.8 HOSPITAL DE CONCEPCION

El hospital Regional de Concepción posee un cuerpo estructurado con marcos de hormigón armado. Este cuerpo forma parte del último proyecto de ampliación y se designa como cuerpo P de acuerdo al trabajo realizado por Mery (1996).

Para este cuerpo no se tiene información de daños debido a que no han ocurrido eventos destructores en el tiempo que va desde su construcción, la que finalizó el año 1988.

En la tabla 5.80 se entregan los valores del índice de Hirosawa para los distintos pisos del cuerpo P.

Tabla 5.80 Índices de Hirosawa del cuerpo P, Hospital de Concepción (Mery, 1996).

Nivel	$I_h$ Longitudinal y Transversal
1	0.15
2	0.28
3	0.32
4	0.40
5	0.51
6	0.94

Con estos valores y considerando que el hospital se ubica en la zona sísmica 3 y sobre un suelo tipo III, Mery establece que la vulnerabilidad estructural del cuerpo P es "Alta"; principalmente por la situación del piso bajo.

La mayor intensidad que ha experimentado este cuerpo corresponde a un grado V de la escala de Mercalli Modificada y se produjo durante el temblor del 14 de Mayo de 1990 con epicentro en la zona de Linares y una magnitud de 5.8 grados en la escala de Richter (Departamento de Geofísica, 1990). La intensidad máxima esperada para la ciudad de Concepción se estima entre VIII y IX grados en la escala de Mercalli Modificada (Kausel, 1995).

5.5.9 RESUMEN DE ANTECEDENTES

En la tabla 5.81 se resumen los antecedentes necesarios para calibrar el índice de Hirosawa. En esta tabla se indica la categoría de daños de acuerdo con la tabla 3.10 y la calificación preliminar de la vulnerabilidad estructural realizada de acuerdo con los criterios expuestos en el capítulo 3.

Para lograr interpretar de mejor manera estos datos se entregan las figuras 5.1, 5.2 y 5.3. En la figura 5.1 se muestra la relación entre los daños reportados y las intensidades y el índice de Hirosawa de los hospitales analizados. Las figuras 5.2 y 5.3 muestran la tendencia del índice de Hirosawa con la zona sísmica y el año de construcción de las estructuras representativas de cada hospital. La notación alfabética utilizada en estas dos figuras corresponde a la denominación indicada en la tabla 5.81.

Tabla 5.81 Resumen de valores para calibración del índice de Hirosawa.

Hospital, Cuerpo, (fecha construcción) (denominación).	Piso	$I_h$	Categoría y tipo de daño.	Fecha e Intensidad del mayor sismo que ha afectado al hospital. (MM).	Intensidad máxima esperada. (MM).	Calificación preliminar de la vulnerabilidad estructural.
Arica, Cuerpo I1.  (1971)  (A)	1	0.23	1. No estructural	08/08/1987 VI a VII	IX	"Media-Alta"
	2	0.25				
	3	0.22				
	4	0.30				
	5	0.59				
Arica, Cuerpo I3.  (1971)  (B)	1	0.25	1. No estructural	08/08/1987 VI a VII	IX	"Media"
	2	0.27				
	3	0.24				
	4	0.33				
	5	0.68				