

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ESTIMACIÓN PRELIMINAR
DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS HOSPITALES
SÓTERO DEL RÍO Y HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA

DANIEL HERNÁN SILVA HENRÍQUEZ

PROFESORES GUÍAS:

SR. RUBÉN BOROSCHEK K.

SR. MAXIMILIANO ASTROZA I.

PROFESOR DE COMISIÓN:

SR. EDGAR KAUSEL V.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

SANTIAGO DE CHILE
JULIO, 1996

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: DANIEL SILVA HENRÍQUEZ
FECHA: 24/07/1996
PROF. GUÍA: SR. RUBÉN BOROSCHEK K.
SR. MAXIMILIANO ASTROZA I.**

ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS HOSPITALES SÓTERO DEL RÍO Y HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA

La vulnerabilidad de un centro hospitalario queda determinada por la capacidad de atención que pueden ofrecer sus servicios clínicos y de apoyo a la emergencia una vez ocurrido un sismo severo.

El objetivo de este trabajo de título es aplicar una metodología de evaluación sísmica de centros hospitalarios usando como referencia los Hospitales Dr. Sótero del Río y Regional de Rancagua. Este estudio surge de la necesidad de conocer el estado actual del Sistema de Salud Pública de Chile ante la amenaza de eventos sísmicos.

Para la evaluación de la vulnerabilidad estructural se utilizan metodologías cualitativas que se apoyan en una serie de índices globales aplicables a la estructura. La evaluación de la vulnerabilidad no estructural se basa en aspectos cualitativos considerando sus características propias, su interacción con el sistema estructural y su función o uso.

La metodología fue aplicada sólo a algunas edificaciones de los hospitales, las que fueron seleccionadas de acuerdo a la importancia de los servicios que en ellas funcionan.

De este estudio se concluye que la metodología empleada en estos centros hospitalarios permite detectar en forma preliminar aspectos vulnerables y no vulnerables en los servicios estudiados.

*Cuando se logra un objetivo
siempre es bueno mirar hacia atrás,
para aprender de los errores
y los éxitos no olvidar.*

*Al observar en mis recuerdos
encuentro muchos momentos,
tanto dulces como amargos,
que han quedado en mi pensamiento.*

*Pero en cada uno de ellos
me he sentido acompañado
por tres maravillosas personas
que el Cielo me ha regalado.*

*Porque cuando he necesitado apoyo
ellos me lo han brindado,
y si he caído en problemas
siempre junto a mi han estado.*

*Si la desorientación me ha oprimido,
siempre he encontrado un consejo,
y sólo se lo debo a ellos,
el haber llegado tan lejos.*

*Si algo tengo que agradecer
al gran Señor de la Biblia,
es haberme hecho nacer
en la más hermosa familia.*

*A mi Hermana, mi Madre y mi Padre
los llevo en el pensamiento,
en el corazón y en el alma,
llenos de agradecimientos.*

*Porque siempre tuve este sueño,
y porque juntos siempre estamos,
este logro es para ellos
las personas que más amo.*

A mi Familia.

AGRADECIMIENTOS

- ⇒ A mis profesores guías, Sr. Rubén Boroschek y Sr. Maximiliano Astroza, por su constante apoyo y orientación en la realización de este trabajo.
- ⇒ Al profesor Edgar Kausel, por sus oportunas observaciones y apoyo en este trabajo.
- ⇒ A Claudio Osorio, por la motivación y compañerismo que nos entregó a todos los que trabajamos en el proyecto de Hospitales. Y aunque ahora esté lejos, siempre estaré agradecido por haber contado con más que un compañero, un amigo, que siempre supo dar un consejo cuando lo necesité.
- ⇒ Al Sr. Cesar Palomares y todo el personal del Hospital Dr. Sótero del Río, por su colaboración en la recolección de la información requerida para este trabajo.
- ⇒ Al Sr. Mauricio Sánchez y todo el personal del Hospital Regional de Rancagua, por su colaboración en la recolección de la información requerida para este trabajo.
- ⇒ Al Sr. Luis Busco, por la colaboración brindada para la realización de este trabajo de título.
- ⇒ A Mariela Mualin por el gran apoyo y amistad que me ha brindado en estos meses de trabajo y porque en los momentos difíciles siempre tuvo una sonrisa y un consejo que entregar.
- ⇒ A Patricio Gahona, Claudio Hauyon, Alvaro Latorre, Magno Mery, Rubén Santos, Andrés Sepúlveda y Juan Esteban, mis amigos con quienes he compartido los buenos y los malos momentos durante estos meses de trabajo, y porque siempre he sentido su apoyo.
- ⇒ A mi tío Roberto Henríquez, por que siempre ha sido un ejemplo para mí y porque parte de este trabajo siento que se lo debo a él. Muchas gracias.
- ⇒ A la mujer que más amo en este mundo, Gladys. Porque sin tu incesante apoyo, amor y comprensión este trabajo no lo hubiese podido terminar. Porque me siento el hombre más afortunado al poder compartir mi vida con la tuya. Y porque esta memoria también está dedicada a ti. Te Amo.
- ⇒ Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de esta memoria de título.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. SISMICIDAD REGIONAL	4
2.1 INTRODUCCIÓN.....	4
2.2 SISMICIDAD DE CHILE	5
2.2.1 REGIONALIZACIÓN DE GAJARDO Y LOMNITZ (1960).....	9
2.2.2 REGIONALIZACIÓN DE WELKNER (1964).....	9
2.2.3 REGIONALIZACIÓN DE LABBÉ (1976).....	10
2.2.4 REGIONALIZACIÓN DE BARRIENTOS (1980).....	10
2.2.5 REGIONALIZACIÓN DE MARTIN (1990)	11
2.3 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE	14
2.4 SISMOS IMPORTANTES Y SUS EFECTOS	21
2.4.1 SISMO DEL 17 DE MARZO DE 1575	21
2.4.2 SISMO DEL 13 DE MAYO DE 1647	21
2.4.3 SISMO DEL 8 DE JULIO DE 1730	21
2.4.4 SISMO DEL 6 DE DICIEMBRE DE 1850	22
2.4.5 SISMO DEL 16 DE AGOSTO DE 1906	22
2.4.6 SISMO DEL 1 DE DICIEMBRE DE 1928	22
2.4.7 SISMO DEL 4 DE SEPTIEMBRE DE 1958	22
2.4.8 SISMO DEL 8 DE JULIO DE 1971	23
2.4.9 SISMO DEL 3 DE MARZO DE 1985	23
2.4.10 SISMO DE SEPTIEMBRE DE 1987	26
2.5 PARÁMETROS SÍSMICOS PARA EL HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA	26
2.5.1 MICROZONIFICACIÓN	26
2.5.2 INTENSIDAD MÁXIMA REGISTRADA	26
2.5.3 DAÑOS DE ACUERDO A LA INTENSIDAD.....	27
2.5.4 INTENSIDAD MÁXIMA ESPERADA	27
2.6 PARÁMETROS SÍSMICOS PARA EL HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO	27
2.6.1 MICROZONIFICACIÓN	27
2.6.2 INTENSIDAD MÁXIMA REGISTRADA	28
2.6.3 DAÑOS DE ACUERDO A LA INTENSIDAD.....	28
2.6.4 INTENSIDAD MÁXIMA ESPERADA	28
3. CRITERIOS DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE HOSPITALES.....	31
3.1 INTRODUCCIÓN.....	31
3.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	31
3.2.1 MÉTODO DE HIROSAWA.....	33
3.2.1.1 CÁLCULO DEL ÍNDICE I_H	33
3.2.1.2 CÁLCULO DE E_0	34
3.2.1.3 CÁLCULO DE S_D	39
3.2.1.4 CÁLCULO DE T.....	40
3.2.1.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE I_{SO}	42
3.2.2 ÍNDICES DE SHIGA.....	44
3.2.3 ÍNDICE DE DENSIDAD DE MUROS DE MELJ	46
3.2.4 VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA	48
3.2.4.1 VARIACIÓN DEL ÁREA DE LA PLANTA ENTRE PISOS CONSECUTIVOS.....	49
3.2.4.2 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE PISOS CONSECUTIVOS.....	50
3.2.4.3 VARIACIÓN DE LA RIGIDEZ	51
3.2.4.4 EXCENTRICIDAD	52
3.2.4.5 VARIACIÓN DEL PESO.....	53
3.2.5 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES A CALCULAR.....	53

3.2.6 COMENTARIOS AL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD.....	54
3.3 VULNERABILIDAD DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	55
3.3.1 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN ESTUDIO.....	56
3.3.2 MÉTODOS DE EVALUACIÓN SÍSMICA	56
3.3.2.1 ANÁLISIS MATEMÁTICO.....	57
3.3.2.2 PRUEBAS SÍSMICAS	57
3.3.2.3 EXPERIENCIAS PASADAS.....	58
3.3.2.4 CRITERIO DE UN GRUPO DE EXPERTOS.....	58
3.3.2.5 COMBINACIÓN DE LOS ANTERIORES	59
3.3.3 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN SÍSMICA DEL HOSPITAL.....	59
3.3.3.1 SELECCIÓN DE SERVICIOS CLÍNICOS.....	59
3.3.3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS Y MAQUINARIA	59
3.3.3.3 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	60
3.3.3.4 VISUALIZACIÓN DE POSIBLES RIESGOS	61
3.3.3.5 VISITA A TERRENO	62
3.3.3.6 RECOMENDACIONES.....	62
4. DESCRIPCIÓN DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS.....	64
4.1 INTRODUCCIÓN.....	64
4.2 HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA.....	64
4.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	64
4.2.2 SUELO DE FUNDACIÓN.....	68
4.2.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.....	69
4.2.3.1 CUERPO A	69
4.2.3.2 CUERPO B	72
4.2.3.3 CUERPO F.....	74
4.2.4 CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS.....	76
4.2.5 LÍNEAS VITALES.....	78
4.2.6 EQUIPOS.....	79
4.2.6.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS	80
4.2.6.2 EQUIPOS Y CONTENIDO.....	80
4.3 HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO	81
4.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	81
4.3.2 SUELO DE FUNDACIÓN.....	85
4.3.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.....	87
4.3.3.1 CUERPO A	87
4.3.3.2 CUERPO D	90
4.3.4 CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS.....	91
4.3.5 LÍNEAS VITALES.....	93
4.3.6 EQUIPOS.....	95
4.3.6.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS	96
4.3.6.2 EQUIPOS Y CONTENIDO.....	96
5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS PRELIMINARES.....	99
5.1 INTRODUCCIÓN.....	99
5.2 HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA.....	99
5.2.1 CUERPO A	100
5.2.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES A CALCULAR.....	100
5.2.1.2 ÍNDICE DE HIROSAWA.....	101
5.2.1.2.1 Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E_o)	101
5.2.1.2.2 Índice de configuración estructural (S_D).....	104
5.2.1.2.3 Índice de deterioro de la edificación (T).....	105
5.2.1.2.4 Cálculo del índice I_h	106
5.2.1.2.5 Cálculo de I_o	106
5.2.1.2.6 Evaluación de la estructura	107
5.2.1.2.7 Evaluación del estanque elevado.....	110

5.2.1.3	ÍNDICE DE SHIGA	111
5.2.1.3.1	Áreas de planta	111
5.2.1.3.2	Área de muros y columnas	111
5.2.1.3.3	Cálculo de I_{sm} , I_{sc} e I_{st}	112
5.2.1.3.4	Evaluación de la estructura	113
5.2.1.4	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA	114
5.2.1.4.1	Variación del área de planta entre pisos consecutivos	115
5.2.1.4.2	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos	115
5.2.1.4.3	Variación de la rigidez	116
5.2.1.4.4	Excentricidad	117
5.2.1.4.5	Variación de pesos entre pisos consecutivos	119
5.2.2	CUERPO B	119
5.2.2.1	DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES A CALCULAR	120
5.2.2.2	ÍNDICE DE HIROSAWA	120
5.2.2.2.1	Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E_o)	121
5.2.2.2.2	Índice de configuración estructural (S_D)	124
5.2.2.2.3	Índice de deterioro de la edificación (T)	125
5.2.2.2.4	Cálculo del índice I_h	125
5.2.2.2.5	Cálculo de I_{so}	126
5.2.2.2.6	Evaluación de la estructura	126
5.2.2.3	ÍNDICE DE SHIGA	129
5.2.2.3.1	Áreas de planta	129
5.2.2.3.2	Área de muros y columnas	130
5.2.2.3.3	Cálculo de I_{sm} , I_{sc} e I_{st}	131
5.2.2.3.4	Evaluación de la estructura	131
5.2.2.4	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA	132
5.2.2.4.1	Variación del área de planta entre pisos consecutivos	132
5.2.2.4.2	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos	133
5.2.2.4.3	Variación de la rigidez	134
5.2.2.4.4	Excentricidad	135
5.2.2.4.5	Variación del peso entre pisos consecutivos	136
5.2.3	CUERPO F	137
5.2.4	EFFECTOS DE SISMOS ANTERIORES	138
5.2.5	VULNERABILIDAD DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	139
5.2.5.1	COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS	141
5.2.5.2	SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS	143
5.2.5.3	EQUIPOS Y CONTENIDO	144
5.2.5.4	LÍNEAS VITALES	145
5.3	HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO	146
5.3.1	CUERPO A	147
5.3.1.1	DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES A CALCULAR	147
5.3.1.2	ÍNDICE DE HIROSAWA	148
5.3.1.2.1	Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E_o)	148
5.3.1.2.2	Índice de configuración estructural (S_D)	151
5.3.1.2.3	Índice de deterioro de la edificación (T)	151
5.3.1.2.4	Cálculo del índice I_h	152
5.3.1.2.5	Cálculo de I_{so}	153
5.3.1.2.6	Evaluación de la estructura	153
5.3.1.2.7	Evaluación del estanque elevado	156
5.3.1.3	ÍNDICE DE SHIGA	157
5.3.1.3.1	Áreas de planta	157
5.3.1.3.2	Área de muros y columnas	157
5.3.1.3.3	Cálculo de I_{sm} , I_{sc} e I_{st}	158
5.3.1.3.4	Evaluación de la estructura	158
5.3.1.4	ÍNDICE DE MELI	159
5.3.1.4.1	Áreas acumuladas	159

5.3.1.4.2 Suma de elementos resistentes	159
5.3.1.4.3 Valores del índice I_{mm}	160
5.3.1.4.4 Evaluación de la estructura	160
5.3.1.5 VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA	161
5.3.1.5.1 Variación del área de planta entre pisos consecutivos	161
5.3.1.5.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos	162
5.3.1.5.3 Variación de la rigidez	162
5.3.1.5.4 Excentricidad	163
5.3.1.5.5 Variación del peso entre pisos consecutivos	164
5.3.2 CUERPO D	165
5.3.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES A CALCULAR	165
5.3.2.2 ÍNDICE DE HIROSAWA	166
5.3.2.2.1 Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E_o)	166
5.3.2.2.2 Índice de configuración estructural (S_D)	168
5.3.2.2.3 Índice de deterioro de la edificación (T)	169
5.3.2.2.4 Cálculo del índice I_h	170
5.3.2.2.5 Cálculo de I_{vo}	170
5.3.2.2.6 Evaluación de la estructura	171
5.3.2.3 ÍNDICE DE MELI	173
5.3.2.3.1 Áreas acumuladas	173
5.3.2.3.2 Suma de elementos resistentes	173
5.3.2.3.3 Valores del índice I_{mm}	174
5.3.2.3.4 Evaluación de la estructura	174
5.3.2.4 VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA	175
5.3.2.4.1 Variación del área de planta entre pisos consecutivos	175
5.3.2.4.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos	176
5.3.2.4.3 Variación de la rigidez	176
5.3.2.4.4 Excentricidad	177
5.3.2.4.5 Variación del peso entre pisos consecutivos	178
5.3.3 EFECTOS DE SISMOS ANTERIORES	178
5.3.4 VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL	180
5.3.4.1 COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS	180
5.3.4.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS	181
5.3.4.3 EQUIPOS Y CONTENIDO	182
5.3.4.4 LÍNEAS VITALES	183
6. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE HOSPITALES	186
6.1 INTRODUCCIÓN	186
6.2 HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA	186
6.2.1 FICHA DEL HOSPITAL	186
6.2.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	191
6.2.3 VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL	191
6.2.4 VULNERABILIDAD DE SERVICIOS CLÍNICOS Y DE APOYO	193
6.2.5 VULNERABILIDAD ASOCIADA AL HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA	195
6.3 HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO	196
6.3.1 FICHA DEL HOSPITAL	196
6.3.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	196
6.3.3 VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL	200
6.3.4 VULNERABILIDAD DE SERVICIOS CLÍNICOS Y DE APOYO	201
6.3.5 VULNERABILIDAD ASOCIADA AL HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO	203
7. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	205
7.1 HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA	205
7.2 HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO	208
REFERENCIAS	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Regionalización de Gajardo y Lomnitz	9
Tabla 2.2: Regionalización de Welkner	10
Tabla 2.3: Regionalización de Labbé	10
Tabla 2.4: Regionalización de Barrientos	11
Tabla 2.5: Regionalización de Martín	14
Tabla 2.6: Resumen de Intensidades en la Escala de Mercalli Modificada	26
Tabla 2.7: Daños de acuerdo al tipo de construcción. Hospital Dr. Sótero del Río	28
Tabla 3.1: Valores de los coeficientes α_i	36
Tabla 3.2: Valores de G_i y R_i	40
Tabla 3.3: Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro	41
Tabla 3.4: Clasificación de daños causados por sismo [Iglesias et al., 1987]	42
Tabla 3.5: Relación entre la densidad de muros (I_{mm}) y el nivel de daños [Küpfer, 1993]	47
Tabla 3.6: Relación entre el nivel de daños y la densidad de muros. [Astroza et al., 1993]	47
Tabla 3.7: Lista de equipos seleccionados por servicio	60
Tabla 3.8: Clasificación de equipos [Mc Given, 1981]	61
Tabla 4.1: Características de los cuerpos. Hospital Regional de Rancagua	67
Tabla 4.2: Estratigrafía suelo de fundación. Hospital Regional de Rancagua	68
Tabla 4.3: Características de los cuerpos. Hospital Dr. Sótero del Río	84
Tabla 4.4: Estratigrafía del suelo de fundación. Hospital Dr. Sótero del Río	86

HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA

Tabla 5.1: Área de elementos resistentes y valores del factor FCj. Cuerpo A	100
Tabla 5.2: Áreas de elementos resistentes en ambas direcciones de análisis. Cuerpo A	101
Tabla 5.3: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo A	102
Tabla 5.4: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo A	103
Tabla 5.5: Valores de α_i y F en cada piso y dirección. Cuerpo A	103
Tabla 5.6: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo A	104
Tabla 5.7: Valores de q_i para el cálculo de S_D . Cuerpo A	104
Tabla 5.8: Valores de T_i . Cuerpo A	105
Tabla 5.9: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo A	106
Tabla 5.10: Datos para el cálculo de I_{wo} . Cuerpo A	106
Tabla 5.11: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería de relleno. Cuerpo A	108
Tabla 5.12: Sensibilidad con respecto a las columnas cortas. Cuerpo A	108
Tabla 5.13: Sensibilidad con respecto a la calidad de los materiales. Cuerpo A	109
Tabla 5.14: Evaluación del estanque elevado ($f'_c = 172 \text{ kg/cm}^2$). Cuerpo A	110
Tabla 5.15: Evaluación de la estructura del estanque. Cuerpo A	110
Tabla 5.16: Áreas y pesos acumulados. Cuerpo A	111
Tabla 5.17: Áreas de muros y columnas por piso y dirección. Cuerpo A	112
Tabla 5.18: Valores de los índices de Shiga. Cuerpo A	112
Tabla 5.19: Valores mínimos de densidades de muros para tener una vulnerabilidad estructural baja. Cuerpo A	113
Tabla 5.20: Variación del área de planta entre pisos consecutivos. Cuerpo A	115
Tabla 5.21: Variación de la resistencia entre pisos consecutivos. Cuerpo A	115
Tabla 5.22: Variación de la rigidez. Cuerpo A	116
Tabla 5.23: Centros de gravedad y rigidez. Excentricidades. Cuerpo A	118
Tabla 5.24: Variación de los pesos entre pisos consecutivos. Cuerpo A	119
Tabla 5.25: Área de elementos resistentes y valores del factor FCj. Cuerpo B	120
Tabla 5.26: Áreas de elementos resistentes en ambas direcciones de análisis. Cuerpo B	121
Tabla 5.27: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo B	122
Tabla 5.28: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo B	122
Tabla 5.29: Valores de α_i y F en cada piso y dirección. Cuerpo B	123
Tabla 5.30: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo B	124

Tabla 5.31: Valores de q_i para el cálculo de S_D . Cuerpo B.	124
Tabla 5.32: Valores de T_i . Cuerpo B.	125
Tabla 5.33: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo B.	126
Tabla 5.34: Datos para el cálculo de I_{w0} . Cuerpo B.	126
Tabla 5.35: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería de relleno. Cuerpo B.	127
Tabla 5.36: Sensibilidad con respecto a las columnas cortas. Cuerpo B.	128
Tabla 5.37: Sensibilidad con respecto a la calidad de los materiales. Cuerpo B.	129
Tabla 5.38: Áreas y pesos acumulados. Cuerpo B.	130
Tabla 5.39: Áreas de muros y columnas por piso y dirección. Cuerpo B.	130
Tabla 5.40: Valores de los índices de Shiga. Cuerpo B.	131
Tabla 5.41: Valores mínimos de densidad de muros para tener una vulnerabilidad baja. Cuerpo B.	131
Tabla 5.42: Variación del área de planta entre pisos consecutivos. Cuerpo B.	133
Tabla 5.43: Variación de la resistencia entre pisos consecutivos. Cuerpo B.	133
Tabla 5.44: Variación de la rigidez. Cuerpo B.	134
Tabla 5.45: Centros de gravedad y rigidez. Excentricidades. Cuerpo B.	135
Tabla 5.46: Variación de los pesos entre pisos consecutivos. Cuerpo B.	136
Tabla 5.47: Aspectos a considerar en la vulnerabilidad de elementos no estructurales.	140

HOSPITAL Dr. SÓTERO DEL RÍO

Tabla 5.48: Área de elementos resistentes y valores del factor FC_j . Cuerpo A.	147
Tabla 5.49: Áreas de elementos resistentes en ambas direcciones de análisis. Cuerpo A.	148
Tabla 5.50: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo A.	149
Tabla 5.51: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo A.	149
Tabla 5.52: Valores de α_i y F en cada piso y dirección. Cuerpo A.	150
Tabla 5.53: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo A.	150
Tabla 5.54: Valores de q_i para el cálculo de S_D . Cuerpo A.	151
Tabla 5.55: Valores de T_i . Cuerpo A.	152
Tabla 5.56: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo A.	152
Tabla 5.57: Datos para el cálculo de I_{w0} . Cuerpo A.	153
Tabla 5.58: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería sin confinar. Cuerpo A.	155
Tabla 5.59: Sensibilidad con respecto a la calidad de los materiales. Cuerpo A.	155
Tabla 5.60: Evaluación de los estanques elevados (oriente y poniente). Cuerpo A.	156
Tabla 5.61: Áreas y pesos acumulados. Cuerpo A.	157
Tabla 5.62: Áreas de muros y columnas por piso y dirección. Cuerpo A.	157
Tabla 5.63: Valores de los índices de Shiga. Cuerpo A.	158
Tabla 5.64: Valores mínimos de densidades de muros para tener una vulnerabilidad estructural baja. Cuerpo A.	158
Tabla 5.65: Tabla de áreas acumuladas y factores FR_2 . Cuerpo A.	159
Tabla 5.66: Áreas de elementos resistentes. Cuerpo A.	160
Tabla 5.67: Valores del índice de Meli. Cuerpo A.	160
Tabla 5.68: Valores mínimos del índice de Meli. Cuerpo A.	161
Tabla 5.69: Variación del área de planta entre pisos consecutivos. Cuerpo A.	161
Tabla 5.70: Variación de la resistencia entre pisos consecutivos. Cuerpo A.	162
Tabla 5.71: Variación de la rigidez. Cuerpo A.	163
Tabla 5.72: Centros de gravedad y rigidez. Excentricidades. Cuerpo A.	164
Tabla 5.73: Variación de los pesos entre pisos consecutivos. Cuerpo A.	164
Tabla 5.74: Área de elementos resistentes y valores del factor FC_j . Cuerpo D.	165
Tabla 5.75: Áreas de elementos resistentes en ambas direcciones de análisis. Cuerpo D.	166
Tabla 5.76: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo D.	167
Tabla 5.77: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo D.	167
Tabla 5.78: Valores de α_i y F en cada piso y dirección. Cuerpo D.	168
Tabla 5.79: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo D.	168
Tabla 5.80: Valores de q_i para el cálculo de S_D . Cuerpo D.	169
Tabla 5.81: Valores de T_i . Cuerpo D.	169
Tabla 5.82: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo D.	170
Tabla 5.83: Datos para el cálculo de I_{w0} . Cuerpo D.	170

Tabla 5.84: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería sin confinar. Cuerpo D.....	172
Tabla 5.85: Sensibilidad con respecto a la resistencia de los materiales. Cuerpo D.....	172
Tabla 5.86: Tabla de áreas acumuladas y factores FR_2 . Cuerpo D.....	173
Tabla 5.87: Áreas de elementos resistentes. Cuerpo D.....	174
Tabla 5.88: Valores del índice de Meli. Cuerpo D.....	174
Tabla 5.89: Valores mínimos de densidades de muros. Cuerpo D.....	175
Tabla 5.90: Variación del área de planta entre pisos consecutivos. Cuerpo D.....	176
Tabla 5.91: Variación de la resistencia entre pisos consecutivos. Cuerpo D.....	176
Tabla 5.92: Variación de la rigidez. Cuerpo D.....	177
Tabla 5.93: Centros de gravedad y rigidez. Excentricidades. Cuerpo D.....	178
Tabla 5.94: Variación de los pesos entre pisos consecutivos. Cuerpo D.....	178
Tabla 6.1: Vulnerabilidad estructural de los cuerpos analizados en al Hospital Regional de Rancagua.....	191
Tabla 6.2: Vulnerabilidad de elementos no estructurales del Hospital Regional de Rancagua. Cuerpos A y B. Elementos arquitectónicos y Equipamiento.....	192
Tabla 6.3: Vulnerabilidad de elementos no estructurales del Hospital Regional de Rancagua. Líneas Vitales.....	193
Tabla 6.4: Vulnerabilidad de servicios clínicos y de apoyo. Hospital Regional de Rancagua.....	194
Tabla 6.5: Vulnerabilidad estructural de los cuerpos analizados en al Hospital Dr. Sótero del Río.....	196
Tabla 6.6: Vulnerabilidad de elementos no estructurales del Hospital Dr. Sótero del Río. Cuerpos A y D. Elementos arquitectónicos y Equipamiento.....	200
Tabla 6.7: Vulnerabilidad de elementos no estructurales del Hospital Dr. Sótero del Río. Líneas Vitales.....	201
Tabla 6.8: Vulnerabilidad de servicios clínicos y de apoyo del Hospital Dr. Sótero del Río.....	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Unidades tectónicas más importantes de Chile [Kausel y Lomnitz, 1968]	6
Figura 2.2: Distribución por latitud de sismos entre 1906 y 1970 [Labbé, 1976]	7
Figura 2.3: Epicentros de sismos con magnitud mayor $M_s > 5.0$ durante 1963 a 1968 [Ridell, 1986].	8
Figura 2.4: Regionalización sísmica de Barrientos [Barrientos, 1980]	12
Figura 2.5: Regionalización sísmica de Martín [Martín, 1990].	13
Figura 2.6 (a): Zonificación sísmica de regiones I, II y III [Nch433 Of 93].	15
Figura 2.6 (b): Zonificación sísmica de regiones IV, V, VI, VII, VIII, IX, X y Metropolitana [Nch433 Of 93].	16
Figura 2.6(c): Zonificación sísmica de las regiones XI y XII [Nch433 Of 93].	17
Figura 2.7: Hipocentros sísmicos, distribución en Sudamérica [Labbé y Saragoni, 1976].	19
Figura 2.8: Sismicidad de Chile Central. Sismicidad superficial entre los 70°W y 70.5°W [Barrientos y Kausel, 1993]. ..	20
Figura 2.9: Intensidades MSK en la zona de daños del terremoto del 16 de Agosto de 1906 [Menéndez, 1991]	24
Figura 2.10: Intensidades MSK para localidades ubicadas en Zona Central. Sismo 3 de Marzo de 1985 [Menéndez, 1991].	25
Figura 2.11: Microzonificación sísmica comuna de Puente Alto [Casaliggi, 1988].	29
Figura 4.1: Plano de ubicación del Hospital Regional de Rancagua	65
Figura 4.2: Distribución de cuerpos Hospital Regional de Rancagua.	66
Figura 4.3: Plano de ubicación Hospital Dr. Sótero del Río.	82
Figura 4.4: Distribución de cuerpos Hospital Dr. Sótero del Río.	83

ANEXO A: PLANTAS ESTRUCTURALES Y ELEVACIONES DE LOS CUERPOS EN ESTUDIO.

ANEXO A1: HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA

ANEXO A2: HOSPITAL Dr. SÓTERO DEL RÍO.

ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE S_D

ANEXO C. CATEGORÍAS DE DAÑOS.

ANEXO D. FOTOGRAFÍAS.

ANEXO D1: HOSPITAL REGIONAL DE RANCAGUA

ANEXO D2: HOSPITAL Dr. SÓTERO DEL RÍO.

ANEXO E: INFORME DE DAÑOS HOSPITAL Dr. SÓTERO DEL RÍO