

CAPITULO 5

RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS

CAPITULO 5

RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS

5.1 Introducción

En este capítulo se muestran las metodologías usadas para recolectar datos y antecedentes que permiten determinar si los elementos estructurales y no estructurales de cada hospital son vulnerables o no.

En su parte estructural se muestran los criterios para la recolección de datos necesarios para el cálculo de los índices, descritos en el capítulo 3, con los que se determinan el grado de vulnerabilidad de la estructura, mientras que en su parte no estructural se detalla el estado actual de los elementos de este tipo, analizando sus sistemas de soporte y detectándose los aspectos vulnerables.

Posteriormente se dan recomendaciones generales para que los elementos del tipo no estructural se comporten de buena forma en caso de sismo.

Conjuntamente con el cálculo y evaluación de los índices y elementos no estructurales, se entrega un resumen del comportamiento del hospital en sismos anteriores.

5.2 Cálculo de índices estructurales

La metodología usada en la recolección de datos para el cálculo de los índices es la misma en todas las estructuras.

En primer lugar se buscaron los planos de los edificios seleccionados para el análisis de vulnerabilidad estructural de los centros hospitalarios. Para ello se recurrió al Departamento de Recursos Físicos del Ministerio de Salud, en donde se fotocopiaron los planos estructurales y arquitectónicos existentes.

Basándose en el conjunto de planos de cada hospital, se dibujan plantas y elevaciones para entender el sistema estructural de cada edificio y determinar posibles irregularidades como la discontinuidad de elementos resistentes en altura, distribución asimétrica de los elementos resistentes verticales, y determinar los elementos más solicitados en caso de sismo.

Una vez entendido el sistema estructural, se define un sistema de ejes en cada edificio. Estos sirven para definir los elementos que resisten la acción del sismo en una dirección determinada y ubicar los centros de gravedad y rigidez.

Utilizando la información de los planos, se reúnen los datos necesarios para el cálculos de los índices.

Terminada la fase de recolección de datos, se viaja a cada centro hospitalario para ver las diferencias con respecto a los planos, debido a posibles modificaciones y ampliaciones realizadas con posterioridad a su construcción. Al detectarse estas diferencias, se hacen los cambios pertinentes en los datos utilizados para el cálculo de los índices.

5.2.1 Hospital Carlos Van Buren

5.2.1.1 Comportamiento del Hospital Carlos Van Buren en sismos anteriores.

En esta sección se describen los daños estructurales y el comportamiento del hospital en sismos anteriores, especialmente durante el sismo del 3 de marzo de 1985, considerando los relatos de personas que se encontraban en los hospitales durante el sismo.

En general el personal tiene la sensación que para el sismo de marzo de 1985 el hospital se comportó bien, no teniendo problemas para llegar al hospital a pesar de los grandes daños sufridos en las manzanas vecinas, especialmente en el sector de El Almendral.

Los cortes de electricidad y agua fueron solucionados rápidamente sin transformarse en un problema crítico del hospital, en el primer caso actuaron sin problemas los grupos electrógenos, mientras que el corte de agua se solucionó con la ayuda de bomberos, quienes abastecían al estanque de la superficie (cuerpo L, figura 4.1).

Los principales servicios dañados fueron los pabellones quirúrgicos ubicados en el último piso de la Torre Quirúrgica, la farmacia la que tuvo que pedir insumos al Hospital Naval, y el laboratorio que paralizó sus funciones por dos semanas, funcionando aproximadamente el 10% del equipamiento que se utiliza como laboratorio de emergencia. Aunque el laboratorio no tuvo daños en su estructura se percibió gran movimiento, produciéndose desplazamiento de equipos, mucho de los cuales se dañaron, y gran cantidad de vidrio rotos.

El puente de unión que conecta la Torre Médica con la Torre Quirúrgica sufrió daños en sus apoyos, desnivelándose uno de sus pasillos producto del corte y desprendimiento de los pernos de anclaje que unen las vigas de acero de la pasarela con la Torre Médica.

En general no hubo daños estructurales de consideración, siendo el edificio más afectado la Torre Quirúrgica.

Comportamiento de la Torre Médica en sismos anteriores.

Los daños estructurales en la Torre Médica fueron mínimos, concentrándose principalmente los daños mayores en los elementos no estructurales. Entre los daños observados en la Torre Médica se pueden mencionar:

- 1) Fisuras en los muros de la caja de escala entre el primer y el tercer piso, posiblemente en la ubicación de las juntas de hormigonado. Estos daños son visibles actualmente.

ii) Caída de un panel divisorio en el servicio de medicina (octavo piso), que se reemplazó posteriormente por un tabique liviano de volcanita. El resto de los tabique que fueron reemplazados se debió a que estaban agrietados, como fue el caso de los ubicados en el sector de Urología (quinto piso). En la actualidad los tabique que se ven dañados son los que se encuentran en Kinesioterapia (primer piso).

iii) Caída de tubos de oxígeno sin escape de gas.

iv) Agrietamiento de los muros de relleno de albañilería del primer piso en el sector de Diálisis.

Comportamiento de la Torre Quirúrgica en sismos anteriores

Este edificio es el que sufrió mayores daños en el sismo del 3 de Marzo de 1985, entre los daños producidos se encuentran:

i) Un par de grietas en la fachada oriente (Eje D/7-8 de las figuras del anexo C) bordeando los muros de la caja de ascensores. Estas grietas se propaga a lo largo de todo el edificio, incluyendo la losa en voladizo del séptimo piso. Además, desde el tercer piso de este edificio hasta el séptimo piso se observa una grieta horizontal en los muro de la caja de escala central, posiblemente en la ubicación de las juntas de hormigonado.

ii) En la Torre Quirúrgica los daños a la tabiquería se concentraron en los pabellones del séptimo piso, dejándolos inutilizados hasta que los tabiques fueron reemplazados por tabiquería liviana, lo que obligó a derivar a los pacientes al Hospital Alemán.

En la actualidad se pueden encontrar algunos tabiques agrietados como es el caso de la sala de esterilización (piso primero), donde se encuentra un muro agrietado diagonalmente, al igual que un rellno de albañilería del sector de farmacia.

iii) En general no se produjo rotura de vidrios, con excepción de los que se encuentran en el pasillo en voladizo del sector de pabellones.

5.2.1.2 Evaluación estructural del Hospital Carlos Van Buren

Para el estudio de las estructuras del Hospital Carlos Van Buren, se adoptan las siguientes consideraciones:

- i) Los pisos en los que se hace el análisis son aquellos que están sobre el nivel del terreno, incluido los pisos zócalos que no están completamente bajo tierra. En la Torre Médica se descarta el subterráneo y los pisos ubicados sobre el octavo piso, mientras que en la Torre Quirúrgica se descarta el octavo piso (sala de máquinas), los que tienen dimensiones pequeñas con respecto a los pisos inferiores. El peso de estos pisos se agrega al peso del último piso considerado en el estudio.
- ii) El área de planta considerada para el cálculo de los índices esta limitada por los ejes resistentes perimetrales.
- iii) Los cálculos se basan en los datos de los planos estructurales originales existentes, comprobándose posibles cambios en terreno.

Al no existir planos del séptimo piso de la Torre Quirúrgica, los cálculos se técnicos se basaron en un levantamiento preliminar realizado en una de las visitas a terreno.

- iv) Para calcular el peso sísmico por piso, se consideran los siguientes efectos:

- Peso propio de la losa y vigas más la mitad de los pesos de los elementos verticales superiores e inferiores. Para ello se acepta como peso propio del hormigón el valor de $\gamma_n = 2.5 \text{ Ton/m}^3$.
- Un 25 % de sobrecarga de diseño, que para los hospitales chilenos se recomienda 300 kg/m^2 (Norma Nch1537.Of86). Esta sobrecarga no se considera en el último piso.
- Peso de los tabiques como 55 kg/m^2 .
- Peso de la baldosa y mortero como 100 kg/m^2 .

5.2.1.2.1 Torre Médica

Considerando la calidad de los materiales de la Torre Médica, descritos en el capítulo 4, se pueden obtener los siguientes datos técnicos:

La resistencia del hormigón $R_{cs} = 300 \text{ kg/cm}^2$, equivale a una resistencia cilíndrica a la compresión $f'_c = 230 \text{ kg/cm}^2$, según la tabla 19 de la norma Nch 170.Of85.

El módulo de elasticidad del hormigón de la Torre Médica tiene un valor $E = 2850000 \text{ [T/m}^2 \text{]}$ (NCh433 Of72).

Determinación de índices a calcular

Considerando que este edificio no tiene elementos resistentes de albañilería, el factor FC_j es igual a uno en todos los pisos y en todas las direcciones, lo que quiere decir que predominan los elementos de hormigón, debiéndose calcular los índices de Shiga (I_1 , I_2 e I_3) y el de Hirosawa (I_4), además de las características del edificio para evaluar su regularidad.

Índice de Hirosawa (I_s)

- Áreas de las secciones transversales

Estas áreas son las de la sección transversal de los elementos resistentes en la dirección analizada.

El área de muros considerada en la dirección de su largo, queda definida por:

$$A = l * t$$

donde

l = Longitud total del muro.

t = Espesor del alma del muro.

El área de columnas se calcula para ambas direcciones de análisis, como el área de la sección transversal del elemento.

En los casos que el área de las columnas ubicadas en los extremos de un muro, hayan sido consideradas en el área del muro en la dirección en que este se encuentra, no se consideran nuevamente como áreas de columnas. Para la dirección perpendicular del muro descrito anteriormente, se consideran sólo las áreas de las columnas de los extremos.

Se consideran como columnas aquellos elementos en que el lado de la sección transversal de mayor longitud es menor o igual a tres veces el lado de menor longitud; en caso que sea mayor, se consideran como muros.

Estas áreas deben ser calificadas en $\sum A_{m1}$, $\sum A_{m2}$, $\sum A_{m3}$, $\sum A_{m4}$, $\sum A_{c1}$, $\sum A_{c2}$ y $\sum A_{c3}$ de acuerdo con la clasificación del capítulo 3.

En las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 se entregan estas áreas para cada una de las direcciones analizadas.

Tabla 5.1 Areas de muros de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección X.

Piso	$\Sigma A_{m,1}$ [cm ²]	$\Sigma A_{m,2}$ [cm ²]	$\Sigma A_{m,3}$ [cm ²]	$\Sigma A_{m,4}$ [cm ²]
1		21300	146700	
2			168150	
3			184050	
4			124950	
5			93150	
6			93150	
7			93150	
8			93150	

Tabla 5.2 Areas de columnas de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección X.

Piso	$\Sigma A_{c,1}$ [cm ²]	$\Sigma A_{c,2}$ [cm ²]	$\Sigma A_{c,3}$ [cm ²]
1	235200		
2	235200		
3	82800		
4	90000		
5	67500		
6	67500		
7	67500		
8	67500		

Tabla 5.3 Areas de muros de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección Y.

Piso	$\sum A_{m,1}$ [cm ²]	$\sum A_{m,2}$ [cm ²]	$\sum A_{m,3}$ [cm ²]	$\sum A_{m,4}$ [cm ²]
1		61200	22350	8250
2		20700	52950	8250
3			77850	11550
4			65400	13500
5			65400	13500
6			65400	13500
7			65400	13500
8			65400	13500

Tabla 5.4 Areas de columnas de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección Y.

Piso	$\sum A_{c,1}$ [cm ²]	$\sum A_{c,2}$ [cm ²]	$\sum A_{c,c}$ [cm ²]
1	240100		
2	240100		
3	82800		
4	90000		
5	67500		
6	67500		
7	67500		
8	67500		

- Peso sísmico por piso

Las consideraciones indicadas se aplican en todos los pisos, con excepción del último. En este piso se suman los pesos de los apéndices del edificio ubicados sobre el octavo piso, además se suma el peso de la techumbre considerando un valor de 60 kg/m² y no se considera la sobrecarga de uso ni el peso de las baldosas.

En la tabla 5.5 se entregan los pesos por piso y el valor acumulativo de los pesos en altura.

Tabla 5.5 Peso sísmico por piso de la Torre Médica.

Piso	Peso W_i [Kg]	Peso acumulado $W_{i, np}$ [Kg]
1	2082091.3	10654808
2	2094349.5	8572714
3	1187498.8	6478365
4	1068028.1	5290866
5	1018872.6	4222838
6	1016585.1	3203965
7	1016585.1	2187380
8	1170795.2	1170795

Indices de resistencia

Estos índices se entregan en las tablas 5.6 y 5.7 y se calculan con las ecuaciones:

$$C_{max} = \frac{0.6 * 0.85 * \tau_o * \sum A_{max}}{\sum_{j=1}^{n_p} W_j}$$

$$C_{sc} = \left(\frac{f_c}{200} \right) * \left(\frac{15 * \sum A_{sc}}{\sum_{j=1}^{n_p} W_j} \right)$$

$$C_{ma} = \frac{0.6 * (0.45 * \tau_o + 0.25 * \sigma_o) * \sum A_{ma}}{\sum_{j=1}^{n_p} W_j}$$

$$C_a = C_{ma}$$

$$C_w = \left(\frac{f_c}{200} \right) * \left(\frac{30 * \sum A_{m1} + 20 * \sum A_{m2} + 12 * \sum A_{m3} + 10 * \sum A_{m4}}{\sum_{j=1}^{n_p} W_j} \right)$$

$$C_c = \left(\frac{f_c}{200} \right) * \left(\frac{10 * \sum A_{c1} + 7 * \sum A_{c2}}{\sum_{j=1}^{n_p} W_j} \right)$$

Tabla 5.6 Valores de los índices de resistencia de la Torre Médica en la dirección X.

Piso	C_{ma}	C_{max}	C_{ac}	C_v	C_c
1				0.2360	0.2539
2				0.2707	0.3155
3				0.3921	0.1470
4				0.3259	0.1956
5				0.3044	0.1838
6				0.4012	0.2423
7				0.5877	0.3549
8				1.0979	0.6630

Tabla 5.7 Valores de los índices de resistencia de la Torre Médica en la dirección Y.

Piso	C_{ma}	C_{mar}	C_{sc}	C_w	C_c
1				0.1700	0.2591
2				0.1518	0.3221
3				0.1863	0.1470
4				0.1999	0.1956
5				0.2505	0.1838
6				0.3301	0.2423
7				0.4836	0.3549
8				0.9035	0.6630

- Valores de α_1 y F

Considerando que los elementos que determinan la capacidad resistente de la Torre Médica son los muros y columnas de hormigón armado para cada piso y en las dos direcciones de análisis, los coeficientes toman los siguientes valores:

$$\alpha_1 = 0.0$$

$$\alpha_2 = 1.0$$

$$\alpha_3 = 0.7$$

$$F = 1.0$$

- Cálculo del índice sísmico básico de comportamiento estructural, E_o .

El valor de este índice se entrega en la tabla 5.8 para ambas direcciones de la planta y se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_o = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c) * F$$

donde

n_p = número de pisos de la Torre Médica (8).

i = nivel en evaluación.

Tabla 5.8 Valores de E_o para cada dirección de la Torre Médica.

Piso	E_o	
	Según X	Según Y
1	0.4137	0.3514
2	0.4424	0.3340
3	0.4050	0.2366
4	0.3471	0.2526
5	0.2996	0.2625
6	0.3669	0.3213
7	0.5017	0.4392
8	0.8787	0.7693

- Cálculo del índice de configuración estructural, S_o

Considerando lo descrito en el punto 3.2.1.1, se tienen los siguientes valores:

Tabla 5.9 Valores de q_i para la Torre Médica.

	G_i	R_i	q_i	Observaciones
q_1	1.0	1.0	1.0	<u>Regularidad</u> : a_i = regular
q_2	1.0	0.5	1.0	<u>Relación Largo-ancho</u> : $B = 1.3$ en los dos primeros pisos y $B = 1.5$ en el resto de los pisos.
q_3	1.0	0.5	1.0	<u>Contracción de planta</u> : $c = 1.0$, en todos los pisos.
q_4	1.0	0.5	1.0	<u>Patio interior</u> : No tiene.
q_5	1.0	0.25	1.0	<u>Excentricidad patio interior</u> : No tiene.
q_6	0.9	1.0	1.1	<u>Subterráneo</u> : $R_{s_1} = 1197/1346 = 0.89$
q_7	1.0	0.5	1.0	<u>Junta de dilatación</u> : No tiene.
q_8	1.0	0.5	1.0	<u>Uniformidad de altura de piso</u> : $R_p = 1.0$, para todos los pisos.

Reemplazando los valores de la tabla 5.9 en la ecuación 3.10, se obtiene:

$S_d = 1.1$ en todos los pisos.

- Cálculo del índice de deterioro de la edificación, T

Tabla 5.10 Valores de los factores T_i , Torre Médica.

i	T_i	Observaciones
1	1.0	No presenta signos de deformación.
2	1.0	No presenta grietas.
3	1.0	No ha experimentado incendio.
4	1.0	No contiene sustancias Químicas.
5	1.0	No tiene daños estructurales.

Como el valor de T es el mínimo de estos factores, se tiene:
 $T = 1.0$

Basándose en los datos anteriores, con la ecuación 3.1 se obtiene el índice de Hirosawa para cada una de las direcciones de la planta.

Tabla 5.11 Valores del índice de Hirosawa (I_x) para ambas direcciones de la planta de la Torre Médica.

Piso	I_x	
	Según X	Según Y
1	0.4551	0.3865
2	0.4866	0.3735
3	0.4454	0.2603
4	0.3818	0.2779
5	0.3298	0.2887
6	0.4036	0.3534
7	0.5518	0.4831
8	0.9665	0.8462

Evaluación del índice de Hirosawa

Considerando que la Torre Médica se encuentra en zona epicentral, zona sísmica N° 3 según la zonificación sísmica de la norma NCh 433.Of93, y que el suelo de fundación es del tipo II, se tienen los siguientes valores de acuerdo con su ubicación y características según lo indicado en el capítulo 3:

- $T_0 = 0.30$
- $T = 0.05 * 8 = 0.40$
- $A_0 = 0.4$
- $S = 1.0$

Al evaluar la ecuación 3.11 descrita en el capítulo 3 para $T \leq T_0$, resulta el siguiente valor para el límite del índice de

Hirosawa en estado de servicio:

$$I_{so})_{servicio} = 0.19$$

Al evaluar los valores de R de la tabla 3.5 del capítulo 3 con la ecuación 3.12, se obtienen los siguientes valores para los rangos del grado de vulnerabilidad en el estado último para la Torre Médica:

Rango	Grado de Vulnerabilidad
$I_2 \geq 0.56$	BAJA
$0.56 > I_2 \geq 0.16$	MEDIA
$0.16 > I_2$	ALTA

Comparando esta tabla con los valores del índice de Hirosawa para la Torre Médica, indicados en la tabla 5.11, se obtiene:

- i) En ambas direcciones de la planta (ver figuras del anexo C), se cumple con lo requerido en el estado de servicio.
- ii) El mínimo valor del índice de Hirosawa se encuentra en el tercer piso ($I_2=0.2603$), lo que le da un grado de vulnerabilidad MEDIA a la estructura de la Torre Médica en el estado último.
- iii) La forma en que varía el índices en altura se debe a la estrangulación del edificio.

Indices de Shiga (I_1, I_c, I_t).

- Area de Muros (ΣA_m), columnas (ΣA_c) y áreas de plantas

El área total de muros en la dirección X e Y esta dada por la suma de las áreas $\Sigma Am_1, \Sigma Am_2, \Sigma Am_3$ y ΣAm_4 de la tabla 5.1 y 5.3 respectivamente, mientras que el área total de columnas en la dirección X e Y esta dada por la suma de las áreas $\Sigma Ac_1, \Sigma Ac_2$ y ΣAc_3 de la tabla 5.2 y 5.4 respectivamente. Los valores que se obtienen se detallan en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 Area total de muros (ΣA_m) y columnas (ΣA_c), Torre Médica.

Piso	Según X		Según Y	
	ΣA_m [cm ²]	ΣA_c [cm ²]	ΣA_m [cm ²]	ΣA_c [cm ²]
1	168000	235200	91800	240100
2	168150	235200	81900	240100
3	184050	82800	89400	82800
4	124950	90000	78900	90000
5	93150	67500	78900	67500
6	93150	67500	78900	67500
7	93150	67500	78900	67500
8	93150	67500	78900	67500

Tabla 5.13 Areas de plantas y área acumulada de plantas sobre el nivel considerado, Torre Médica.

Piso	Area planta A_{p_i} [m ²]	Ap acumulado $\sum_{j=i}^{n_p} A_{p_j}$ [m ²]
1	2052.47	10415.97
2	2090.88	8363.52
3	1045.44	6272.64
4	1045.44	5227.20
5	1045.44	4181.76
6	1045.44	3136.32
7	1045.44	2090.88
8	1045.44	1045.44

- Cálculo de I_1 , I_c y I_e

Basándose en los datos de las tablas 5.12 y 5.13 y en las ecuaciones 3.13, 3.14 y 3.15, descritas en el capítulo 3, se obtiene:

Tabla 5.14

Valores de los índices I_1 , I_c y I_t para ambas direcciones de la planta de la Torre Médica.

Piso	Según X			Según Y		
	I_1 [cm ² /m ²]	I_c [cm ² /m ²]	I_t [kg/cm ²]	I_1 [cm ² /m ²]	I_c [cm ² /m ²]	I_t [kg/cm ²]
1	16.13	22.58	26.43	8.81	23.05	32.10
2	20.10	26.12	21.25	9.79	28.71	26.62
3	29.34	13.20	24.28	14.25	13.20	37.62
4	23.90	17.22	24.61	15.09	17.22	31.33
5	22.28	16.14	26.29	18.87	16.14	28.84
6	29.70	21.52	19.94	25.16	21.52	21.88
7	44.55	32.28	13.62	37.74	32.28	14.94
8	89.10	64.57	7.27	75.47	64.57	8.00

Evaluación del índice de Shiga

Ubicando el punto de coordenadas de I_1 (índice de área de muros) e I_c (índice de tensión media de corte nominal) de la tabla 5.14, en el gráfico 3.1 del capítulo 3, se obtiene la siguiente situación para los distintos pisos (ver figura H.1 y H.2 del anexo H).

Tabla 5.15 Nivel de daño de acuerdo a las coordenadas I₁ v/s I₂ de la Torre Médica.

Piso	Nivel de daño	
	Según X	Según Y
1	A	A
2	A	A
3	B	A
4	A	A
5	B	A
6	B	B
7	C	C
8	C	C

en donde

- A: El daño esperado en la estructura es muros con grandes grietas y columnas gravemente dañadas a corte en caso de ser columnas cortas.
- B: El daño esperado en la estructura es la presencia de algunos muros con fallas al corte, especialmente en aquellos elementos en donde la tensión al corte es grande, si el edificio tiene poca cantidad de muros pueden aparecer fallas de corte en columnas cortas.
- C: El daño esperado en la estructura es muy suave o no tiene daños.

La gran cantidad de pisos que caen en la zona A se puede explicar como consecuencia de la estructuración de la Torre Médica,

que tiene un sistema mixto entre marcos y muros de hormigón armado con escasa cantidad de muros, los que se concentran en la caja de ascensores. Esta afirmación queda respaldada al analizar el efecto que ocurre en el tercer piso según la dirección X (ver fig. C.3 del anexo C), en donde por la sola presencia de los muros del auditorium el piso pasa a un nivel de daño menor.

Para determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura se desestiman los antecedentes entregados por los índices de Shiga, debido a que en la Torre Médica el área de columnas es superior al área de muros en los primeros pisos, dando un grado de vulnerabilidad distinto a la realidad observada.

Variación de las características de la Torre Médica con la altura

- Variación del área de la planta entre pisos consecutivos

Considerando los valores de la tabla 5.13, se calcula la variación de áreas por la relación entre el área del piso analizado y el área del piso superior.

Tabla 5.16 Variación del área de planta entre pisos consecutivos, T.M.

Piso	Area planta A_{p_i} [m ²]	$A_{p_i}/A_{p_{(i+1)}}$
1	2052.47	0.98
2	2090.88	2.00
3	1045.44	1.00
4	1045.44	1.00
5	1045.44	1.00
6	1045.44	1.00
7	1045.44	1.00
8	1045.44	

- Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

La resistencia en cada piso (R_i) viene dada por la suma de los elementos resistentes que participan en cada dirección, la variación entre pisos consecutivos esta dada por la relación entre la resistencia del piso analizado y la del piso inmediatamente superior (R_i/R_{i+1}).

Tabla 5.17 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Torre Médica.

Piso	Según X		Según Y	
	R_i [m ²]	R_i/R_{i+1}	R_i [m ²]	R_i/R_{i+1}
1	40.32	1.00	33.19	1.03
2	40.34	1.51	32.20	1.87
3	26.69	1.24	17.22	1.02
4	21.50	1.34	16.89	1.15
5	16.07	1.00	14.64	1.00
6	16.07	1.00	14.64	1.00
7	16.07	1.00	14.64	1.00
8	16.07		14.64	

- Variación de la rigidez entre piso

Como se indica en el punto 3.2.2.3 del capítulo 3, se calcula una rigidez entre piso simplificada, dada por la suma de las rigideces de entre piso de los elementos resistentes que participan en la dirección analizada.

La variación de la rigidez esta dada por la relación de la rigidez del piso superior (K_{i+1}) y la del piso analizado (K_i), además, por la relación entre el promedio de las rigideces de los tres pisos superiores y la del piso analizado.

Tabla 5.18 Variación de la Rigidez, T.M.

Piso	Según X			Según Y		
	K_i [T/cm]	$\frac{K_{i+1}}{K_i}$	$\frac{1}{3} \times \frac{\sum_{j=i+1}^{i+3} K_j}{K_i}$	K_i [T/cm]	$\frac{K_{i+1}}{K_j}$	$\frac{1}{3} \times \frac{\sum_{j=i+1}^{i+3} K_j}{K_i}$
1	351029.56	0.64	0.63	727089.51	0.51	0.57
2	225303.83	1.01	0.94	370718.27	1.51	1.07
3	226461.92	0.95	0.89	560243.34	0.56	0.56
4	215530.68	0.91	0.91	315209.47	1.00	1.00
5	195563.54	1.00	1.00	313973.35	1.00	1.00
6	195392.70	1.00		313973.35	1.00	
7	195392.70	1.00		313973.35	1.00	
8	195392.70			313973.35		

- Excentricidad del piso

Con este propósito se determinan las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez. La excentricidad esta dada por la diferencia de estas coordenadas.

Tabla 5.19 Excentricidad, T.M.

Piso	Centro de Masa		Centro de Rigidez		Excentricidad			
	X_c [m]	Y_c [m]	X_R [m]	Y_R [m]	e_x [m]	e_y [m]	e_x/l_x	e_y/l_y
1	21.48	6.51	13.90	3.42	7.58	3.09	0.15	0.08
2	21.66	6.31	16.66	3.86	5.00	2.45	0.09	0.06
3	11.60	5.65	15.71	4.93	-4.11	0.72	0.10	0.03
4	13.25	6.73	13.22	4.75	-0.08	1.98	0.00	0.07
5	13.25	6.73	13.23	4.59	0.02	2.15	0.00	0.08
6	13.25	6.73	13.23	4.57	0.02	2.16	0.00	0.08
7	13.25	6.73	13.23	4.57	0.02	2.16	0.00	0.08
8	13.25	6.73	13.23	4.57	0.02	2.16	0.00	0.08

- Variación del peso entre pisos consecutivos

Considerando los datos obtenidos en la tabla 5.5, se obtiene la variación de los pesos entre pisos consecutivos, dada por la razón entre el peso del piso analizado y el peso del piso superior (W_i/W_{i+1}).

Tabla 5.20 Variación del peso entre pisos consecutivos, T.M.

Piso	Peso W_i [Ton]	Area planta A_{p_i} [m ²]	Peso del piso [Ton/m ²]	W_i/W_{i+1}
1	2082.09	2196.18	0.95	0.99
2	2094.35	2268.10	0.92	1.76
3	1187.50	1155.93	1.03	1.11
4	1068.03	1030.11	1.04	1.05
5	1018.88	1030.11	0.99	1.00
6	1016.59	1030.11	0.99	1.00
7	1016.59	1030.11	0.99	0.87
8	1170.80	1030.11	1.14	