

e) Modificaciones a los valores del índice  $I_1$

En el cálculo de este índice se consideró que en ambas direcciones y en todos los pisos los muros de albañilería simple o parcialmente confinada y los muros de albañilería confinada controlan el modo de falla de la estructura. Esta consideración es muy severa a nivel del primer piso debido a que la cantidad de estos elementos es escasa en comparación con los muros de hormigón armado lo que permite deducir que la falla de los primeros elementos no producirá inestabilidad del sistema. Por lo tanto, es posible considerar que los muros de hormigón controlan el modo de falla en el primer piso y despreciar la resistencia de los elementos que han fallado.

Este análisis se traduce en una variación de los coeficientes  $\alpha_i$  y del índice de ductilidad  $F$  por los valores de la tabla 5.77.

**Tabla 5.77 Valores modificados de  $\alpha_i$  y  $F$ , Cuerpo D1**

Piso	Dirección longitudinal				Dirección Transversal			
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$F$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$F$
1	0.0	1.0	0.7	1.0	0.0	1.0	0.7	1.0
2	1.0	0.7	0.5	0.8	1.0	0.7	0.5	0.8

De acuerdo con los valores de la tabla 5.77, los valores de los índices de resistencia de las tablas 5.71 y 5.72 y los valores de  $S_D$  y  $T$  obtenidos para el cuerpo D1, se determinan los nuevos valores para  $E_o$  y  $I_2$  que se indican en la tabla N° 5.78.

**Tabla 5.78 Valores modificados de  $E_o$  e  $I_2$  Cuerpo D1**

PISO	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$E_o$	$I_2$	$E_o$	$I_2$
1	1.355	1.05	0.490	0.38
2	0.426	0.35	0.428	0.35

#### D) Análisis de sensibilidad del Índice de Hirosawa

De acuerdo con lo indicado en el punto 5.2.1 se analizará la influencia de algunos factores en el valor del Índice de Hirosawa

En la tabla 5.79 se entregan los valores de  $E_o$  y del Índice de Hirosawa considerando un hormigón con una resistencia cilíndrica a la compresión de  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y los valores modificados de  $\alpha_1$  y  $F$  de la tabla 5.77

Tabla 5.79 Valores de  $E_o$  e  $I_2$  del cuerpo D1 con  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .

PISO	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$E_o$	$I_2$	$E_o$	$I_2$
1	1.575	1.22	0.570	0.44
2	0.433	0.35	0.453	0.37

Al compara estos valores con los de la tabla 5.78 se puede apreciar que el índice  $I_2$  aumenta en aquellos pisos donde la cantidad de elementos de hormigón armado es importante en comparación con los elementos de albanilería. Así por ejemplo, en el piso 1 y en ambas direcciones el índice  $I_2$  aumentó aproximadamente en un 15% y en el piso 2, dirección transversal, aumentó sólo en un 5%.

##### 5.3.3.3.1 Evaluación del Índice de Hirosawa.

El índice de Hirosawa se evalúa comparando el valor de  $I_2$  con el valor del índice  $I_o$  que se establece de acuerdo a lo descrito en el punto 3.2.1.2.

Este cuerpo de 2 pisos tiene un sistema estructural de muros de hormigón armado y muros de albañilería, por lo tanto los valores que resultan según la ubicación y características de este

cuerpo son:

Zona sísmica 2 (NCh 433.Of93), luego:  $A_o = 0.3$

Suelo tipo II, luego:  $T_o = 0.3$

$S = 1.0$

$T = 0.035 * 2 = 0.07$

De acuerdo con la ecuación 3.12 para  $T \leq T_o$ , se tienen los siguientes valores para  $I_{so}$ :

$(I_{so})_{serv} = 0.15$

$(I_{so})_{ult} (R=2) = 0.44$

$(I_{so})_{ult} (R=7) = 0.13$

Para el estado de servicio este cuerpo cumple con el valor mínimo requerido  $(I_{so})_{serv}$ .

De acuerdo con los valores de  $(I_{so})_{ult}$  y a la tabla 3.6 se obtienen los siguientes rangos de valores para determinar la vulnerabilidad estructural de este cuerpo:

Rango	Vulnerabilidad
$I_2 > 0.44$	Baja
$0.44 \geq I_2 > 0.34$	Media - Baja
$0.34 \geq I_2 > 0.23$	Media
$0.23 \geq I_2 > 0.13$	Media - Alta
$I_2 \leq 0.13$	Alta

De acuerdo con la tabla anterior, para el estado límite último, este cuerpo presenta una vulnerabilidad media-baja la que se obtiene al considerar el menor valor de  $I_2$  de la tabla 5.78 y 5.79 ( $(I_2)_{min} = 0.35$  piso 2 dirección longitudinal para ambas tablas).

Es importante destacar que a nivel del piso 1 el valor del índice en la dirección

longitudinal supera, en más del doble, el valor del índice en la dirección transversal lo que puede influir en el comportamiento sísmico de la estructura al existir una dirección más débil.

#### 5.3.3.4 Índice de Meli ( $I_{um}$ )

De acuerdo a los valores de  $FC_p$ , detallados en la tabla 5.66, se calculará el Índice de Meli para el 1º piso en la dirección transversal y para el 2º piso en ambas direcciones.

##### a) Area total de muros de albañilería equivalente ( $\Sigma A_e$ )

Para calcular el índice de Meli se requiere determinar el área total de muros de albañilería equivalente ( $\Sigma A_e$ ) en la dirección y el nivel considerado y el área de planta ( $A_p$ ), área encerrada por los ejes resistentes sin considerar balcones y voladizos, en cada piso la que permitirá obtener el área de planta acumulada.

Los valores del área total de muros de albañilería equivalente y del área de planta para este cuerpo se indican en la tabla 5.80 y 5.81 respectivamente.

**Tabla 5.80 Area total de muros de albañilería equivalente ( $\Sigma A_e$ )**

Piso	Dirección longitudinal $\Sigma A_e$ (cm <sup>2</sup> )	Dirección transversal $\Sigma A_e$ (cm <sup>2</sup> )
1	-	406712.0
2	195185.4	204600.4

Tabla 5.81 Area de planta, Cuerpo D1.

Piso	Area planta $A_{P_i}$  (m <sup>2</sup> )	Area de planta acumulada  $\sum_{j=i}^{n_p} A_{P_j}$  (cm <sup>2</sup> )
1	650.770	1089.825
2	439.055	439.055

b) Cálculo de  $I_{mm}$

El índice de Meli se calcula de acuerdo a lo dispuesto en el punto 3.2.3.

Considerando los valores de las tablas 5.80 y 5.81 y utilizando la ecuación 3.24 se obtienen los valores del índice  $I_{mm}$ . Estos valores se resumen en la tabla 5.82.

Tabla 5.82 Valores del índice  $I_{mm}$  para el Cuerpo D1.

Piso	Dirección longitudinal	Dirección transversal
	$I_{mm}$	$I_{mm}$
1	-	0.0373
2	0.0445	0.0466

5.3.3.4.1 Evaluación del índice de Meli

Este índice se evalúa de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.2.3 donde se indica la forma de obtener el valor mínimo requerido para el índice de densidad de muros  $(I_{mm})_{min}$  y las

relaciones entre el nivel de daños y la densidad de muros (tablas 3.6 y 3.7).

Considerando los valores del peso acumulado de la tabla 5.63, los valores del área de planta acumulada de la tabla 5.81, el valor encontrado para  $(I_{so})_{ult}$  ( $R=2$ ) y  $\tau_o = 3 \text{ kg/cm}^2$ , reemplazando en la ecuación 3.26 se obtienen los valores mínimos requeridos para el índice  $I_{mm}$  que se indican en la tabla 5.83.

Tabla 5.83 Valores de  $(I_{mm})_{min}$  para el cuerpo D1

Piso	$(I_{mm})_{min}$
1	0.0377
2	0.0368

Al comparar los valores de la tabla 5.82 con los valores de la tabla 5.83 se puede concluir que el piso 2 cumple con el valor mínimo requerido para los índices  $I_m$  de este piso, en cambio para el piso 1 el índice  $I_m$  es levemente inferior al valor mínimo requerido. Además al relacionar estos valores con el nivel de daño de las tablas 3.7 y 3.8 se obtiene, para ambos pisos, un nivel de daño leve o mínimo de categoría 0 y 1 para intensidades como la máxima esperada en la ciudad de temuco.

### 5.3.3.5 Variación de las características del edificio con la altura.

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

Considerando los valores de las áreas de planta de la tabla 5.81, se calcula la variación de áreas de planta entre pisos consecutivos y se califica su situación de acuerdo a lo indicado en el punto 3.2.4.1. Estos resultados se resumen en la tabla 5.84.

Tabla 5.84 Variación del área de planta entre pisos consecutivos, Cuerpo D1.

Piso	Area planta $A_{p_i}$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{A_{p_i}}{A_{p_{i-1}}}$	Situación
1	650.770	1.482	Regular
2	439.055		

La variación del área de planta del cuerpo D1 es calificada como regular debido a que el área de la planta del piso 2 sufre una disminución importante a causa de hueco que genera el patio interior que poseía originalmente este cuerpo.

#### 5.3.3.5.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

La resistencia en cada piso ( $R_i$ ) y la variación de ésta entre pisos consecutivos se obtienen de acuerdo a lo establecido en el punto 3.2.4.2. Los valores para este cuerpo y su calificación se resumen en la tabla 5.85.

Tabla 5.85 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Cuerpo D1.

Piso	Dirección longitudinal			Dirección transversal		
	$R_i$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{R_i}{R_{i+1}}$	Situación	$R_i$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{R_i}{R_{i+1}}$	Situación
1	18.180	3.71	Buena	10.068	2.19	Buena
2	4.904			4.594		

De acuerdo a los valores de la tabla 5.85, para el cuerpo D1 se tiene una variación de resistencia calificada de buena para ambas direcciones de análisis.

### 5.3.3.5.3 Variación de la rigidez de entrepiso

En la tabla 5.86 se entrega el valor de la rigidez para cada piso y cada dirección, la variación de la rigidez de entrepiso y la razón entre el promedio de las rigideces de los tres pisos superiores y la del piso analizado. Para el cálculo de la rigidez se considera lo descrito en el punto 3.2.4.3.

Tabla 5.86 Variación de la rigidez de entrepiso del Cuerpo D1.

Piso	Dirección longitudinal			Dirección transversal		
	$K_i$ (T/cm)	$\frac{K_{i+1}}{K_i}$	Situación	$K_i$ (T/cm)	$\frac{K_{i+1}}{K_i}$	Situación
1	56844.99	0.08	Mala	19761.29	0.27	Mala
2	4270.16			5346.4		

La calificación mala para la variación de rigidez del cuerpo D1 se debe a que en el piso 2 disminuye el número de elementos resistentes en comparación con los del piso 1. Además los muros de fachada que eran de hormigón armado en el piso 1 cambian a muros de albañilería simple o parcialmente confinada en el piso 2.

### 5.3.3.5.4 Excentricidad del piso

La excentricidad esta dada por la diferencia entre las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez de cada piso y en cada dirección analizada.

Los límites se establecen en función de la razón entre las excentricidades ( $e_x$  o  $e_y$ ) y el largo de la planta en la dirección de la excentricidad ( $l_x$  o  $l_y$ ).

En la tabla 5.87 se indican las coordenadas del centro de masa y del centro de rigidez y la excentricidad que resulta. En la tabla 5.88 se entrega la calificación de la excentricidad de

acuerdo a la ecuación 3.38.

Tabla 5.87 Excentricidad de cada piso del Cuerpo D1.

Piso	Centro de Masa		Centro de Rigidez		Excentricidad	
	$X_G$ (m)	$Y_G$ (m)	$X_R$ (m)	$Y_R$ (m)	$e_x$ (m)	$e_y$ (m)
1	16.50	11.05	27.09	12.87	10.59	1.83
2	19.12	11.87	19.16	12.89	0.04	1.02

Tabla 5.88 Calificación de la excentricidad del cuerpo D1

Piso	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$\frac{e_x}{l_x}$	Situación	$\frac{e_y}{l_y}$	Situación
1	0.30	Mala	0.09	Buena
2	0.00	Buena	0.05	Buena

donde:

$l_x$  = largo mayor de la planta en la dirección longitudinal (Eje x)  
= 35.1 m.

$l_y$  = largo mayor de la planta en la dirección transversal (Eje y)  
= 20.4 m.

La calificación mala para la excentricidad del piso 1 en la dirección longitudinal se debe a que los muros del hormigón armado de la fachada oeste del piso (Eje 6) desplazan el centro de rigidez del centro de gravedad en esa dirección

### 5.3.3.5.5 Variación del peso entre pisos consecutivos

En la tabla 5.89 se indican la variación de los pesos entre pisos consecutivos que se obtiene por la razón entre el peso del piso analizado ( $W_i$ ) y el peso del piso inmediatamente superior ( $W_{i+1}$ ) y la calificación de la situación de acuerdo a los rangos definidos en la ecuación 3.39. Los valores del peso sísmico corresponden a los de la tabla 5.63

Tabla 5.89 Variación del peso entre pisos consecutivos, Cuerpo D1.

Piso	Peso $W_i$ (Ton)	$\frac{w_i}{w_{i+1}}$	Situación
1	729575	2.39	mala
2	305869		

La calificación mala para la variación del peso entre los pisos 1-2 se debe a la disminución del peso del piso 2 a causa del cambio de material de los elementos resistentes, al hueco existente en este piso que disminuye el peso de la losa. Además al ser el último piso no se considera la sobrecarga de losa, el peso de las baldosas ni la contribución del peso de los muros del piso superior.

### 5.3.3.6 Evaluación de la vulnerabilidad estructural

De acuerdo a los resultados de la evaluación realizada con el método de Hirosawa, se puede establecer que este cuerpo presenta una vulnerabilidad del tipo "MEDIA - BAJA" dado el menor valor del índice  $I_2$ .

Además, es importante destacar la gran diferencia que existe en el piso 1 entre los valores del índice  $I_2$  en la dirección longitudinal y los de la dirección transversal en virtud de que la experiencia siniestral ha demostrado que para obtener un buen comportamiento sísmico debe

cumplirse que los índices deben ser similares en ambas direcciones de la planta del edificio, de otro modo las deformaciones producto de la flexibilidad y del daño que pueda ocurrir en la dirección más débil (de menor índice) controla el nivel de daño global.

En cuanto a las variaciones de las características del edificio en altura se aprecia que este cuerpo presenta irregularidades calificadas de mala que se originan en gran medida debido a la disminución de los elementos resistentes y a los cambios de material de los mismos que se producen de un piso a otro, sin embargo, esta situación no es tan crítica en este cuerpo dado que posee sólo dos pisos.

### 5.3.4 Cuerpo D2

Para el análisis de este cuerpo se han considerado los datos obtenidos de los planos originales de las plantas estructurales de todos los pisos y que se detallan en el anexo A.

#### 5.3.4.1 Cálculo del peso sísmico

En la tabla 5.90 se indica el peso sísmico para cada piso, el peso acumulado en altura del cuerpo D2 y el área real de cada piso ( $A_{Ri}$ ) a partir de la cual se calculó el peso por unidad de área. Además en la tabla 5.91 se detalla la distribución del peso por elemento y el porcentaje que representa cada uno del peso total del piso.

**Tabla 5.90 Peso sísmico para cada piso del Cuerpo D2**

Piso	Peso $W_i$ (Kgf)	Peso acumulado $\sum_{j=1}^{n_p} w_j$ (Kgf)	Area real de planta $A_{Ri}$ (m <sup>2</sup> )	Peso por unidad de área de planta $\frac{w_i}{A_{Ri}}$ (Kgf/m <sup>2</sup> )
1	582087	821473	594.81	978.61
2	239386	239386	382.94	625.13

Tabla 5.91 Distribución del peso por elemento. Cuerpo D2

PISO	DISTRIBUCION DEL PESO POR ELEMENTO (Ton) - PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DEL PISO														
	Peso propio losa		Sobre carga losa		M. Albañilería		Muros Hormigón		Peso propio vigas		Pp. tabiquería		Pp. baldosas		Total
	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	
1	237.924	40.9	44.611	7.7	64.585	11.1	101.299	17.4	71.577	12.3	25.618	4.4	36.473	6.3	582.1
2	124.456	52.0	0.000	0.0	31.873	13.3	17.663	7.4	55.364	23.1	10.030	4.2	0.000	0.0	239.4

### 5.3.4.2 Determinación de los índices a calcular

Utilizando lo descrito en el punto 3.2.5 y las áreas de los elementos resistentes contenidos en la tabla 5.92 se determinan los índices a calcular en cada piso y en cada dirección de análisis de acuerdo a los valores del factor  $FC_j$  que se indican en la tabla 5.93.

**Tabla 5.92** Area de elementos resistentes de hormigón y albañilería. Cuerpo D2

Piso	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$A_{hli}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{ali}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{hti}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{ati}$ (m <sup>2</sup> )
1	11.752	3.060	7.852	7.160
2	1.730	8.130	4.660	5.430

donde:

$A_{hli}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de hormigón armado en la dirección longitudinal del nivel i.

$A_{ali}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de albañilería en la dirección longitudinal del nivel i.

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

$A_{ati}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de albañilería en la dirección transversal del nivel i.

**Tabla 5.93** Valores del factor  $FC_j$ . Cuerpo D2

Piso	$\sigma_o$	$FR_2$	$FC_l$	$FC_t$
1	2	4.090	0.940	0.818
2	1	4.695	0.500	0.801

donde:

$FR_2$  = Factor de reducción de sección de hormigón armado a albañilería.

De acuerdo a los valores del factor  $FC_j$  que se indican en la tabla 5.93 los índices a calcular en este cuerpo son:

Dirección longitudinal : En el piso 1 se calcularán el Índice de Hirosawa ( $I_2$ ) y los Índices de Shiga ( $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_d$ ) y en el piso 2 el Índice de Hirosawa ( $I_2$ ) y el Índice de Meli ( $I_{mm}$ ).

Dirección transversal : En ambos pisos se calcularán el Índice de Hirosawa ( $I_2$ ) y los Índices de Shiga ( $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_d$ ).

### 5.3.4.3 Índice de Hirosawa ( $I_2$ )

#### a) Cálculo del Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural ( $E_0$ )

Para el cálculo de  $E_0$  es necesario determinar el área transversal de los elementos de hormigón (muros y columnas) y de albañilería que se consideran que participan en la capacidad resistente del cuerpo en cada dirección analizada y son identificadas como  $A_{m1}$ ,  $A_{m2}$ ,  $A_{m3}$ ,  $A_{m4}$ ,  $A_{c1}$ ,  $A_{c2}$ ,  $A_{sc}$ ,  $A_a$ ,  $A_{ma}$  y  $A_{mar}$  de acuerdo a las consideraciones descritas en el capítulo 3.

En las tablas 5.94, 5.95, 5.96 y 5.97 se entregan las áreas de los muros de hormigón, de los muros de albañilería y de las columnas en las dos direcciones analizadas.

Tabla 5.94 Areas de muros de hormigón armado y muros de albañilería, Cuerpo D2 dirección longitudinal.

Piso	$A_{m1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m3}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m4}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_n$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{mar}$ (cm <sup>2</sup> )
1	0	0	89400	8400	7800	22800	0
2	0	0	0	0	64350	16950	0

Tabla 5.95 Areas de columnas de hormigón armado, Cuerpo D2 dirección longitudinal

Piso	$A_{c1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> )
1	9000	10730	0
2	5500	6700	5100

Tabla 5.96 Areas de muros de hormigón armado y muros de albañilería, Cuerpo D2 dirección transversal.

Piso	$A_{m1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m3}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m4}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_n$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{mar}$ (cm <sup>2</sup> )
1	0	0	48600	0	0	71600	0
2	0	0	13200	3450	23400	30900	0

Tabla 5.97 Areas de columnas de hormigón armado, Cuerpo D2 dirección transversal

Piso	$A_{c1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> )
1	15600	14330	0
2	18450	6400	5100

### Indices de resistencia

Las ecuaciones para el cálculo de los índices de resistencia se describen en el punto 3.2.1.1 del capítulo 3 y los valores de éstos para cada una de las direcciones analizadas de este cuerpo están contenidos en las tablas 5.98 y 5.99.

Tabla 5.98 Indices de resistencia del Cuerpo D2, dirección longitudinal

Piso	$C_a$	$C_{mn}$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_c$
1	0.01054	0.03081	0	0	1.21105	0.17285
2	0.25806	0.06797	0	0.27483	0	0.36608

Tabla 5.99 Indices de resistencia del Cuerpo D2, dirección transversal

Piso	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_c$
1	0	0.09675	0	0	0.61055	0.26833
2	0.09384	0.12392	0	0.27483	0.69300	0.882377

### Valores de los coeficientes $\alpha_i$ y F

Los valores y características de los coeficientes  $\alpha_i$  se detallan en la tabla 3.1 del capítulo 3.

En la tabla 5.100 se resumen los valores de los coeficientes  $\alpha_i$  y el valor del índice de ductilidad F para cada piso y dirección de análisis. Estos valores se determinaron considerando que los elementos que controlan el modo de falla en cada piso son los siguientes:

**Dirección Longitudinal :** En el piso 1 los muros de albañilería simple o parcialmente confinados controlan el modo de falla y en el piso 2 los muros de albañilería parcialmente confinados y las columnas cortas controlan el modo de falla.

**Dirección Transversal :** En el piso 1 los muros de hormigón armado controlan el modo de falla y en el piso 2 los muros de albañilería parcialmente confinados, los muros de albañilería confinados y las columnas cortas controlan el modo de falla.

**Tabla 5.100 Valores de  $\alpha_i$  y F, Cuerpo D2**

Piso	Dirección longitudinal				Dirección Transversal			
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F
1	1.0	0.7	0.5	0.8	1.0	0.7	0.5	1.0
2	1.0	0.7	0.5	0.8	1.0	0.7	0.5	0.8

El valor del índice sísmico básico del comportamiento estructural ( $E_o$ ) se calcula con la ecuación 3.3 y los valores encontrados para este cuerpo se entregan en la tabla 5.101.

Tabla 5.101 Valores de  $E_o$  del Cuerpo D2

Piso	$E_o$	
	Dirección longitudinal	Dirección Transversal
1	0.780	0.658
2	0.470	0.834

**b) Cálculo del Índice de configuración Estructural ( $S_D$ )**

Considerando lo descrito en el capítulo 3 para el cálculo del coeficiente  $S_D$  se tienen los siguientes valores:

1.- Regularidad de planta ( $q_1$ ): planta regular ( $a_1$ ), luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=1.0$

$$q_1 = 1.0$$

2.- Relación largo - ancho ( $q_2$ ): el valor del coeficiente es  $B = 29.6/20.4 = 1.5 < 5$ , luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=0.5$

$$q_2 = 1.0$$

3.- Contracción de planta ( $q_3$ ): la planta no sufre ninguna contracción

$$q_3 = 1.0$$

4.- Atrio o patio interior ( $q_4$ ): para este cuerpo el coeficiente  $R_b = 23/603.84 = 0.04 < 0.1$ , luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=0.5$

$$q_4 = 1.0$$

5.- Excentricidad de atrio o patio interior ( $q_5$ ): los valores de los coeficientes son:

$$f_1 = 0.36 \text{ y } f_2 = 0.13, \text{ luego } G_i=0.9 \text{ y } R_i=0.25$$

$$q_5 = 0.975$$

6.- Subterráneo ( $q_6$ ): no tiene  $q_6 = 1.0$

7.- Junta de dilatación ( $q_7$ ): el caso más desfavorable para el cuerpo es el cociente entre el espesor de la junta (0.05 m.) y la altura total del cuerpo (6.7 m.), cuyo valor es:

$$S = 0.05/6.7 = 0.007 > 0.005, \text{ luego } G_i=0.9 \text{ y } R_i=0.5$$

$$q_7 = 0.95$$

8.- Uniformidad de altura de piso ( $q_8$ ): La razón de altura de piso  $R_h$  posee dos valores:

- Para el primer piso  $R_h = 2.85/3.85 = 0.74$ , luego  $G_i=0.9$  y  $R_i=0.5$ .

$$q_8 = 0.95$$

- Para el segundo piso  $R_h = 3.85/2.85 = 1.4 > 0.8$ , luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=0.5$

$$q_8 = 1.0$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 3.10, se obtiene:

$$\text{Para el primer piso : } S_D = 0.88$$

$$\text{Para el segundo piso : } S_D = 0.93$$

### c) Cálculo del Índice de deterioro de la Edificación T

El índice T se determina con los valores de la tabla 3.3 del capítulo 3 de acuerdo con la información obtenida de la visita a terreno. Los valores de los factores  $T_i$  para este cuerpo se indican en la tabla 5.102.

Tabla 5.102 Valores de los factores  $T_i$ , Cuerpo D2.

i	$T_i$	Observaciones
1	1.0	No presenta signos de deformación.
2	1.0	No presenta grietas ni filtraciones.
3	1.0	El cuerpo no ha sufrido incendios.
4	1.0	No contiene sustancias Químicas.
5	1.0	No presenta daños por choque con edificios vecinos.

Como el valor del Índice de deterioro de la edificación corresponde al mínimo de los  $T_i$ , se tiene que:

$$T = 1.0$$

d) Cálculo del índice  $I_2$

Basándose en los datos anteriores y en la ecuación 3.1 capítulo 3, se determinan los valores del Índice de Hirosawa ( $I_2$ ) para ambas direcciones analizadas, los que se detallan en la tabla 5.103.

Tabla 5.103 Valores del índice  $I_2$ , Cuerpo D2

Piso	$I_2$	
	Dirección longitudinal	Dirección transversal
1	0.69	0.58
2	0.44	0.77

### e) Análisis de sensibilidad del Índice de Hirosawa

De acuerdo con lo indicado en el punto 5.2.1 se analizará la influencia de algunos factores en el valor del Índice de Hirosawa.

En la tabla 5.104 se entregan los valores de  $E_o$  y del Índice de Hirosawa considerando un hormigón con una resistencia cilíndrica a la compresión de  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 5.104 Valores de  $E_o$  e  $I_2$  del cuerpo D2 con  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .

PISO	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$E_o$	$I_2$	$E_o$	$I_2$
1	0.902	0.79	0.750	0.66
2	0.515	0.48	0.948	0.88

#### 5.3.4.3.1 Evaluación del Índice de Hirosawa.

El índice de Hirosawa se evalúa comparando el valor de  $I_2$  con el valor del índice  $I_{so}$  que se establece de acuerdo a lo descrito en el punto 3.2.1.2.

Este cuerpo de 2 pisos tiene un sistema estructural mixto con muros de hormigón armado y muros de albañilería confinada más columnas de hormigón armado, por lo tanto los valores que resultan según la ubicación y características de este cuerpo son:

Zona sísmica 2 :  $A_o = 0.3$  (NCh 433.Of93)

Suelo tipo II :  $T_o = 0.3$  y  $S = 1.0$

$T = 0.035 * 2 = 0.07$

De acuerdo con la ecuación 3.12 para  $T \leq T_0$ , se tienen los siguientes valores para  $I_{so}$ :

$$(I_{so})_{serv} = 0.15$$

$$(I_{so})_{ult} (R=2) = 0.44$$

$$(I_{so})_{ult} (R=7) = 0.13$$

Para el estado de servicio este cuerpo cumple con el valor mínimo requerido  $(I_{so})_{serv}$ .

De acuerdo con los valores de  $(I_{so})_{ult}$  y a la tabla 3.6 se obtienen los siguientes rangos de valores para determinar la vulnerabilidad estructural de este cuerpo:

Rango	Vulnerabilidad
$I_2 > 0.44$	Baja
$0.44 \geq I_2 > 0.34$	Media - Baja
$0.34 \geq I_2 > 0.23$	— Media
$0.23 \geq I_2 > 0.13$	Media - Alta
$I_2 \leq 0.13$	Alta

De acuerdo con la tabla anterior, para el estado límite último, este cuerpo presenta una vulnerabilidad "baja" tanto al considerar el menor valor de  $I_2$  de la tabla 5.103,  $(I_2)_{min} = 0.44$ , piso 2 dirección longitudinal) como al considerar el menor valor de  $I_2$  de la tabla 5.104,  $(I_2)_{min} = 0.48$ , piso 2 dirección longitudinal).

### 5.3.4.4 Índices de Shiga ( $I_m$ , $I_r$ e $I_j$ )

Dados los valores de  $FC_j$ , detallados en la tabla 5.93, se calcularán los Índices de Shiga para el piso 1 en ambas direcciones y para el piso 2 sólo en la dirección transversal.

#### a) Área de Muros, columnas y áreas de plantas

El área total de muros en la dirección longitudinal y transversal está dada por la suma de las áreas de muros de hormigón armado  $A_{m1}$ ,  $A_{m2}$ ,  $A_{m3}$ ,  $A_{m4}$  y la de muros de albañilería  $A_{ma}$ ,  $A_{ma}$  y  $A_{mar}$ , que se transforman a una de hormigón equivalente desde el punto de vista de la resistencia mediante el factor de transformación  $FR_1$ , contenidas en las tablas 5.94 y 5.96, mientras que el área total de columnas en la dirección longitudinal y transversal está dada por la suma de las áreas  $A_{c1}$ ,  $A_{c2}$  y  $A_{cx}$  de las tablas 5.95 y 5.97 respectivamente.

Los valores del área total de muros de hormigón ( $A_m$ ) y el área total de columnas ( $A_c$ ) para cada dirección analizada se detallan en la tabla 5.105.

**Tabla 5.105 Área total de muros ( $\Sigma A_m$ ) y columnas ( $\Sigma A_c$ ), Cuerpo D2.**

Piso	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$\Sigma A_m$ ( $cm_2$ )	$\Sigma A_c$ ( $cm_2$ )	$\Sigma A_m$ ( $cm_2$ )	$\Sigma A_c$ ( $cm_2$ )
1	105282.4	19730	66107.9	29930.0
2			28214.4	29950.0

Para el cálculo de los índices de Shiga es necesario determinar el área  $A_p$ , que corresponde al área de planta encerrada por los ejes resistentes sin considerar balcones y voladizos, y el área  $A_p$  acumulada. Estos valores se encuentran contenidos en la tabla 5.106.

Tabla 5.106 Area de planta, Cuerpo D2.

Piso	Area planta $A_{p_i}$  (m <sup>2</sup> )	Area de planta acumulada $\sum_{j=1}^{a_p} A_{p_j}$  (m <sup>2</sup> )
1	603.840	986.780
2	382.940	382.940

b) Cálculo de  $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_t$

Los valores de los índices  $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_t$  para todos los pisos y para ambas direcciones de análisis se calculan con las ecuaciones 3.13, 3.14 y 3.15. Estos valores se indican en la tabla 5.107.

Tabla 5.107 Valores de los índices  $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_t$ , Cuerpo D2.

Piso	Dirección longitudinal			Dirección transversal		
	$I_m$ cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	$I_c$ cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	$I_t$ Kgf/cm <sup>2</sup>	$I_m$ cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	$I_c$ cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	$I_t$ Kgf/cm <sup>2</sup>
1	106.69	19.99	6.57	66.99	30.33	8.55
2				73.68	78.21	4.12

5.3.4.4.1 Evaluación de los índices de Shiga

Este índice se evalúa de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.2.2 donde se explica la forma de obtener el valor mínimo requerido para el índice de área de muros ( $I_m$ )<sub>min</sub>.