

5.3.1.2.- CUERPO C

5.3.1.2.I.- Determinación de Índices a Calcular

i.- Area Elementos Verticales por Piso y Dirección según Material

El área de los elementos verticales de Hormigón corresponde al área de la sección transversal de las columnas, las cuales son el único elemento vertical sismorresistente (sistema estructural de marcos, punto 4.2.3.2.1.1.-)

Las áreas de los elementos verticales resistentes, se indican en la tabla 5.22, en donde la dirección longitudinal corresponde a la este-oeste, en tanto que la transversal corresponde a la norte-sur.

Tabla 5.22 Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo C

Piso	Area Elementos Verticales Hormigón [m ²]		Area Elementos Verticales Albañilería [m ²]	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
1	14.40	14.40	0.00	0.00
2	14.40	14.40	0.00	0.00
3	14.40	14.40	0.00	0.00
4	11.52	11.52	0.00	0.00
5	11.52	11.52	0.00	0.00
6	7.20	7.20	0.00	0.00

ii.- Índices a Calcular

Con los valores de la tabla 5.22 y la calidad de materiales indicada en punto 4.2.3.2.1.1.D.- ($f'c = 230 \text{ Kg/cm}^2$) se evalúan las expresiones 3.25 y 3.26.

Con lo anterior se obtiene $FC = 1.00$. Sin embargo, debido al

sistema estructural de marcos y de acuerdo al punto 3.2.5.-, se calcula sólomente el Índice de Hirosawa

Tabla 5.23 Índices a Calcular para el Cuerpo C

Piso	σ_0	FR_2	FC Longitudinal	Índices	FC Transversal	Índices
1	6	6.11	1.00	I_2	1.00	I_2
2	5	7.33	1.00	I_2	1.00	I_2
3	4	9.16	1.00	I_2	1.00	I_2
4	3	12.22	1.00	I_2	1.00	I_2
5	2	18.33	1.00	I_2	1.00	I_2
6	1	36.65	1.00	I_2	1.00	I_2

5.3.1.2.II.a.- Índice de Hirosawa por Piso y Dirección

i.- Desglose de Areas Transversales

De acuerdo con el criterio de clasificación de los elementos resistentes verticales del punto 3.2.1.-, se obtienen los valores de areas transversales de la tabla 5.24 (se omite la columna correspondiente a A_{mar} , por no existir elementos de este tipo):

Tabla 5.24 Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo C

Piso	Longitudinal/Transversal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{c3} [cm ²]	A_{c4} [cm ²]	A_{c5} [cm ²]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	144000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	144000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	144000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	115200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	115200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	72000.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ii.- Factores de Reducción de Capacidad Resistente (α_i) e Índice de Ductilidad (F)

El modo de falla en todos los pisos queda controlado por las columnas de hormigón armado (único elemento vertical sismorresistente), por lo tanto considerando el punto 3.2.1.- y tabla 3.1, los valores de estos coeficientes son los indicados en la tabla 5.25 :

Tabla 5.25 Factores α_i y F para el Cuerpo C

Piso	Longitudinal/Transversal			
	α_1	α_2	α_3	F
1	0.00	0.00	1.00	1.00
2	0.00	0.00	1.00	1.00
3	0.00	0.00	1.00	1.00
4	0.00	0.00	1.00	1.00
5	0.00	0.00	1.00	1.00
6	0.00	0.00	1.00	1.00

iii.- Peso de cada Piso y Acumulado sobre él

La forma y consideraciones (pesos y sobrecargas) para calcular los pesos de cada piso se indican en el punto 3.2.4.4.-. Los valores que resultan son los indicados en la tabla 5.26 :

Tabla 5.26 Peso de cada Piso y Acumulado sobre él para el Cuerpo C

Piso	W_i	ΣW_i	W_i/A_{p_i}
	[Kg]	[Kg]	[Kg/m ²]
1	1181958.58	6095280.21	965.88
2	1186003.95	4913321.63	969.19
3	1244607.76	3727317.68	931.39
4	1012704.72	2482709.92	941.90
5	996324.96	1470005.20	926.67
6	473680.24	473680.24	846.30

iv.- Indices de Resistencia (C_1) e Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E_0)

Considerando $n_p = 6$ y los valores de las tablas anteriores, se obtienen, al evaluar las expresiones 3.3 a 3.9, los coeficientes de la tabla 5.27 :

Tabla 5.27 Indices C_1 y E_0 para el Cuerpo C

Piso	Longitudinal						
	C_{ms}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_w	C_c	E_0
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.27
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.29
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.35
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.37
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.57
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.02
Piso	Transversal						
	C_{ms}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_w	C_c	E_0
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.27
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.29
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.35
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.37
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.57
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.02

v.- Índice de Configuración Estructural S_D

De la caracterización de este cuerpo, efectuada en el punto 4.2.3.2.1.1.- , y apoyada en las plantas y elevaciones incluidas en el Anexo C, se desprenden las siguientes observaciones respecto de los aspectos que valora el factor S_D :

- la uniformidad del edificio con la altura, mantiene,

independientemente del piso evaluado, el valor de los q_i .

- respecto al término q_7 , este se considera a nivel del 6° Piso, donde toma su valor más desfavorable.

Considerando lo anterior y evaluando las expresiones 3.10 a 3.12, se obtienen los valores de la tabla 5.28 para los q_i y el factor S_D :

Tabla 5.28 Índice S_D para el cuerpo C

N°	Item	G_i	R_i	q_i	Observaciones
1	Regularidad	1.00	1.00	1.00	Planta Rectangular
2	Relación Largo-Ancho	1.00	0.50	1.00	Planta Proporcionalada
3	Contracción en Planta	1.00	0.50	1.00	No hay Contracciones
4	Atrio o Patio interior	1.00	0.50	1.00	No hay Atrio
5	Excentricidad Atrio o Patio interior	1.00	0.25	1.00	No hay Atrio
6	Subterráneo	0.80	1.00	1.00	No hay Subterráneo
7	Junta de Dilatación	0.80	0.50	0.90	$s < 0.005$, último piso
8	Uniformidad altura de Piso	1.00	0.50	1.00	altura uniforme
Factor S_D				0.90	Común a la estructura

v.- Índice de Deterioro de la Edificación T

Aplicando las características establecidas en la tabla 3.3, según lo detectado en las visitas a terreno, se obtienen los valores de la tabla 5.29 para los T_i y el factor T:

Tabla 5.29 Índice T para el Cuerpo C

N°	Item	T_i	Observaciones
1	Deformación Permanente	1.00	No se aprecian
2	Grietas en Muros o Columnas	1.00	No se aprecian
3	Incendios	1.00	No ha vivido incendios
4	Uso del Cuerpo	1.00	No almacena sust.qcas.
5	Tipo de Daño Estructural	1.00	No se aprecian
Factor T		1.00	Común a la estructura

vi.- Índice de Hirosawa

Evaluando la expresión 3.1 con los valores indicados en las tablas anteriores, se obtienen los valores del índice de Hirosawa indicados en la tabla 5.30 :

Tabla 5.30 Índices de Hirosawa para el Cuerpo C

Piso	Longitudinal	Transversal
	I_2	I_2
1	0.24	0.24
2	0.27	0.27
3	0.31	0.31
4	0.34	0.34
5	0.52	0.52
6	0.92	0.92

5.3.1.2.II.b.- Evaluación del Índice de Hirosawa

La calificación de la vulnerabilidad de la estructura depende del valor de I_{s0} tanto para el nivel de servicio como para el estado límite último.

Los valores de I_{s0} se determinan de acuerdo con las expresiones 3.13 y 3.14, considerando que :

- $A_0 = 0.40$ (Zona Sísmica 3)
- $T_0 = 0.30$ (Suelo Tipo II)
- $T = 0.60$ (estructura de marcos : $T = 0.10 \cdot n$, $n : 6$ pisos)
- $S = 1.00$ (Suelo Tipo II)

Con estas características, los índices de juicio sísmico para

el cuerpo C, son :

$$(I_{s0})_{serv.} = 0.16$$

$$(I_{s0})_{ult.} = 0.47 \text{ para } R=2$$

$$(I_{s0})_{ult.} = 0.13 \text{ para } R=7$$

Comparando los valores anteriores con los índices de Hirosawa de la tabla 5.30, se desprende que en todos los pisos I_2 es superior a I_{s0} para el nivel de servicio, sin embargo para el estado límite último, el índice supera el mínimo que permite calificar la estructura como segura, es decir $(I_{s0})_{ult}$ para $R=2$, sólo en los pisos 5° y 6°, ubicándose en el resto de los pisos entre los valores de $(I_{s0})_{ult}$ para $R=2$ y $R=7$.

Los resultados anteriores indican que cuerpo ofrece un nivel de resistencia adecuado para enfrentar un sismo de servicio, no obstante para evaluar su comportamiento ante un sismo de gran magnitud, es necesario un análisis más detallado, sobretodo considerando la situación del 1° al 4° Piso.

Finalmente, los antecedentes descritos permiten calificar, según Hirosawa, la vulnerabilidad estructural del cuerpo C como **MEDIA**, rango que queda determinado por la situación desde el 1° al 4° piso.

5.3.1.2.III.a.- Variación de Características del Edificio en Altura

i.- Variación de Area de Planta

La superficie de la planta y su variación entre pisos consecutivos, se calcula de acuerdo con el punto 3.2.4.1.- subpunto ii.- (planta con considerables zonas en voladizo)

La variación del área de planta y su calificación se indican en la tabla 5.31 :

Tabla 5.31 Variación de Area de Planta Cuerpo C

Piso	Ap_i	Ap_i/Ap_{i+1}	Situación
	[m ²]		
1	1223.71	1.00	Bueno
2	1223.71	0.92	Bueno
3	1336.30	1.24	Bueno
4	1075.17	1.00	Bueno
5	1075.17	1.92	Regular
6	559.71	*	*

ii.- Variación de Resistencia

La resistencia se evalúa con el área de la sección transversal de las columnas, en tanto que su variación en altura se analiza de acuerdo con el punto 3.2.4.2.-

La variación de resistencia y su calificación se indica en la tabla 5.32 :

Tabla 5.32 Variación de Resistencia Cuerpo C

Piso	Longitudinal/Transversal		
	R_i	R_i/R_{i+1}	Situación
	[m ²]		
1	14.40	1.00	Bueno
2	14.40	1.00	Bueno
3	14.40	1.25	Bueno
4	11.52	1.00	Bueno
5	11.52	1.60	Bueno
6	7.20	*	*

iii.- Variación de Rigidez

La rigidez de las columnas se calcula por flexión de acuerdo a la expresión 3.27, y su variación en altura se analiza de acuerdo a los criterios expuestos en el punto 3.2.4.3.-

La variación de rigidez y su calificación se indica en la tabla 5.33 :

Tabla 5.33 Variación de Rigidez Cuerpo C

Piso	Longitudinal/Transversal				
	K_i	K_{i+1}/K_i	Situación	K_{i+3}/K_i	Situación
	[ton/cm]				
1	7013.30	0.84	Bueno	0.98	Bueno
2	5860.30	1.40	Bueno	1.21	Bueno
3	8203.16	0.80	Bueno	0.70	Bueno
4	6562.53	1.00	Bueno	*	*
5	6562.53	0.63	Bueno	*	*
6	4101.58	*	*	*	*

iv.- Variación de Peso

Los criterios y consideraciones para determinar el peso de cada piso y su variación en altura se indican en el punto 3.2.4.4.-

La variación de peso y su calificación se indica en la tabla 5.34 :

Tabla 5.34 Variación de Peso Cuerpo C

Piso	W_i	W_i/W_{i+1}	Situación
	[Kg]		
1	1181958.58	1.00	Bueno
2	1186003.95	0.95	Bueno
3	1244607.76	1.23	Regular
4	1012704.72	1.02	Bueno
5	996324.96	2.10	Malo
6	473680.24	*	*

v.- Excentricidad en Planta

Las coordenadas de los Centros de Masas y Rigidez se miden desde el origen formado por la intersección de los ejes (5,C) = (X,Y), el cual se indica en la planta respectiva del Anexo C.

La forma de evaluar la excentricidad se indica en el punto 3.2.4.5.-, y los resultados de esta calificación se indican en la tabla 5.35 :

Tabla 5.35 Excentricidad en Planta Cuerpo C

Piso	Centro de Masas		Centro de Rigidez		Excentricidad			Situación	eY/ly	Situación
	XG [m]	YG [m]	XR [m]	YR [m]	eX [m]	eY [m]	eX/LX			
1	27.79	10.98	26.71	9.07	1.07	1.91	0.02	Bueno	0.10	Regular
2	27.73	10.48	29.73	9.28	2.00	1.20	0.04	Bueno	0.07	Bueno
3	27.42	9.44	29.05	9.20	1.63	0.24	0.03	Bueno	0.01	Bueno
4	22.25	9.14	23.25	9.20	1.00	0.06	0.02	Bueno	0.00	Bueno
5	21.98	9.14	23.25	9.20	1.27	0.06	0.03	Bueno	0.00	Bueno
6	13.68	9.25	14.55	9.20	0.87	0.05	0.04	Bueno	0.00	Bueno

5.3.1.2.III.b.- Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura

La situación de variación de las características anteriores con la altura, corresponde en general a la situación de **Bueno**.

Las excepciones son :

i.- las variaciones del Area de Planta y de Peso del 5° al 6° Piso que clasifican como Malo debido a la disminución de la planta en el 6° Piso.

ii.- la variación de Peso entre el 3^{er} y 4° Piso que clasifica como Regular debido a que en el 3^{er} Piso aumentan los voladizos de la planta, los cuales contribuyen al peso.

5.3.1.2.IV.- Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo C

Los elementos de juicio indicados en los puntos anteriores, permiten concluir preliminarmente que el cuerpo C presenta una vulnerabilidad estructural **MEDIA**.

La calificación anterior, se ve reforzada por la inexistencia de un detallamiento de estribos que pueda permitir un análisis de la ductilidad y por lo tanto de la capacidad de deformación del edificio (ver punto 4.2.3.2.1.1.C.-). De esta forma se entiende, la necesidad de un estudio más detallado, que, considerando la situación descrita, permita concluir más enfáticamente acerca de la real capacidad de respuesta del edificio.

5.3.1.3.- CUERPO E

5.2.1.3.I.- Determinación de Indices a Calcular

i.- Area Elementos Verticales por Piso y Dirección según Material

Los elementos verticales resistentes están constituidos por muros y machones de hormigón y albañilería confinada y columnas aisladas de hormigón armado.

La distribución de estos elementos verticales según material, se indica en la tabla 5.36, en donde la dirección longitudinal corresponde a la dirección este-oeste, en tanto que la transversal corresponde a la norte- sur (ver figura 4.1) :

Tabla 5.36 Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo E

Piso	Area Elementos Verticales Hormigón [m ²]		Area Elementos Verticales Albañilería [m ²]	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
1	2.30	1.04	5.64	8.43

ii.- Indices a Calcular

Evaluando las expresiones 3.25 y 3.26 con los valores de la tabla anterior y la calidad de materiales indicada en el punto 4.2.3.2.1.3.D.-, se obtienen los valores de la tabla 5.37, donde es necesario observar que apesar de que el área de albañilería es considerablemente superior al área de los elementos de hormigón armado, el valor de FC resulta mayor que 0.2, lo que se debe a que la calidad del hormigón corresponde a la clase E, $f'c = 230 \text{ Kg/cm}^2$, el cual es un hormigón de excelente calidad al compararlo con una albañilería construida con unidades artesanales de $\tau_0 = 3 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 5.37 Indices a Calcular para el Cuerpo E

Piso	σ_0	FR_2	FC Longitudinal	Indices	FC Transversal	Indices
1	1	5.43	0.69	I_2	0.40	I_2

5.3.1.3.II.a.- Índice de Hirosawa por Piso y Dirección

i.- Desglose de Areas Transversales

De acuerdo con el criterio de clasificación de los elementos resistentes verticales, indicado en el punto 3.2.1.-, se obtiene la tabla 5.38, en la cual se omite la columna correspondiente a A_{mar} , por no existir elementos de este tipo :

Tabla 5.38 Desglose de Areas Transversales Cuerpo E

Piso	Longitudinal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{sc} [cm ²]	A_{na} [cm ²]	A_s [cm ²]
1	0.00	0.00	6187.50	3360.00	8925.00	2925.00	1575.00	56412.50	0.00
Piso	Transversal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{sc} [cm ²]	A_{na} [cm ²]	A_s [cm ²]
1	0.00	0.00	1387.00	2700.00	1575.00	2675.00	2100.00	84286.75	0.00

ii.- Factores de Reducción de Capacidad Resistente (α_i) e Índice de Ductilidad (F)

El modo de falla queda controlado por los muros de albañilería confinada, en tanto que la presencia de columnas clasificables como cortas no afecta la estabilidad de la estructura. De esta forma y considerando el punto 3.2.1.- y tabla 3.1, los valores de estos coeficientes son los indicados en la tabla 5.39 :

Tabla 5.39 Factores α_i y F para el Cuerpo C

Piso	Longitudinal/Transversal			
	α_1	α_2	α_3	F
1	1.00	0.70	0.50	1.00

iii.- *Peso del Piso*

La forma y consideraciones (pesos y sobrecargas) para calcular los pesos por piso se indican en el punto 3.2.4.4.-

Tabla 5.40 *Peso del único Piso del Cuerpo E*

Piso	W_i	W_i/Ap_i
	[Kg]	[Kg/m ²]
1	359945.96	709.51

iv.- *Indices de Resistencia (C_i) e Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E_0)*

Considerando los valores de las tablas anteriores, se obtienen los coeficientes de la tabla 5.41 al evaluar las expresiones 3.3 a 3.9 :

Tabla 5.41 *Indices C_i y E_0 para el Cuerpo E*

Piso	Longitudinal						
	C_{ra}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_v	C_c	E_0
1	0.15	0.00	0.00	0.08	0.34	0.35	0.64
Piso	Transversal						
	C_{ra}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_v	C_c	E_0
1	0.22	0.00	0.00	0.10	0.14	0.11	0.48

v.- *Índice de Configuración Estructural S_p*

El cuerpo posee un único piso, el cual se describe en el punto 4.2.3.2.1.3.- y se representa a través de plantas y elevaciones en el Anexo C , de forma tal que el valor de los q_i se obtiene en forma directa considerando los criterios definidos en la tabla 3.2 y expresiones 3.10 a 3.12 :

Tabla 5.42 Índice S_p para el Cuerpo E

N°	Item	G_i	R_i	q_i	Observaciones
1	Regularidad	1.00	1.00	1.00	Planta Rectangular
2	Relación Largo-Ancho	1.00	0.50	1.00	Planta Proporcionada
3	Contracción en Planta	1.00	0.50	1.00	No hay Contracciones
4	Atrio o Patio interior	1.00	0.50	1.00	No hay Atrios
5	Excentricidad Atrio o Patio interior	1.00	0.25	1.00	No hay Atrios
6	Subterráneo	0.80	1.00	1.00	No hay Subterráneo
7	Junta de Dilatación	1.00	0.50	1.00	$s > 0.01$, Piso único
8	Uniformidad altura de Piso	1.00	0.50	1.00	Piso único
Factor S_p				1.00	

vi.- Índice de Deterioro de la Edificación T

Cuantificando las características establecidas en la tabla 3.3 de acuerdo con lo detectado en terreno, se obtienen los valores de la tabla 5.43 :

Tabla 5.43 Índice T para el Cuerpo E

N°	Item	T_i	Observaciones
1	Deformación Permanente	1.00	No se aprecian
2	Grietas en Muros o Columnas	1.00	No se aprecian
3	Incendios	1.00	No ha vivido incendios
4	Uso del Cuerpo	1.00	No almacena sust.qcas.
5	Tipo de Daño Estructural	1.00	No se aprecian
Factor T		1.00	

vii.- Índice de Hirosawa

Evaluando la expresión 3.1 con los valores indicados en las tablas anteriores, se obtienen los índices de Hirosawa indicados en la tabla 5.44 :

Tabla 5.44 Índices de Hirosawa para el Cuerpo E

	Longitudinal	Transversal
Piso	I_2	I_2
1	0.64	0.48

5.3.1.3.II.b.- Evaluación del Índice de Hirosawa

La calificación de la vulnerabilidad de la estructura depende del valor de I_{s0} tanto para el nivel de servicio como para el estado límite último, los que se determinan de acuerdo con las expresiones 3.13 y 3.14 del Capítulo 3, considerando que :

- $A_0 = 0.40$ (Zona Sísmica 3)
- $T_0 = 0.30$ (Suelo Tipo II)
- $T = 0.04$ (estructura de muros : $T = 0.035 \cdot n$, n :1 piso)
- $S = 1.00$ (Suelo Tipo II)

Con estas características, los índices de juicio sísmico para el cuerpo E, son :

- (I_{s0})serv. = 0.20
- (I_{s0})ult. = 0.59 para $R=2$
- (I_{s0})ult. = 0.17 para $R=7$

Comparando estos valores con los índices de Hirosawa (I_2) indicados en la tabla 5.44, se desprende que el cuerpo presenta en ambas direcciones un índice I_2 superior a I_{s0} para el nivel de servicio, sin embargo para el estado límite último, es decir el necesario para resistir un sismo de magnitud superior, según las definiciones del punto 3.2.1.-, el cuerpo sólo supera el nivel mínimo en su dirección longitudinal.

Complementando el razonamiento anterior, se analiza la relación entre los valores del índice I_2 para la dirección longitudinal y dirección transversal, obteniéndose una razón de 1.3, valor que cae fuera del rango considerado como positivo en el punto 3.2.1.- , con lo cual se concluye que el nivel de daño quedará controlado por la dirección transversal, la que posee un índice inferior.

Los resultados expuestos indican que el cuerpo ofrece un nivel adecuado para resistir un sismo de servicio, no obstante para evaluar su comportamiento ante un sismo de gran magnitud es necesario un análisis más detallado.

En forma preliminar sin embargo, la vulnerabilidad estructural del cuerpo E, según Hirosawa, se puede calificar como **MEDIA**.

5.3.1.3.III.- Variación de Características del Edificio en Altura

De la variaciones de las características del edificio, sólo corresponde evaluar la Excentricidad en Planta, cuya situación se clasifica de acuerdo a los rangos definidos en el punto 3.2.4.5.-

i.- Excentricidad en Planta

Las coordenadas de los Centros de Masas y Rigidez se miden desde el origen formado por la intersección de los ejes (7,A) = (X,Y), el cual se indica en la planta respectiva del Anexo C.

La excentricidad en planta y su calificación se indica en la tabla 5.45 :

Tabla 5.45 Excentricidad en Planta Cuerpo E

Piso	Centro de Masas		Centro de Rigidez		Excentricidad			Situación	eY/1Y	Situación
	XG [m]	YG [m]	XR [m]	YR [m]	eX [m]	eY [m]	eX/1X			
1	15.64	7.52	4.98	10.13	10.6	2.61	0.31	Malo	0.15	Regular

De la tabla se aprecia que la excentricidad califica como **Malo** en la dirección longitudinal y como **Regular** en la dirección transversal. Lo anterior se debe a la existencia de muros con largos considerablemente distintos en las fachadas y al hecho que la altura libre de columnas y machones varía dependiendo de los distintos tipos de ventanas.

No obstante lo anterior, se considera que la excentricidad no es crítica, debido a que el cuerpo posee sólo un piso y una cantidad importante de muros capaces de absorber los esfuerzos provenientes de un probable efecto de torsión.

5.3.1.3.IV.- Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo E

Considerando los antecedentes expuestos, fundamentalmente la evaluación por el índice de Hirosawa, se puede estimar preliminarmente la vulnerabilidad estructural del cuerpo E como **MEDIA**.

5.3.1.4.- CUERPO U1

5.2.1.4.I.- Determinación de Índices a Calcular

i.- Area Elementos Verticales por Piso y Dirección según Material

Los elementos verticales resistentes están constituidos por muros y machones de hormigón y albañilería confinada y columnas aisladas de hormigón armado.

La distribución de estos elementos verticales según material, es la indicada en la tabla 5.46, en donde la dirección longitudinal corresponde a la dirección este-oeste, en tanto que la transversal a la norte- sur (ver figura 4.1):

Tabla 5.46 Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo U1

Piso	Area Elementos Verticales Hormigón [m ²]		Area Elementos Verticales Albañilería [m ²]	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
1	3.40	3.34	9.85	10.18
2	2.21	1.95	6.63	4.84

ii.- Índices a Calcular

Evaluando las expresiones 3.25 y 3.26 con los valores de la tabla 5.46 y la calidad de materiales indicada en el punto 4.2.3.2.1.2.D.-, se obtienen los valores de la tabla 5.47, donde al igual que en el caso del Cuerpo E, el elevado valor del factor FC, apesar de la mayor cantidad de elementos de albañilería, se debe a la excelente calidad del hormigón ($f'c = 230 \text{ Kg/cm}^2$) versus albañilería construida con unidades artesanales ($\tau_0 = 3 \text{ Kg/cm}^2$).

Tabla 5.47 Índices a Calcular para el Cuerpo U1

Piso	σ_0	FR_2	FC Longitudinal	Índices	FC Transversal	Índices
1	2	4.73	0.62	I_2	0.61	I_2
2	1	5.43	0.64	I_2	0.69	I_2

5.3.1.4.II.a.- Índice de Hirosawa por Piso y Dirección

i.- Desglose de Areas Transversales

De acuerdo al criterio de clasificación de los elementos resistentes verticales indicado en el punto 3.2.1.-, se obtiene la tabla 5.48, en la cual se omite la columna correspondiente a A_{mar} por no existir elementos de ese tipo :

Tabla 5.48 Desglose de Areas Transversales Cuerpo U1

Piso	Longitudinal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{sc} [cm ²]	A_{na} [cm ²]	A_a [cm ²]
1	0.00	0.00	0.00	30825.00	3190.00	0.00	0.00	98475.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	21425.00	625.00	0.00	0.00	66300.00	0.00
Piso	Transversal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{sc} [cm ²]	A_{na} [cm ²]	A_a [cm ²]
1	0.00	0.00	0.00	30725.00	2700.00	0.00	0.00	101812.50	0.00
2	0.00	0.00	0.00	18900.00	625.00	0.00	0.00	48375.00	0.00

ii.- Factores de Reducción de Capacidad Resistente (α_i) e Índice de Ductilidad (F)

El modo de falla queda controlado por los muros de albañilería confinada, de forma tal que considerando el punto 3.2.1.- y tabla 3.1, los valores de estos coeficientes son los indicados en la tabla 5.49 :

Tabla 5.49 Factores α_i y F para el Cuerpo U1

Piso	Longitudinal/Transversal			
	α_1	α_2	α_3	F
1	1.00	0.70	0.50	1.00
2	1.00	0.70	0.50	1.00

iii.- Peso de cada Piso y Acumulado sobre él

La forma y consideraciones (pesos y sobrecargas) para calcular los pesos de cada piso se indican en el punto 3.2.4.4.-

En la tabla 5.50 se indican los pesos respectivos :

Tabla 5.50 Peso de cada Piso y Acumulado Cuerpo U1

Piso	W_i	ΣW_i	W_i/Ap_i
	[Kg]	[Kg]	[Kg/m ²]
1	463434.33	562447.87	815.76
2	99013.54	99013.54	283.56

iv.- Indices de Resistencia (C_i) e Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E_0)

Considerando los valores de las tablas anteriores, se obtienen los coeficientes de la tabla 5.51, al evaluar las expresiones 3.3 a 3.9 :

Tabla 5.51 Indices C_i y E_0 para el Cuerpo U1

Piso	Longitudinal						
	C_{ms}	C_s	C_{msc}	C_{sc}	C_v	C_o	E_0
1	0.19	0.00	0.00	0.00	0.63	0.06	0.67
2	0.64	0.00	0.00	0.00	2.49	0.07	1.82
Piso	Transversal						
	C_{ms}	C_s	C_{msc}	C_{sc}	C_v	C_o	E_0
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.63	0.06	0.67
2	0.47	0.00	0.00	0.00	2.20	0.07	1.53

v.- Índice de Configuración Estructural S_D

El cuerpo posee dos pisos con geometrías bastante distintas, tal como se indica en el punto 4.2.3.2.1.2.- y en las plantas y elevaciones que se presentan en el Anexo C. Sin embargo, evaluando ambos pisos según los aspectos y criterios que considera la tabla 3.2 de Capítulo 3, se obtienen valores uniformes.

No obstante lo anterior, cabe hacer las siguientes observaciones :

- la presencia de lucernas o tragaluces se interpretó considerando el mismo efecto que atrios o patios de luz, sin embargo su pequeña superficie no alcanza a perjudicar significativamente a S_D
- el valor de q_i se considera en el 1^{er} Piso, por cuanto el cuerpo vecino sólo llega a ese nivel

Evaluando las expresiones 3.10 a 3.12, se obtienen los valores de la tabla 5.52 para los q_i y el factor S_D :

Tabla 5.52 Índice S_D para el Cuerpo U1

N°	Item	G_i	R_i	q_i	Observaciones
1	Regularidad	1.00	1.00	1.00	Planta Regular
2	Relación Largo-Ancho	1.00	0.50	1.00	Planta Proporcionada
3	Contracción en Planta	1.00	0.50	1.00	No hay Contracciones
4	Atrio o Patio interior	1.00	0.50	1.00	Lucernas Pequeñas
5	Excentricidad Atrio o Patio interior	0.90	0.25	0.98	Lucernas Pequeñas
6	Subterráneo	0.80	1.00	1.00	No hay Subterráneo
7	Junta de Dilatación	1.00	0.50	1.00	$s > 0.01$, 1 ^{er} Piso
8	Uniformidad altura de Piso	1.00	0.50	1.00	altura uniforme
Factor S_D				0.98	Común a la estructura

vi.- Índice de Deterioro de la Edificación T

Evaluando las características establecidas en la tabla 3.3 de acuerdo con lo detectado en terreno, se obtienen los valores de la tabla 5.53 :

Tabla 5.53 Índice T para el Cuerpo U1

Nº	Item	T _i	Observaciones
1	Deformación Permanente	1.00	No se aprecian
2	Grietas en Muros o Columnas	1.00	No se aprecian
3	Incendios	1.00	No ha vivido incendios
4	Uso del Cuerpo	1.00	No almacena sust.qcas.
5	Tipo de Daño Estructural	1.00	No se aprecian
Factor T		1.00	

vii.- Índice de Hirosawa

Evaluando la expresión 3.1 con los valores indicados en las tablas anteriores, se obtienen los índices de Hirosawa indicados en la tabla 5.54 :

Tabla 5.54 Índices de Hirosawa para el Cuerpo U1

Piso	Longitudinal	Transversal
	I ₂	I ₂
1	0.65	0.65
2	1.78	1.50

5.3.1.4.II.b.- Evaluación del Índice de Hirosawa

La calificación de la vulnerabilidad de la estructura depende del valor de I_{s0} para los niveles de servicio y estado límite último, los que se determinan de acuerdo con las expresiones 3.13 y 3.14, considerando que :

- $A_0 = 0.40$ (Zona Sísmica 3)
- $T_0 = 0.30$ (Suelo Tipo II)
- $T = 0.07$ (estructura de muros : $T = 0.035 \cdot n$, $n : 2$ pisos)
- $S = 1.00$ (Suelo Tipo II)

Con estas características, los índices de juicio sísmico para el cuerpo U1, son :

- (I_{s0})serv. = 0.20
- (I_{s0})ult. = 0.59 para $R=2$
- (I_{s0})ult. = 0.17 para $R=7$

Comparando los valores anteriores con los índices de Hirosawa (I_2) indicados en la tabla 5.54, se desprende que el cuerpo presenta en ambos pisos y en ambas direcciones, un índice I_2 superior a I_{s0} tanto para el nivel de servicio como de estado límite último con $R=2$.

Por otro lado, se puede decir que el valor de I_2 en una y otra dirección es similar, ubicándose su relación en alrededor de 1.0, lo cual es positivo según el rango indicado en el punto 3.2.1.-.

Debido a los motivos expuestos, se puede concluir que el cuerpo ofrece una resistencia adecuada ante los dos niveles evaluados, es decir para un sismo de servicio y para un sismo de gran magnitud, por lo tanto se califica la vulnerabilidad

estructural de cuerpo U1 como **BAJA**.

No obstante lo anterior, para determinar en forma adecuada la vulnerabilidad estructural del 2° Piso, se debe realizar un estudio más detallado, que considere sobretodo su sistema estructural horizontal, el cual al estar constituido por un envigado metal-madera requiere un análisis que considere por ejemplo el tipo y estado de sus conexiones.