

CAPÍTULO II

CURVAS DE CAPACIDAD SÍSMICA RESISTENTE Y ESPECTRO DE CAPACIDAD DE ESTRUCTURAS SIN INTERACCIÓN

RESUMEN

Se detallarán las características de las estructuras a ser analizadas como número de pórticos, distancia entre ellos, dimensiones de vigas y columnas, cuantías de acero, etc. Además se describe el cálculo de las vigas equivalentes a través del método del pórtico equivalente, para considerar la acción estructural de la losa sobre las vigas, con el que se analizan dos modelos.

Se determinan las curvas de capacidad sísmica resistente y los espectros de capacidad sin considerar interacción de 72 estructuras con un ancho cooperante de $\frac{1}{4}$ de la luz, y de 96 estructuras con un ancho cooperante de $\frac{1}{8}$ de la luz entre pórticos, y se analizan los resultados obtenidos.

De cada uno de los puntos notables de las curvas de capacidad sísmica resistente se define la desviación estándar del grupo de estructuras de igual altura, de igual manera se repite para los puntos notables de los espectros de capacidad obtenidos.

2.1 ANTECEDENTES

El objetivo de este capítulo es tener valores de referencia de la capacidad resistente sísmica de estructuras en base a losas planas que se construyen en Ecuador.

La parte más crítica es el ancho cooperante que gravita sobre la viga, por este motivo se discuten dos modelos. El primero considera que la viga actúa estructuralmente junto a un ancho cooperante de la losa de longitud igual al $\frac{1}{4}$ de la luz a cada lado del eje de la viga, y en el segundo se asume solamente $\frac{1}{8}$ de la luz.

Se destaca que ante acciones sísmicas inicialmente trabaja solo la viga y conforme aumenta la intensidad del sismo, empieza a trabajar poco a poco la losa acoplada a la viga. En algunos casos se ha visto que la longitud perpendicular a la dirección de análisis llega a todo el vano.

Cuando el sismo empieza a actuar, es la viga la que soporta su acción sobre la estructura, pero cuando esta pierde resistencia, parte de la losa sirve de apoyo a la viga, si la actividad sísmica continúa y la viga sigue perdiendo resistencia, un área mayor de la losa entra a actuar, si las condiciones persisten el área cooperante de la losa seguirá creciendo hasta completar todo el vano, pero esto ocurre solamente en presencia de sismos muy fuertes.

2.2 ESTRUCTURAS DE ANÁLISIS.

Para este análisis se consideraron seis edificios de tres vanos como se muestra en la figura 2.1, que varían de 1 a 6 pisos, con dimensiones y cuantías que se ajustan a la realidad del diseño y construcción en el Ecuador.

La estructura es simétrica en los dos sentidos, con luces iguales de 4 m. y alturas de entrepiso de 3 m. para todos los pisos y todos los casos.

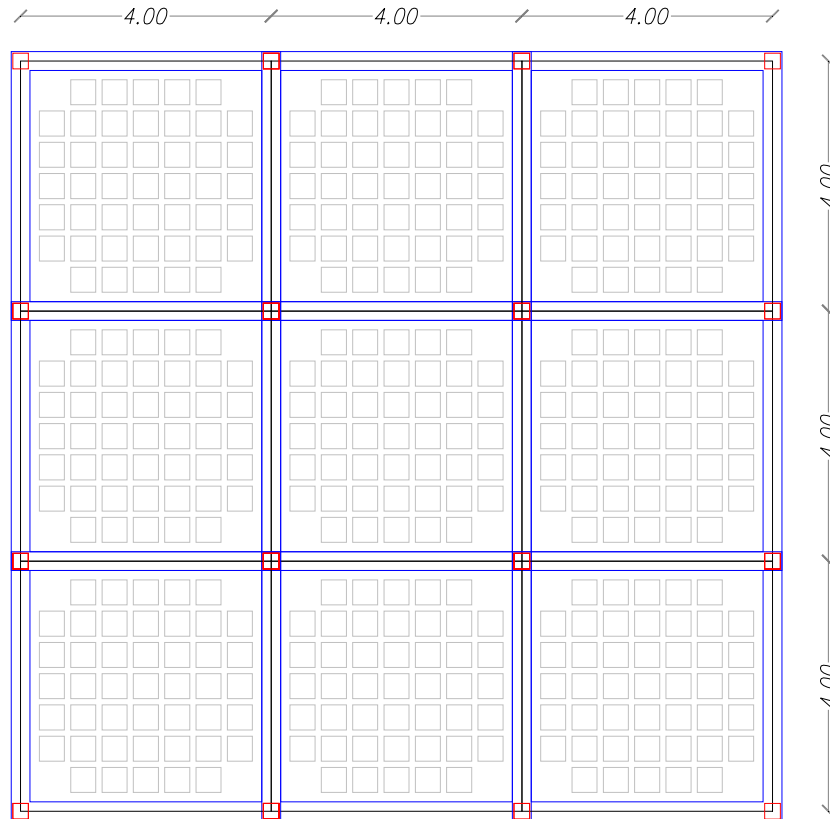


Figura 2.1 Planta tipo, edificio de tres vanos

2.2.1 Cuantías en vigas y columnas

Se consideraron un total de 16 casos, en los que se mantienen las secciones de vigas y columnas, pero la cantidad de acero varía. En la tabla 2.1 se muestra el resumen de cada caso, con la cantidad de hierro que llevará vigas y columnas expresada en porcentaje.

La cuantía en las columnas variará de 1 a 2.5% y la de las vigas de 0.25 hasta 1.0% en la armadura inferior, mientras que en la superior el rango varía de 0.5 a 1.25%, dando un total de diez y seis casos, que multiplicados por las seis estructuras de 1 a 6 pisos dan un total de 96 estructuras a ser analizadas.

Tabla 2.1 Armadura en vigas y columnas considerada en el análisis.

CASO	CUANTÍA COLUMNA $\rho\%$	CUANTÍA DE ARMADURA INFERIOR EN VIGAS $\rho\%$	CUANTÍA DE ARMADURA SUPERIOR EN VIGAS $\rho\%$
1	1.00 %	0.25 %	0.50 %
2	1.00 %	0.50 %	0.75 %
3	1.00 %	0.75 %	1.00 %
4	1.00 %	1.00 %	1.25 %
5	1.50 %	0.25 %	0.50 %
6	1.50 %	0.50 %	0.75 %
7	1.50 %	0.75 %	1.00 %
8	1.50 %	1.00 %	1.25 %
9	2.00 %	0.25 %	0.50 %
10	2.00 %	0.50 %	0.75 %
11	2.00 %	0.75 %	1.00 %
12	2.00 %	1.00 %	1.25 %
13	2.50 %	0.25 %	0.50 %
14	2.50 %	0.50 %	0.75 %
15	2.50 %	0.75 %	1.00 %
16	2.50 %	1.00 %	1.25 %

2.2.2 Dimensiones de vigas y columnas

Los edificios que se tomaron para el análisis, son estructuras con vigas banda, que es lo que comunmente se construye en el país, con las dimensiones detalladas en la tabla 2.2. El espesor de la losa es el mismo que la altura de las vigas.

Para los seis edificios se consideraron columnas cuadradas, cuyas dimensiones a pesar de no cumplir con la sección mínima que el código ecuatoriano exige, son las que se adaptan a las edificaciones del Ecuador. En los casos de 1 a 3 pisos las columnas se mantienen constantes a lo largo de toda la altura, pero para los casos de 4 a 6 pisos las secciones de las columnas varían con la altura, como la tabla 2.3 indica.

Tabla 2.2 Dimensiones de las vigas.

Edificio	Pisos	Dim Vigas (cm)	Dim Vigas Eq. (cm)
1 pisos	1	30x20	85x20
2 pisos	1-2	30x20	85x20
3 pisos	1-2	40x20	85x20
	3	35x20	85x20
4 pisos	1-2	50x20	85x20
	3-4	40x20	85x20
5 pisos	1-2	55x20	85x20
	3-4-5	45x20	85x20
6 pisos	1-2	65x25	100x20
	3-4	55x25	85x20
	5-6	45x25	85x20

Tabla 2.3 Dimensiones de columnas

Edificio	Piso	Columnas
1 pisos	1	25x25
2 pisos	1-2	25x25
3 pisos	1-2-3	30x30
4 pisos	1-2	40x40
	3-4	35x35
5 pisos	1-2-3	45x45
	4-5	35x35
6 pisos	1-2	55x55
	3-4	45x45
	5-6	40x40

2.2.3 Método del pórtico equivalente

Con el fin de modelar parte de la losa actuando estructuralmente, a través del método del pórtico equivalente se obtuvo nuevas secciones de vigas que equivalen a las originales, considerando la acción de la losa.

Para definir que sección de hormigón actuaba a lo largo de la viga, se dibujaron varios esquemas de un vano de cada piso tipo, de cada edificio, de lo que constructivamente sería la distribución de los bloques en el área de la losa, indicados en la figura 2.2.

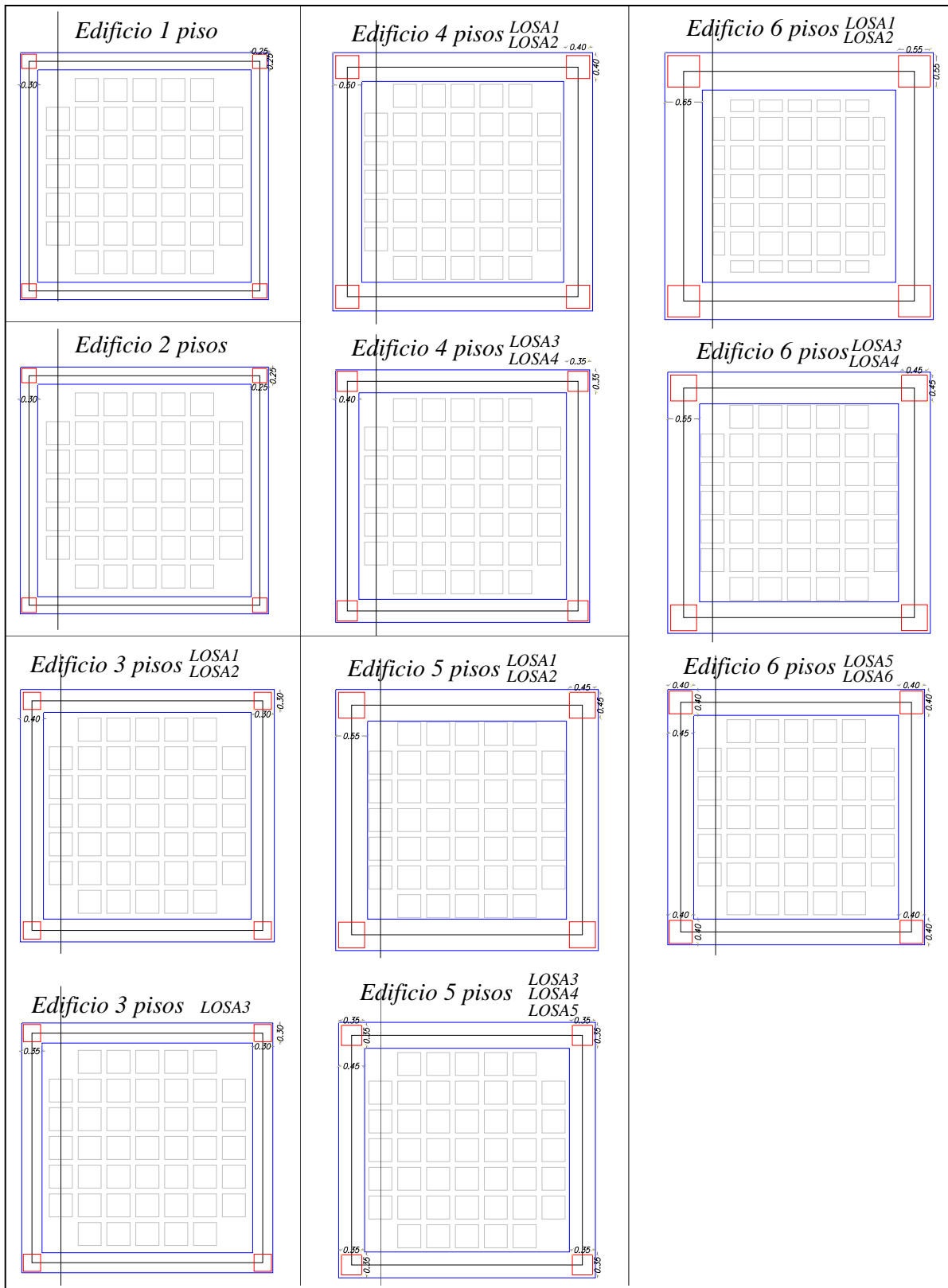


Figura 2.2. Distribución de bloques en vanos de plantas tipo de las estructuras de análisis

Por la variación de la cantidad de hormigón que está junto a la viga, se tomaron dos secciones de esta, una que representa a los extremos de cada vano (nudo) y otra al centro de la luz, como la figura 2.3 indica. Inicialmente se asumió que estructuralmente trabaja una longitud de 1.00 m. de losa tomado del eje de la viga a cada lado de esta.

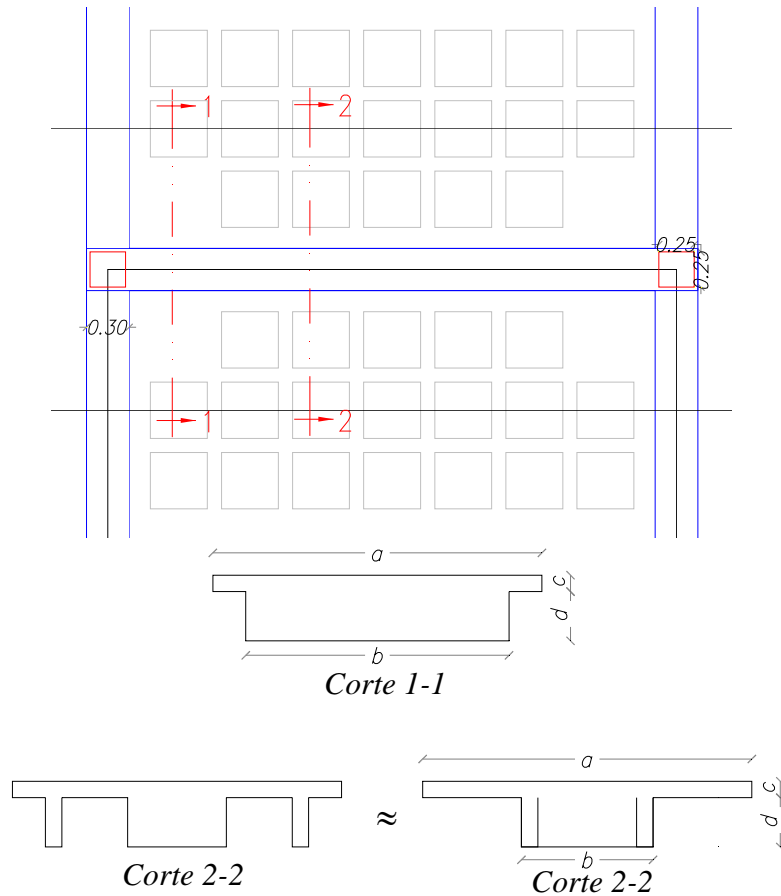


Figura 2.3 Variación de la sección en vigas

Luego se calcula las inercias centroidales de las dos figuras en cada planta tipo de cada estructura, cuyos valores se muestran en la tabla 2.4.

Se define el diagrama de masas representado en la figura 2.4, que no es más que la diagramación de la variación de la sección de las vigas en planta, en donde el elemento 1 y 3 son los nudos del vano, mientras que el elemento 2 es el centro de la luz, a los que les corresponde las inercias centroidales de la tabla 2.4. Los valores $L1$, $L2$, $L3$, escritos en la tabla 2.5, dependen de la ubicación de los bloques en la losa,

Tabla 2.4. Inercias centroidales con $\frac{1}{4}$ de luz de ancho cooperante.

Estructura	Piso	Ub	a	b	c	d	I total centroidal
1 Pisos	1	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
2 Pisos	1-2	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
3 Pisos	1-2	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
	3	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
4 Pisos	1-2	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
	3-4	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
5 Pisos	1-2	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
	3-4-5	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
6 Pisos	1-2	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.2	229901.96 cm ⁴
		CENT	2.00	1.2	0.05	0.2	194710.14 cm ⁴
	3-4	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴
	5-6	EXTR	2.00	1.6	0.05	0.15	117671.57 cm ⁴
		CENT	2.00	0.8	0.05	0.15	79128.79 cm ⁴

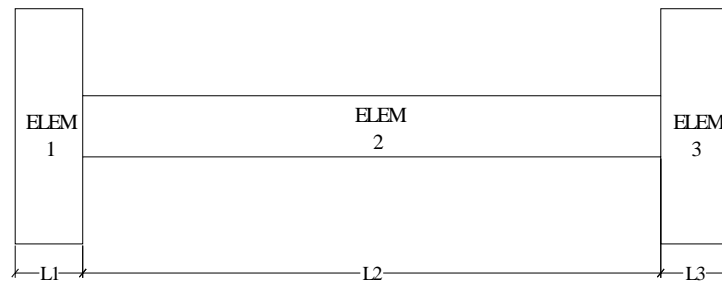


Figura 2.4 Diagrama de inercias

Para el ejemplo se tomará los datos del piso 1.

Ahora se calcula el inverso de las inercias por el módulo de elasticidad del hormigón (E) en la tabla 2.6, pero para este caso E no influye en los resultados, por lo que se asume E=1. La inversión de las inercias queda representada en la figura 2.5, y los valores

a, b y c, que dependen de L1, L2 y L3, están escritos en la tabla 2.5. Xo es la distancia del eje al centro de cada elemento de la figura 2.5.

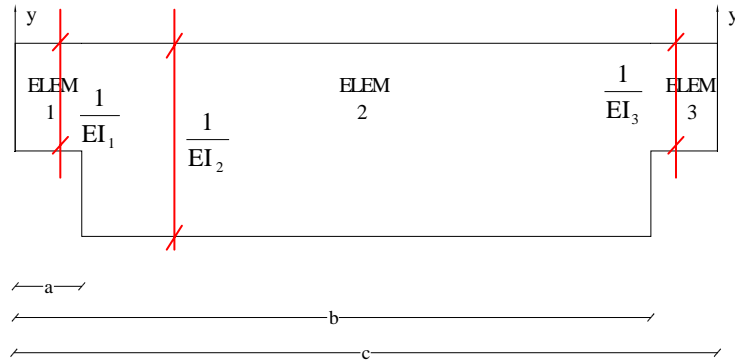


Figura 2.5 Diagrama de masas elásticas

Tabla 2.5. Longitudes del diagrama de inercias y masas elásticas

L1	0.80	a	0.40
L2	2.40	b	3.20
L3	0.80	c	4.00

El cálculo de W se describe en la ecuación 1. Luego se calcula la inercia con respecto a (y) y (y'), de cada elemento del diagrama de inversión de inercias (Iy e Iy' respectivamente)

$$W = \frac{1}{EI_i} * L_i \tag{2.1}$$

Donde Ii es la inercia de cada elemento y Li la longitud.

$$I_{yt} = \sum I_y \tag{2.2}$$

$$I_{yt'} = \sum I_{y'} \tag{2.3}$$

Tabla 2.6. Cálculo de Iy e Iy' del diagrama de inversión de inercias.

FIG	I (m4)	1/EI	Xo (m)	W	Iy	Iy'
1	0.001177	849.823	0.4	340	18.129556	8847.2235
2	0.000791	1263.763	2	3033	13776.697	13776.697
3	0.001177	849.823	3.6	680	8847.2235	18.1295563
SUMA				4053	22642	22642

Como $I_{yt} = I_{yt}'$,

$$\alpha = \alpha' = \frac{I_{yt}}{c^2} = 1411.26 \quad (2.4)$$

La inercia equivalente de esta viga será:

$$I_{eq} = \frac{L}{3E\alpha} = 0.0009448 \text{ m}^4 \quad (2.5)$$

Igualando

$$I_{eq} = \frac{b * h^3}{12} \Rightarrow b_{eq} = \frac{12 * I_{eq}}{h^3} \quad (2.6)$$

Como la altura de la viga por ser banda debe mantenerse constante, se toma h igual al espesor de la losa que es 20 cm para este caso.

Finalmente el valor de b_{eq} es:

$$b_{eq} = 1.4172 \text{ m} \approx 140 \text{ cm}$$

Se procede de igual forma para las vigas de los demás edificios. En la tabla 2.7 se muestran los resultados.

Tabla 2.7. Valores de la base equivalente (1)

Estructura	Piso	b equiv.
1 Pisos	1	1.4172 cm
2 Pisos	1-2	1.4172 cm
3 Pisos	1-2	1.4172 cm
	3	1.4172 cm
4 Pisos	1-2	1.4172 cm
	3-4	1.4172 cm
5 Pisos	1-2	1.4172 cm
	3-4-5	1.4172 cm
6 Pisos	1-2	1.6198 cm
	3-4	1.4172 cm
	5-6	1.4172 cm

Como los resultados obtenidos en las curvas de capacidad sísmica resistente y espectros de capacidad de estas estructuras, son muy altos, inclusive mayores a los que

estructuras semejantes pero con vigas descolgadas arrojan (valores detallados en el siguiente punto de este capítulo), se concluye que el considerar que la longitud de la losa estructuralmente actuante es $\frac{1}{4}$ de la luz a cada lado del eje de la viga es demasiado, haciéndola muy rígida. Es por esto que se recalculó la base equivalente de las vigas de todas las estructuras a analizar, pero en esta ocasión para $\frac{1}{8}$ de la luz entre pórticos, que en este caso es de 50 cm. Los resultados los muestra la tabla 2.8. Además se redimensionó las columnas del primer piso, como se ve en la tabla 2.9, porque es más común que en las edificaciones de 1 piso estas sean construidas con dimensiones de 20x20cm que 25x25cm.

Tabla 2.8. Valores de la base equivalente (2)

Estructura	Piso	b equiv. 2
1 Pisos	1	0.8550 cm
2 Pisos	1-2	0.8550 cm
3 Pisos	1-2	0.8550 cm
	3	0.8550 cm
4 Pisos	1-2	0.8550 cm
	3-4	0.8550 cm
5 Pisos	1-2	0.8550 cm
	3-4-5	0.8550 cm
6 Pisos	1-2	1.0000 cm
	3-4	0.8550 cm
	5-6	0.8550 cm

Tabla 2.9 Redimensionamiento de columnas

Edificio	Piso	Dim Colum (cm)
1 pisos	1	20x20
2 pisos	1-2	25x25
3 pisos	1-2-3	30x30
4 pisos	1-2	40x40
	3-4	35x35
5 pisos	1-2-3	45x45
	4-5	35x35
6 pisos	1-2	55x55
	3-4	45x45
	5-6	40x40

Con los datos de las secciones de las estructuras se calculó la cantidad de acero en cm^2 para las vigas y columnas, porque es indispensable ingresar los valores en esta unidad.

Tabla 2.10. Cuantías de columnas

COLUMNAS							
PISO	Id.	Nombre	Sección		Cuantía	Acero total	Acero
			b	h			Distribuido
P1	A	P1AC	20cm	20cm	1.00%	4.00	2.00
P1	B	P1BC	20cm	20cm	1.50%	6.00	3.00
P1	C	P1CC	20cm	20cm	2.00%	8.00	4.00
P1	D	P1DC	20cm	20cm	2.50%	10.00	5.00
P2	A	P2AC	25cm	25cm	1.00%	6.25	3.13
P2	B	P2BC	25cm	25cm	1.50%	9.38	4.69
P2	C	P2CC	25cm	25cm	2.00%	12.50	6.25
P2	D	P2DC	25cm	25cm	2.50%	15.63	7.81
P3	A	P3AC	30cm	30cm	1.00%	9.00	4.50
P3	B	P3BC	30cm	30cm	1.50%	13.50	6.75
P3	C	P3CC	30cm	30cm	2.00%	18.00	9.00
P3	D	P3DC	30cm	30cm	2.50%	22.50	11.25
P4.1	A	P4.1AC	40cm	40cm	1.00%	16.00	8.00
P4.1	B	P4.1BC	40cm	40cm	1.50%	24.00	12.00
P4.1	C	P4.1CC	40cm	40cm	2.00%	32.00	16.00
P4.1	D	P4.1DC	40cm	40cm	2.50%	40.00	20.00
P4.2	A	P4.2AC	35cm	35cm	1.00%	12.25	6.13
P4.2	B	P4.2BC	35cm	35cm	1.50%	18.38	9.19
P4.2	C	P4.2CC	35cm	35cm	2.00%	24.50	12.25
P4.2	D	P4.2DC	35cm	35cm	2.50%	30.63	15.31
P5.1	A	P5.1AC	45cm	45cm	1.00%	20.25	10.13
P5.1	B	P5.1BC	45cm	45cm	1.50%	30.38	15.19
P5.1	C	P5.1CC	45cm	45cm	2.00%	40.50	20.25
P5.1	D	P5.1DC	45cm	45cm	2.50%	50.63	25.31
P5.2	A	P5.2AC	35cm	35cm	1.00%	12.25	6.13
P5.2	B	P5.2BC	35cm	35cm	1.50%	18.38	9.19
P5.2	C	P5.2CC	35cm	35cm	2.00%	24.50	12.25
P5.2	D	P5.2DC	35cm	35cm	2.50%	30.63	15.31
P6.1	A	P6.1AC	55cm	55cm	1.00%	30.25	15.13
P6.1	B	P6.1BC	55cm	55cm	1.50%	45.38	22.69
P6.1	C	P6.1CC	55cm	55cm	2.00%	60.50	30.25
P6.1	D	P6.1DC	55cm	55cm	2.50%	75.63	37.81
P6.2	A	P6.2AC	45cm	45cm	1.00%	20.25	10.13
P6.2	B	P6.2BC	45cm	45cm	1.50%	30.38	15.19
P6.2	C	P6.2CC	45cm	45cm	2.00%	40.50	20.25
P6.2	D	P6.2DC	45cm	45cm	2.50%	50.63	25.31
P6.3	A	P6.3AC	40cm	40cm	1.00%	16.00	8.00
P6.3	B	P6.3BC	40cm	40cm	1.50%	24.00	12.00
P6.3	C	P6.3CC	40cm	40cm	2.00%	32.00	16.00
P6.3	D	P6.3DC	40cm	40cm	2.50%	40.00	20.00

En la tabla 2.10 se detalla las cuantías para las columnas de los edificios a ser analizados, en la 2.11 las cuantías de las vigas con el cálculo de base equivalente (1), y en la 2.12 con base equivalente (2), además se consideró el acero de los nervios de la losa, como la figura 2.6 indica.

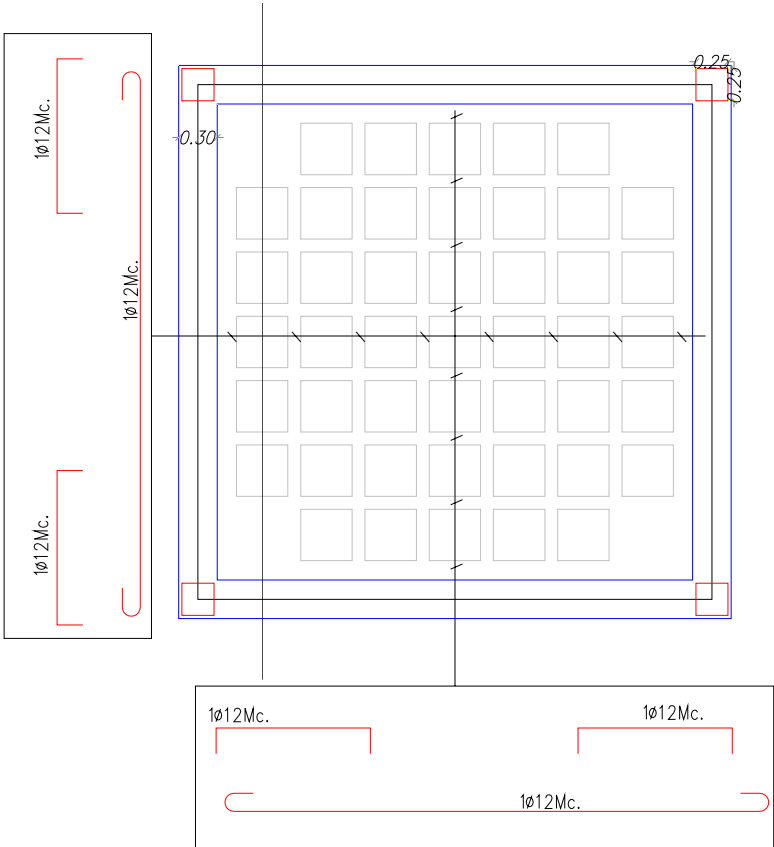


Figura 2.6 Acero en nervios

Tabla 2.11.1 Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 1

PISO	Id	Nombre		VIGAS						LOSA						TOTAL	
				Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	As	As'
				b	h	As	As'			b	h	As	As'				
P1	A	P1AV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.50%	0.75%	3.00	4.50	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	5.40	6.90
P1	A	P1AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	5.40	4.50
P1	B	P1BV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.75%	1.00%	4.50	6.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	6.90	8.40
P1	B	P1BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	6.90	6.00
P1	C	P1CV1Ex	1Ex	30cm	20cm	1.00%	1.25%	6.00	7.50	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	8.40	9.90
P1	C	P1CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	8.40	7.50
P2	A	P2AV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.50%	0.75%	3.00	4.50	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	5.40	6.90
P2	A	P2AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	5.40	4.50
P2	B	P2BV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.75%	1.00%	4.50	6.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	6.90	8.40
P2	B	P2BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	6.90	6.00
P2	C	P2CV1Ex	1Ex	30cm	20cm	1.00%	1.25%	6.00	7.50	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	8.40	9.90
P2	C	P2CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	8.40	7.50
P3.1	A	P3.1AV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.50%	0.75%	4.00	6.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	6.40	8.40
P3.1	A	P3.1AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	6.40	6.00
P3.1	B	P3.1BV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.75%	1.00%	6.00	8.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	8.40	10.40
P3.1	B	P3.1BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	8.40	8.00
P3.1	C	P3.1CV1Ex	1Ex	40cm	20cm	1.00%	1.25%	8.00	10.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	10.40	12.40
P3.1	C	P3.1CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	10.40	10.00
P3.2	A	P3.2AV1Ex	1Ex	35cm	20cm	0.50%	0.75%	3.50	5.25	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	5.90	7.65
P3.2	A	P3.2AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	5.90	5.25
P3.2	B	P3.2BV1Ex	1Ex	35cm	20cm	0.75%	1.00%	5.25	7.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	7.65	9.40
P3.2	B	P3.2BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	7.65	7.00
P3.2	C	P3.2CV1Ex	1Ex	35cm	20cm	1.00%	1.25%	7.00	8.75	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	9.40	11.15
P3.2	C	P3.2CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	9.40	8.75
P4.1	A	P4.1AV1Ex	1Ex	50cm	20cm	0.50%	0.75%	5.00	7.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	6.20	8.70
P4.1	A	P4.1AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	6.20	7.50
P4.1	B	P4.1BV1Ex	1Ex	50cm	20cm	0.75%	1.00%	7.50	10.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	8.70	11.20
P4.1	B	P4.1BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	8.70	10.00
P4.1	C	P4.1CV1Ec	1Ec	50cm	20cm	1.00%	1.25%	10.00	12.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	11.20	13.70
P4.1	C	P4.1CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	11.20	12.50
P4.2	A	P4.2AV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.50%	0.75%	4.00	6.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	5.20	7.20
P4.2	A	P4.2AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	5.20	6.00
P4.2	B	P4.2BV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.75%	1.00%	6.00	8.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	7.20	9.20
P4.2	B	P4.2BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	7.20	8.00
P4.2	C	P4.2CV1Ex	1Ex	40cm	20cm	1.00%	1.25%	8.00	10.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	9.20	11.20
P4.2	C	P4.2CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	9.20	10.00

Tabla 2.11.2 Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 1

PISO	Id	Nombre		VIGAS						LOSA						TOTAL	
				Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	As	As'
				b	h	As	As'			b	h	As	As'				
P5.1	A	P5.1AV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.50%	0.75%	5.50	8.25	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	6.70	9.45
P5.1	A	P5.1AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	6.70	8.25
P5.1	B	P5.1BV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.75%	1.00%	8.25	11.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	9.45	12.20
P5.1	B	P5.1BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	9.45	11.00
P5.1	C	P5.1CV1Ex	1Ex	55cm	20cm	1.00%	1.25%	11.00	13.75	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	12.20	14.95
P5.1	C	P5.1CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	12.20	13.75
P5.2	A	P5.2AV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.50%	0.75%	4.50	6.75	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	5.70	7.95
P5.2	A	P5.2AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	5.70	6.75
P5.2	B	P5.2BV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.75%	1.00%	6.75	9.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	7.95	10.20
P5.2	B	P5.2BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	7.95	9.00
P5.2	C	P5.2CV1Ex	1Ex	45cm	20cm	1.00%	1.25%	9.00	11.25	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	10.20	12.45
P5.2	C	P5.2CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	10.20	11.25
P6.1	A	P6.1AV1Ex	1Ex	65cm	25cm	0.50%	0.75%	8.13	12.19	30cm	20cm	0.60%	0.60%	3.60	3.60	11.73	15.79
P6.1	A	P6.1AV2Cen	2Cen							30cm	20cm	0.60%		3.60	0.00	11.73	12.19
P6.1	B	P6.1BV1Ex	1Ex	65cm	25cm	0.75%	1.00%	12.19	16.25	30cm	20cm	0.60%	0.60%	3.60	3.60	15.79	19.85
P6.1	B	P6.1BV2Cen	2Cen							30cm	20cm	0.60%		3.60	0.00	15.79	16.25
P6.1	C	P6.1CV1Ex	1Ex	65cm	25cm	1.00%	1.25%	16.25	20.31	30cm	20cm	0.60%	0.60%	3.60	3.60	19.85	23.91
P6.1	C	P6.1CV2Cen	2Cen							30cm	20cm	0.60%		3.60	0.00	19.85	20.31
P6.2	A	P6.2AV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.50%	0.75%	5.50	8.25	10cm	25cm	0.60%	0.60%	1.50	1.50	7.00	9.75
P6.2	A	P6.2AV2Cen	2Cen							10cm	25cm	0.60%		1.50	0.00	7.00	8.25
P6.2	B	P6.2BV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.75%	1.00%	8.25	11.00	10cm	25cm	0.60%	0.60%	1.50	1.50	9.75	12.50
P6.2	B	P6.2BV2Cen	2Cen							10cm	25cm	0.60%		1.50	0.00	9.75	11.00
P6.2	C	P6.2CV1Ex	1Ex	55cm	20cm	1.00%	1.25%	11.00	13.75	10cm	25cm	0.60%	0.60%	1.50	1.50	12.50	15.25
P6.2	C	P6.2CV2Cen	2Cen							10cm	25cm	0.60%		1.50	0.00	12.50	13.75
P6.3	A	P6.3AV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.50%	0.75%	4.50	6.75	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	6.90	9.15
P6.3	A	P6.3AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	6.90	6.75
P6.3	B	P6.3BV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.75%	1.00%	6.75	9.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	9.15	11.40
P6.3	B	P6.3BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	9.15	9.00
P6.3	C	P6.3CV1Ex	1Ex	45cm	20cm	1.00%	1.25%	9.00	11.25	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	11.40	13.65
P6.3	C	P6.3CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	11.40	11.25

Tabla 2.12.1 Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 2

PISO	Id	Nombre		VIGAS						LOSA						TOTAL		
				Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	Sección	b	h	Cuantía	Cuantía	As	As'	As	As'
				b	h	As	As'	As	As'									
P1	A	P1AV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.25%	0.50%	1.50	3.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	2.70	4.20	
P1	A	P1AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	2.70	3.00	
P1	B	P1BV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.50%	0.75%	3.00	4.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	4.20	5.70	
P1	B	P1BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	4.20	4.50	
P1	C	P1CV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.75%	1.00%	4.50	6.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	5.70	7.20	
P1	C	P1CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	5.70	6.00	
P1	D	P1DV1Ex	1Ex	30cm	20cm	1.00%	1.25%	6.00	7.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	7.20	8.70	
P1	D	P1DV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	7.20	7.50	
P2	A	P2AV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.25%	0.50%	1.50	3.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	2.70	4.20	
P2	A	P2AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	2.70	3.00	
P2	B	P2BV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.50%	0.75%	3.00	4.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	4.20	5.70	
P2	B	P2BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	4.20	4.50	
P2	C	P2CV1Ex	1Ex	30cm	20cm	0.75%	1.00%	4.50	6.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	5.70	7.20	
P2	C	P2CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	5.70	6.00	
P2	D	P2DV1Ex	1Ex	30cm	20cm	1.00%	1.25%	6.00	7.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	7.20	8.70	
P2	D	P2DV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	7.20	7.50	
P3.1	A	P3.1AV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.25%	0.50%	2.00	4.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	3.20	5.20	
P3.1	A	P3.1AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	3.20	4.00	
P3.1	B	P3.1BV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.50%	0.75%	4.00	6.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	5.20	7.20	
P3.1	B	P3.1BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	5.20	6.00	
P3.1	C	P3.1CV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.75%	1.00%	6.00	8.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	7.20	9.20	
P3.1	C	P3.1CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	7.20	8.00	
P3.1	D	P3.1DV1Ex	1Ex	40cm	20cm	1.00%	1.25%	8.00	10.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	9.20	11.20	
P3.1	D	P3.1DV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	9.20	10.00	
P3.2	A	P3.2AV1Ex	1Ex	35cm	20cm	0.25%	0.50%	1.75	3.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	2.95	4.70	
P3.2	A	P3.2AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	2.95	3.50	
P3.2	B	P3.2BV1Ex	1Ex	35cm	20cm	0.50%	0.75%	3.50	5.25	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	4.70	6.45	
P3.2	B	P3.2BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	4.70	5.25	
P3.2	C	P3.2CV1Ec	1Ec	35cm	20cm	0.75%	1.00%	5.25	7.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	6.45	8.20	
P3.2	C	P3.2CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	6.45	7.00	
P3.2	D	P3.2DV1Ex	1Ex	35cm	20cm	1.00%	1.25%	7.00	8.75	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	8.20	9.95	
P3.2	D	P3.2DV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	8.20	8.75	

Tabla 2.12.2 Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 2

PISO	Id	Nombre		VIGAS						LOSA						TOTAL	
				Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	As	As'
				b	h	As	As'			b	h	As	As'				
P4.1	A	P4.1AV1Ex	1Ex	50cm	20cm	0.25%	0.50%	2.50	5.00	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	2.50	5.00
P4.1	A	P4.1AV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	2.50	5.00
P4.1	B	P4.1BV1Ex	1Ex	50cm	20cm	0.50%	0.75%	5.00	7.50	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	5.00	7.50
P4.1	B	P4.1BV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	5.00	7.50
P4.1	C	P4.1CV1Ex	1Ex	50cm	20cm	0.75%	1.00%	7.50	10.00	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	7.50	10.00
P4.1	C	P4.1CV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	7.50	10.00
P4.1	D	P4.1DV1Ex	1Ex	50cm	20cm	1.00%	1.25%	10.00	12.50	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	10.00	12.50
P4.1	D	P4.1DV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	10.00	12.50
P4.2	A	P4.2AV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.25%	0.50%	2.00	4.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	4.40	6.40
P4.2	A	P4.2AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	4.40	6.40
P4.2	B	P4.2BV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.50%	0.75%	4.00	6.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	6.40	8.40
P4.2	B	P4.2BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	6.40	8.40
P4.2	C	P4.2CV1Ex	1Ex	40cm	20cm	0.75%	1.00%	6.00	8.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	8.40	10.40
P4.2	C	P4.2CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	8.40	10.40
P4.2	D	P4.2DV1Ex	1Ex	40cm	20cm	1.00%	1.25%	8.00	10.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	10.40	12.40
P4.2	D	P4.2DV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	10.40	12.40
P5.1	A	P5.1AV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.25%	0.50%	2.75	5.50	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	2.75	5.50
P5.1	A	P5.1AV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	2.75	5.50
P5.1	B	P5.1BV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.50%	0.75%	5.50	8.25	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	5.50	8.25
P5.1	B	P5.1BV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	5.50	8.25
P5.1	C	P5.1CV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.75%	1.00%	8.25	11.00	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	8.25	11.00
P5.1	C	P5.1CV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	8.25	11.00
P5.1	D	P5.1DV1Ex	1Ex	55cm	20cm	1.00%	1.25%	11.00	13.75	0cm	20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	11.00	13.75
P5.1	D	P5.1DV2Cen	2Cen							0cm	20cm	0.60%		0.00	0.00	11.00	13.75
P5.2	A	P5.2AV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.25%	0.50%	2.25	4.50	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	4.65	6.90
P5.2	A	P5.2AV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	4.65	6.90
P5.2	B	P5.2BV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.50%	0.75%	4.50	6.75	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	6.90	9.15
P5.2	B	P5.2BV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	6.90	9.15
P5.2	C	P5.2CV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.75%	1.00%	6.75	9.00	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	9.15	11.40
P5.2	C	P5.2CV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	9.15	11.40
P5.2	D	P5.2DV1Ex	1Ex	45cm	20cm	1.00%	1.25%	9.00	11.25	20cm	20cm	0.60%	0.60%	2.40	2.40	11.40	13.65
P5.2	D	P5.2DV2Cen	2Cen							20cm	20cm	0.60%		2.40	0.00	11.40	13.65

Tabla 2.12.3 Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 2

PISO	Id	Nombre		VIGAS						LOSA						TOTAL	
				Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	Sección		Cuantía	Cuantía	As	As'	As	As'
				b	h	As	As'			b	h	As	As'				
P6.1	A	P6.1AV1Ex	1Ex	65cm	25cm	0.25%	0.50%	4.06	8.13	20cm	25cm	0.60%	0.60%	3.00	3.00	7.06	11.13
P6.1	A	P6.1AV2Cen	2Cen							20cm	25cm	0.60%		3.00	0.00	7.06	8.13
P6.1	B	P6.1BV1Ex	1Ex	65cm	25cm	0.50%	0.75%	8.13	12.19	20cm	25cm	0.60%	0.60%	3.00	3.00	11.13	15.19
P6.1	B	P6.1BV2Cen	2Cen							20cm	25cm	0.60%		3.00	0.00	11.13	12.19
P6.1	C	P6.1CV1Ex	1Ex	65cm	25cm	0.75%	1.00%	12.19	16.25	20cm	25cm	0.60%	0.60%	3.00	3.00	15.19	19.25
P6.1	C	P6.1CV2Cen	2Cen							20cm	25cm	0.60%		3.00	0.00	15.19	16.25
P6.1	D	P6.1DV1Ex	1Ex	65cm	25cm	1.00%	1.25%	16.25	20.31	20cm	25cm	0.60%	0.60%	3.00	3.00	19.25	23.31
P6.1	D	P6.1DV2Cen	2Cen							20cm	25cm	0.60%		3.00	0.00	19.25	20.31
P6.2	A	P6.2AV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.25%	0.50%	2.75	5.50		20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	2.75	5.50
P6.2	A	P6.2AV2Cen	2Cen							20cm	0.60%			0.00	0.00	2.75	5.50
P6.2	B	P6.2BV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.50%	0.75%	5.50	8.25		20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	5.50	8.25
P6.2	B	P6.2BV2Cen	2Cen							20cm	0.60%			0.00	0.00	5.50	8.25
P6.2	C	P6.2CV1Ex	1Ex	55cm	20cm	0.75%	1.00%	8.25	11.00		20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	8.25	11.00
P6.2	C	P6.2CV2Cen	2Cen							20cm	0.60%			0.00	0.00	8.25	11.00
P6.2	D	P6.2DV1Ex	1Ex	55cm	20cm	1.00%	1.25%	11.00	13.75		20cm	0.60%	0.60%	0.00	0.00	11.00	13.75
P6.2	D	P6.2DV2Cen	2Cen							20cm	0.60%			0.00	0.00	11.00	13.75
P6.3	A	P6.3AV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.25%	0.50%	2.25	4.50	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	3.45	5.70
P6.3	A	P6.3AV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	3.45	4.50
P6.3	B	P6.3BV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.50%	0.75%	4.50	6.75	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	5.70	7.95
P6.3	B	P6.3BV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	5.70	6.75
P6.3	C	P6.3CV1Ex	1Ex	45cm	20cm	0.75%	1.00%	6.75	9.00	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	7.95	10.20
P6.3	C	P6.3CV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	7.95	9.00
P6.3	D	P6.3DV1Ex	1Ex	45cm	20cm	1.00%	1.25%	9.00	11.25	10cm	20cm	0.60%	0.60%	1.20	1.20	10.20	12.45
P6.3	D	P6.3DV2Cen	2Cen							10cm	20cm	0.60%		1.20	0.00	10.20	11.25

2.3 VALORES MEDIOS DE PUNTOS NOTABLES

Para obtener la curva de capacidad espectral, se utilizó el programa de computación CEINCI 3 (Aguiar R. y Santander C. 2004), con el que se determinó las curvas de capacidad de cada pórtico, y con estas los valores de D_{ty} , V_y , D_{tu} , V_u , k_e , k_p . Ingresando estos resultados y los de la geometría de la estructura en el programa ESPACIAL 1.0 (Aguiar 2003), creado para realizar análisis estático no lineal de pórticos espaciales (Pushover Espacial) se obtuvo la curva de capacidad resistente en forma espacial y de esta los valores de D_{ty} , V_y , D_{tu} , V_u , k_e , k_p y α , que se describen en la figura 2.7, para cada estructura y cada caso. Para conseguir el espectro de capacidad espacial, cuya nomenclatura se explica en la figura 2.8 se utilizó el programa ESPACAP 1.0 (Aguiar 2003), que necesita de los resultados obtenidos en ESPACIAL.

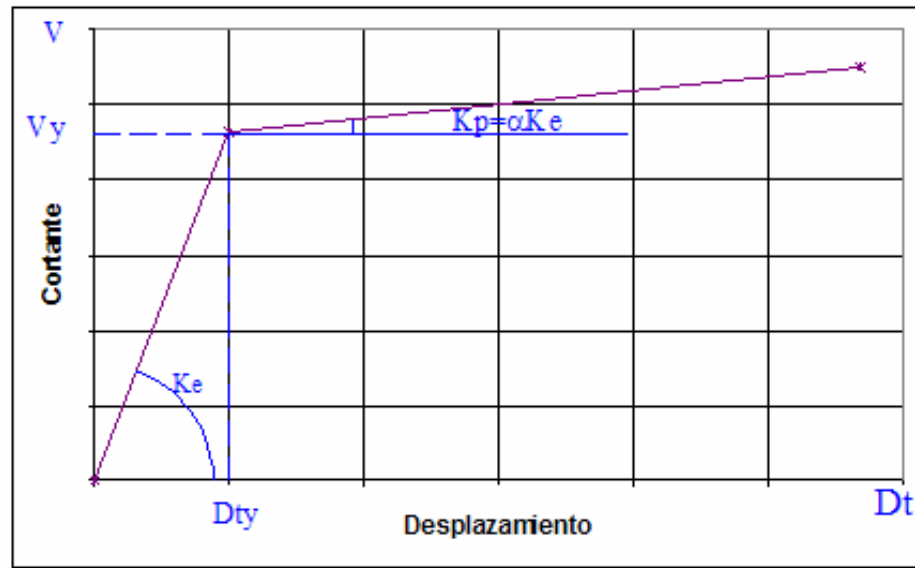


Figura 2.7 Puntos notables de la curva de capacidad sísmica resistente

En la figura 2.7 se aprecia que el punto de fluencia se lo define por D_{ty} y V_y , K_e es la rigidez en el rango elástico definida por la tangente del ángulo, al igual que la rigidez post fluencia K_p que es igual a $\alpha * K_e$.

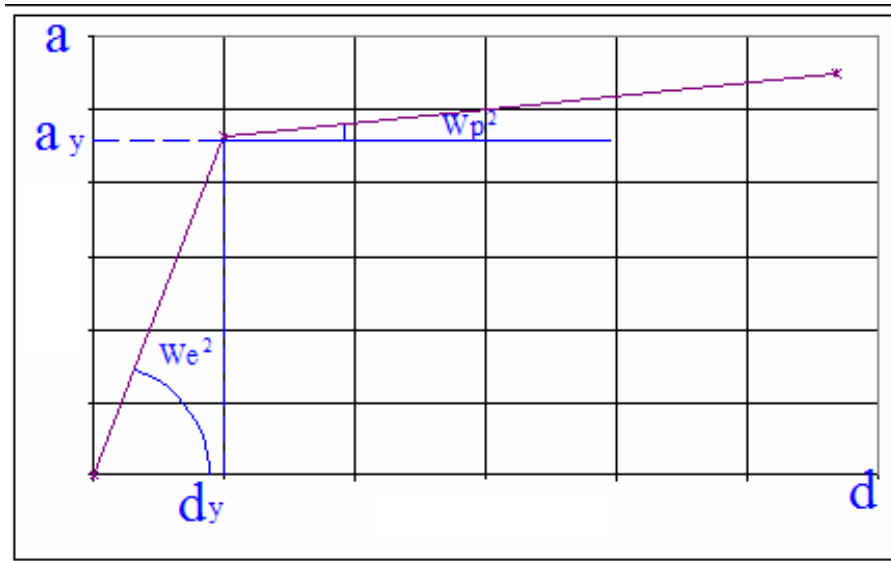


Figura 2.8 Puntos notables del espectro de capacidad sísmica resistente

En el espectro de capacidad sísmica, esquematizado en la figura 2.8, se ve que el punto de fluencia está definido por las coordenadas d_y , a_y . W_e y W_p son las frecuencias de vibración, que elevadas al cuadrado corresponden a las pendientes de las rectas en el rango elástico y plástico respectivamente.

2.3.1 Análisis del primer modelo de estructuras.

El primer modelo corresponde a aquellas estructuras en las que al considerar la acción estructural de la losa, se tomó $\frac{1}{4}$ de la luz entre pórticos a cada lado del eje de la viga como ancho actuante.

Inicialmente se analizaron los 12 casos de los 16 expuestos, para el primer tipo de estructuras, que combinadas con las 6 edificaciones dan un total de 72 casos, cuyos puntos notables de las curvas de capacidad sísmica están graficados en la figura 2.9, y sus valores medios descritos en la tabla 2.13 se grafican en la figura 2.11. Así mismo las medias de los puntos notables de los espectros de capacidad sísmica, mostrados en la figura 2.10, se describen en la tabla 2.14 y en la figura 2.12.

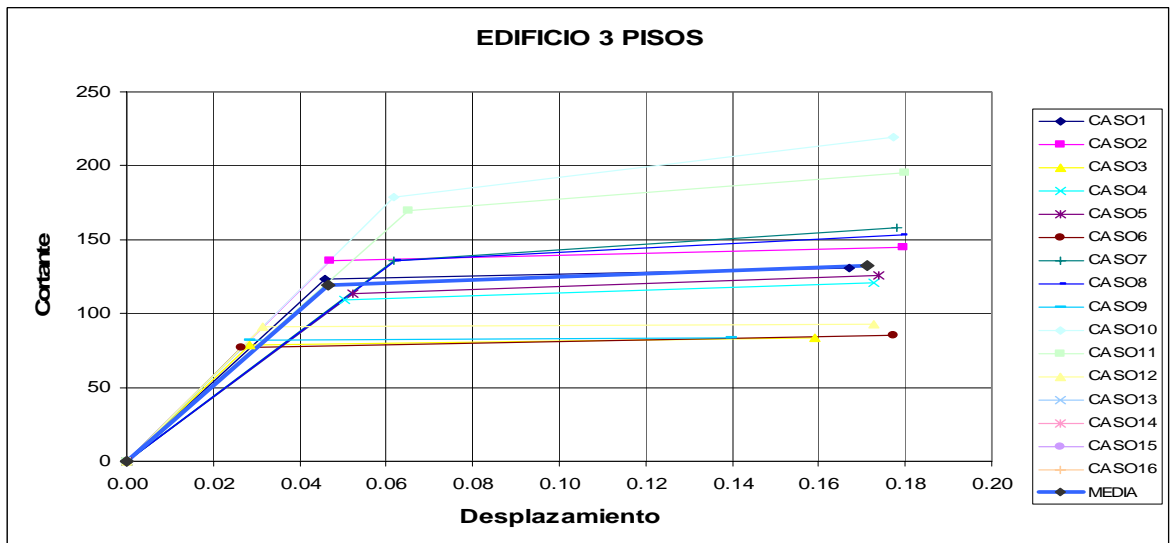
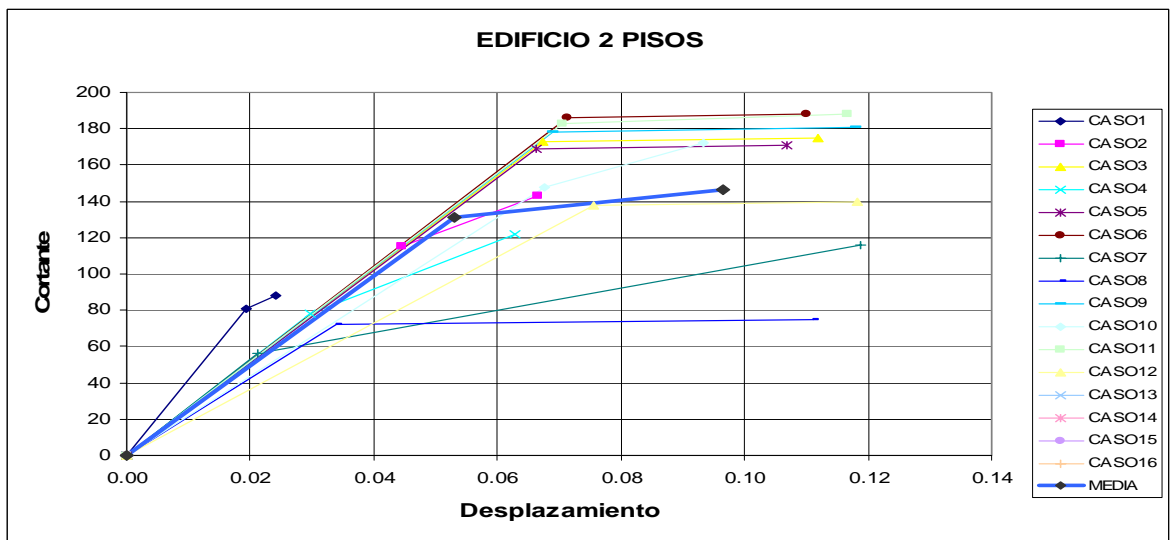
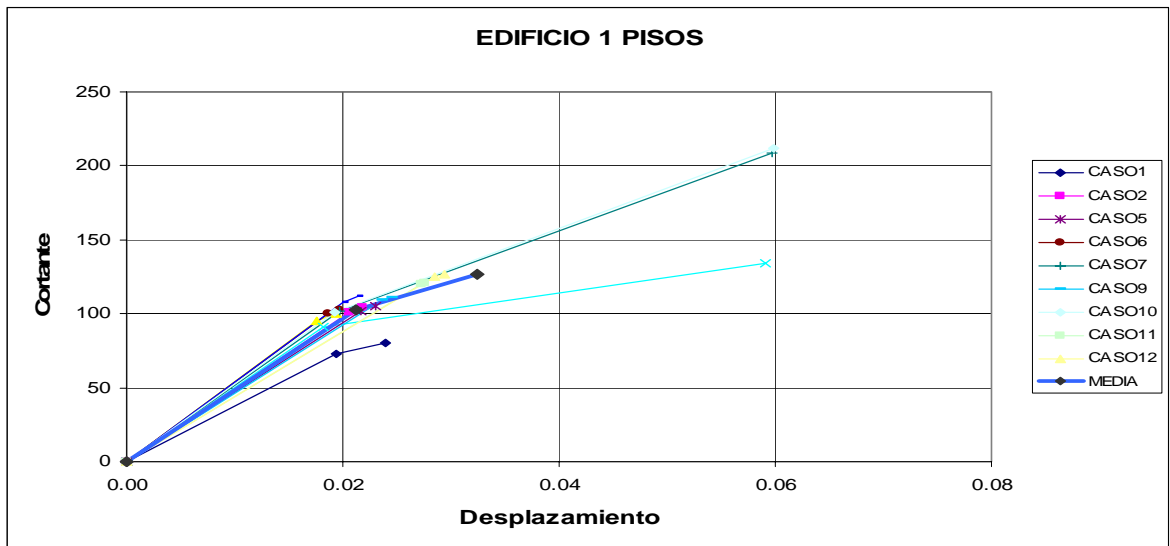


Figura 2.9.1 Curvas de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras

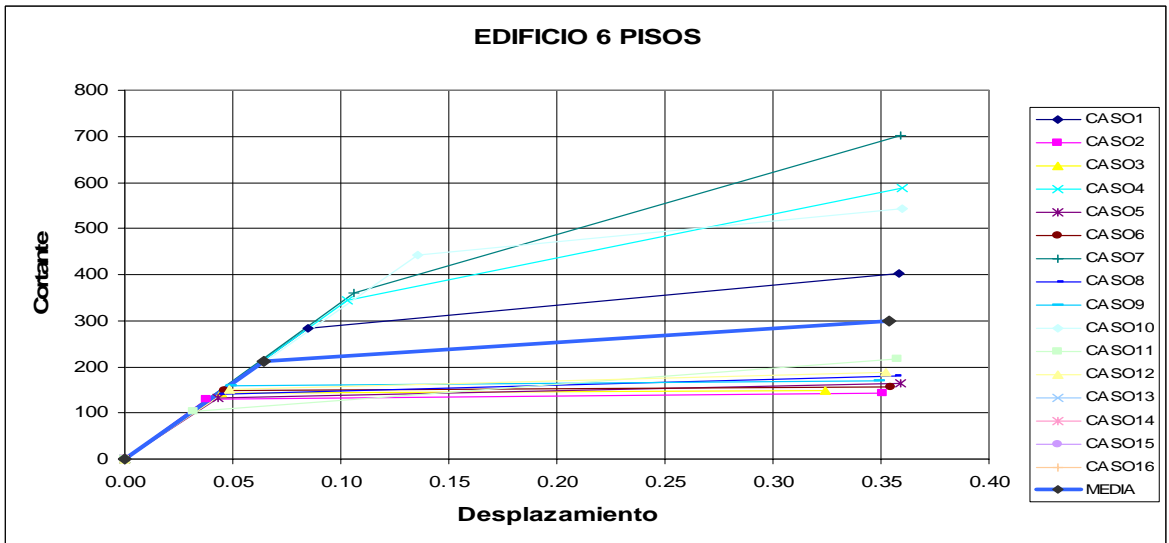
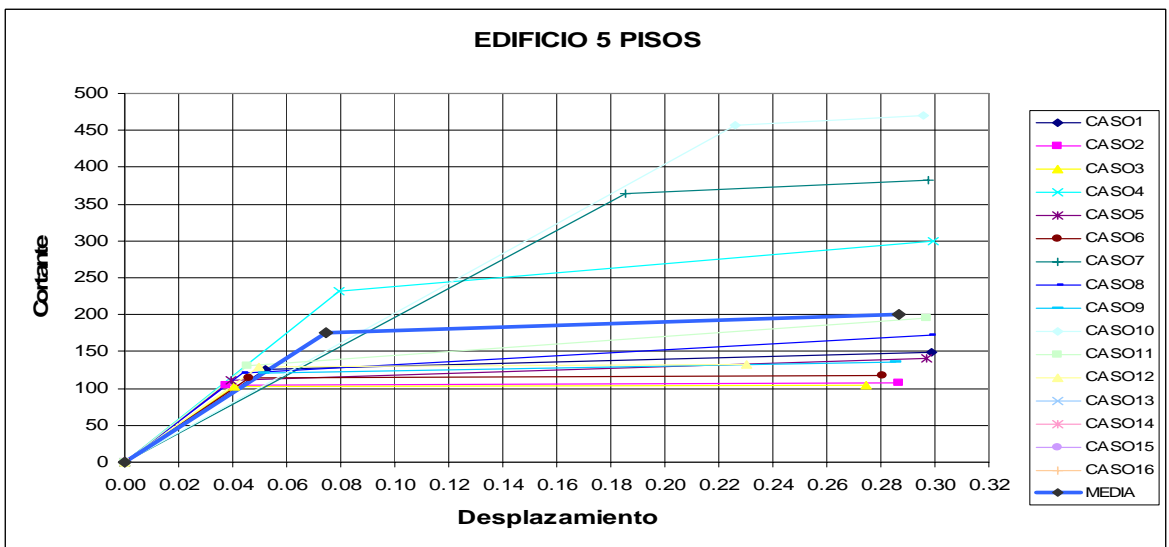
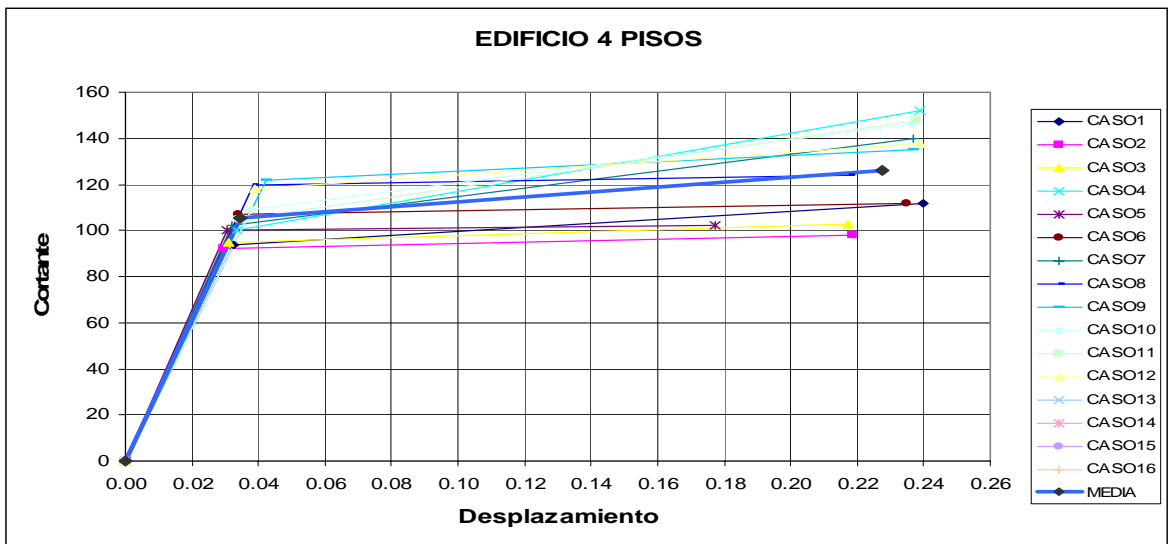


Figura 2.9.2 Curvas de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras

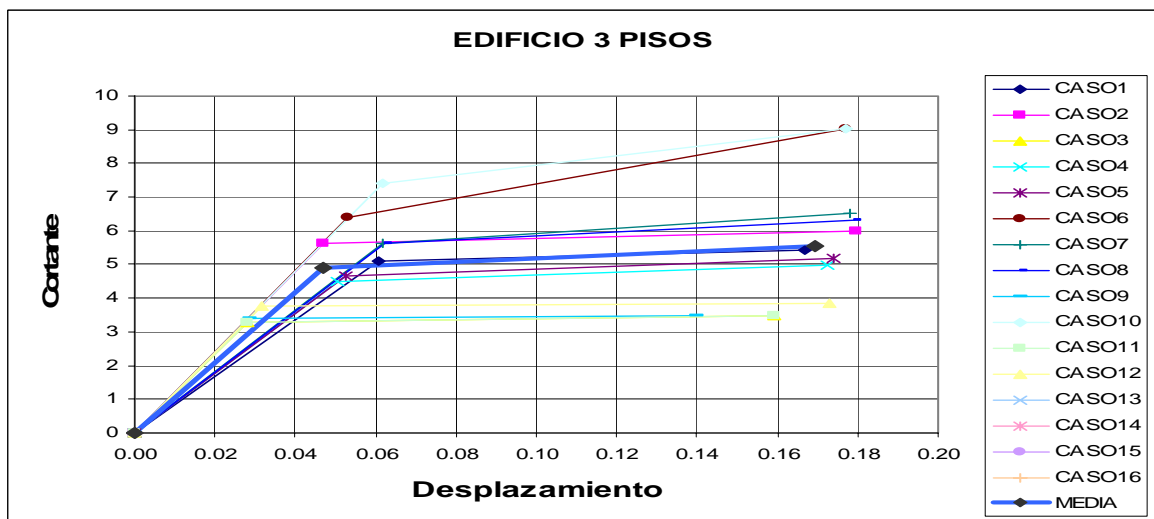
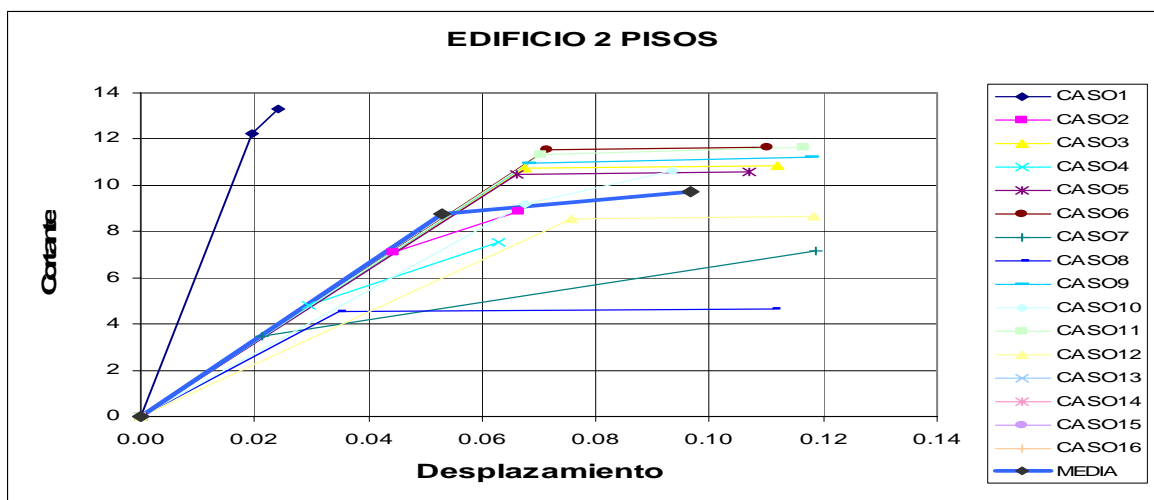
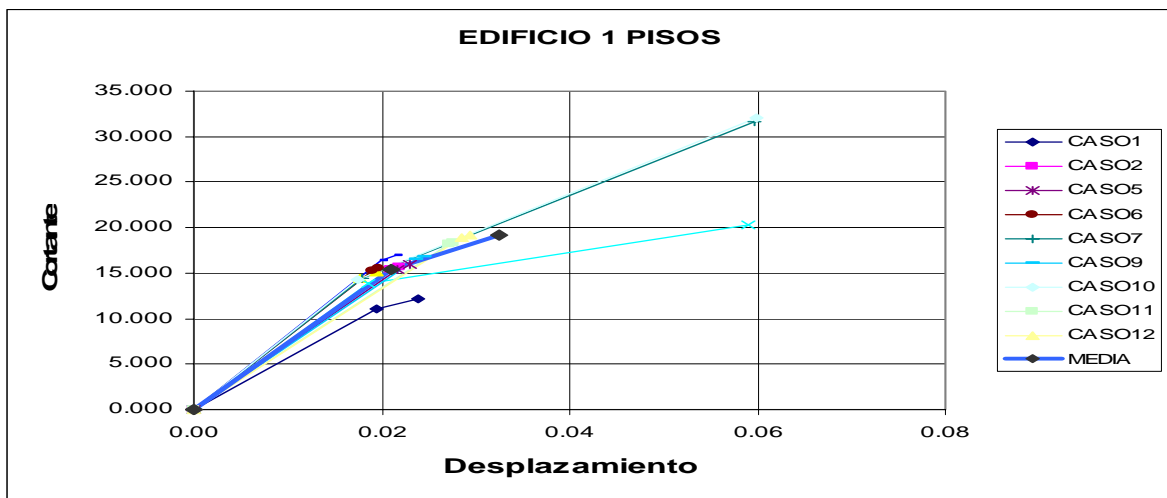


Figura 2.10.1 Espectros de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras

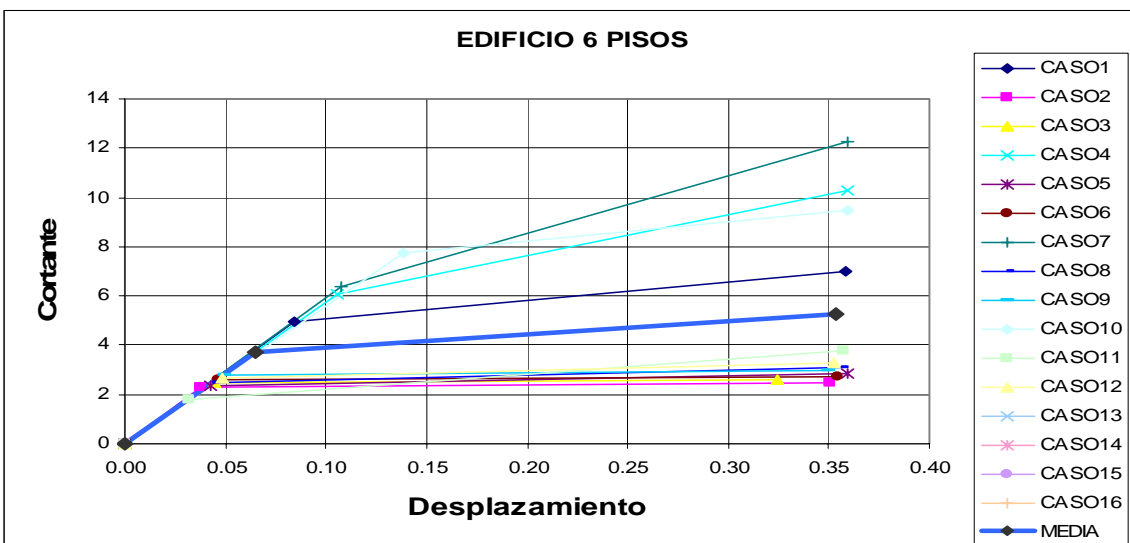
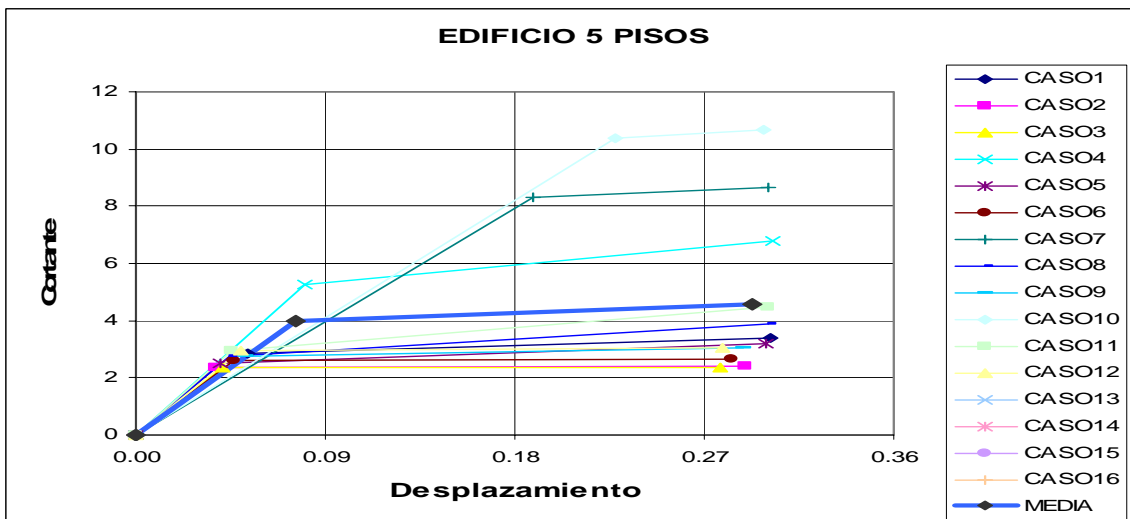
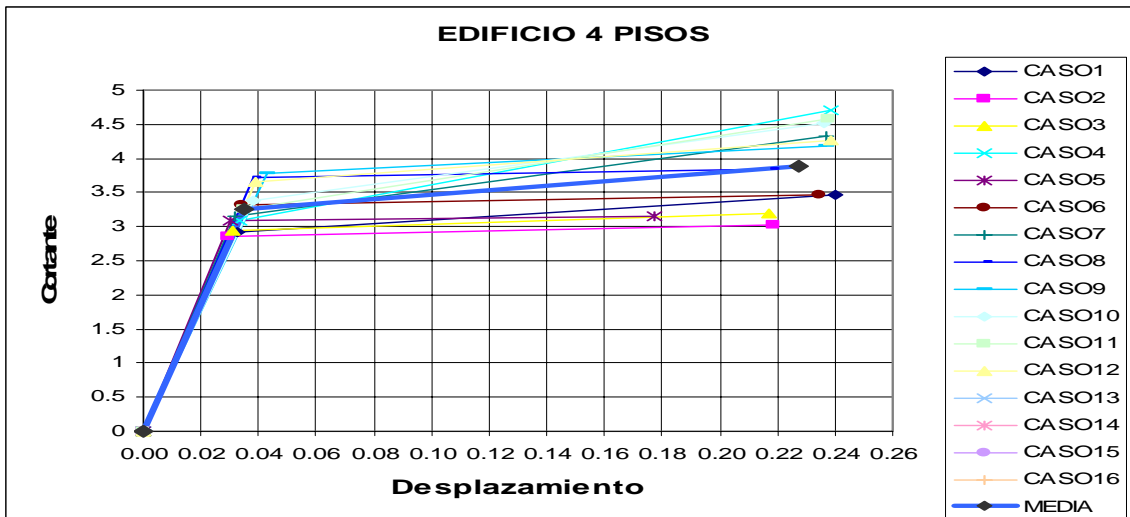


Figura 2.10.2 Espectros de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras

Tabla 2.13 Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial. Primer modelo

CAPACIDAD ESPACIAL							
PROMEDIOS DE CADA PISO							
EDIF	Dty	Vy	Dtu	Vu	ke	kp	α
1 pisos	0.02119	102.25000	0.03246	126.50000	4865.63578	2309.23691	0.47354
2 pisos	0.05302	131.41667	0.09649	146.58333	2589.14663	506.53724	0.18220
3 pisos	0.04672	119.25000	0.17134	132.83333	2607.81592	113.42193	0.04506
4 pisos	0.03468	105.33333	0.22757	125.83333	3045.19085	102.19364	0.03398
5 pisos	0.07478	176.25000	0.28675	200.41667	2543.11419	118.18922	0.04663
6 pisos	0.06454	211.75000	0.35342	299.83333	3261.50870	331.52001	0.09951

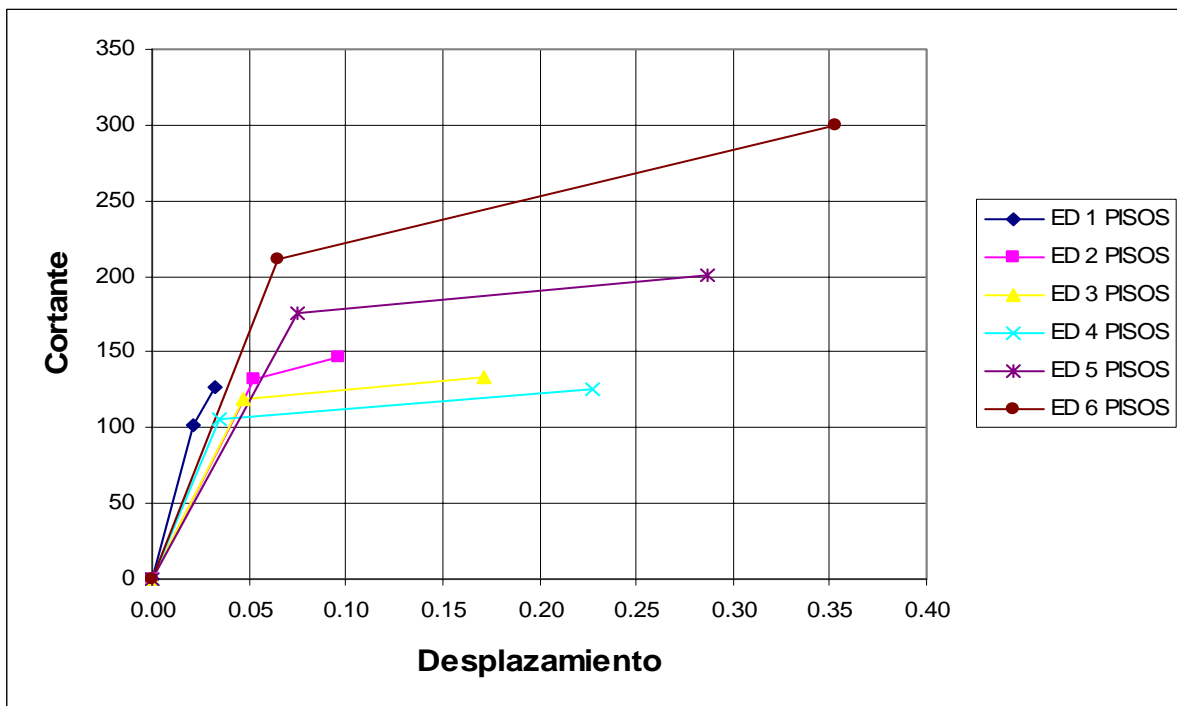


Figura 2.11 Curvas de capacidad espacial (valores medios). Primer modelo.

Tabla 2.14 Valores medios de puntos notables del espectro de capacidad sísmica. Primer modelo.

ESPECTRO DE CAPACIDAD								
PROMEDIOS DE CADA PISO								
PISO	d_y	a_y	d_u	a_u	W_e	T_e	W_p	T_p
1	0.020986	15.340741	0.032456	19.150694	27.134998	0.232219	18.583338	0.344848
2	0.053023	8.742500	0.096487	9.734189	13.355937	0.491220	4.996386	2.365884
3	0.047115	4.882292	0.169599	5.563542	10.276382	0.614616	2.101196	3.919147
4	0.034680	3.261742	0.227571	3.896544	9.708585	0.647456	1.625416	4.821809
5	0.074857	4.004236	0.290524	4.553021	7.584621	0.831666	1.448680	6.458401
6	0.065089	3.710483	0.353416	5.237473	7.536074	0.833929	1.995921	4.961620

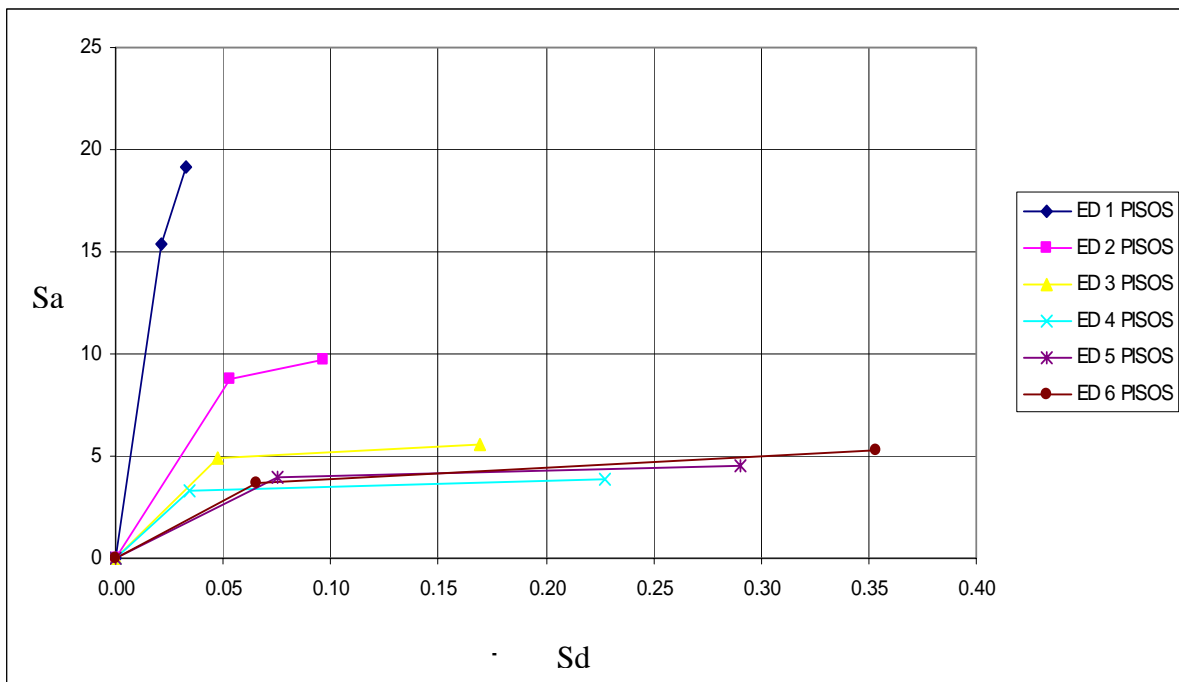


Figura 2.12 Espectros de capacidad espacial (valores medios). Primer modelo.

En la tabla 2.13, y en los gráficos de la figura 2.9 se observa claramente que los resultados obtenidos para V_y , son muy altos y los desplazamientos respecto al cortante muy bajos, lo que demuestra una estructura demasiado rígida.

Cuando una estructura, en la práctica, es sometida a un sismo inicialmente trabaja solo la viga, no la losa, pero si el sismo persiste y la viga empieza a sufrir daño una pequeña

fracción de la losa que está junto a la viga empieza a apoyarla, el área de la losa que coopera con la viga sigue creciendo conforme la viga y parte de la losa pierden resistencia hasta que trabaje toda el área de la losa. Esto se da en presencia de sismos muy fuertes.

En el caso del modelo analizado, la viga y losa actúan juntos todo el tiempo como si nunca sufrieran daño, brindando a la estructura gran resistencia, lo que provoca los cortantes tan altos y desplazamientos tan bajos.

Como consecuencia se concluye que la consideración de ¼ de la luz entre pórticos (100 cm) a cada lado del eje de la viga, como distancia de losa actuando estructuralmente, es demasiado, entonces se descarta al primer modelo de estructuras para análisis posteriores.

Tabla 2.15 Comparación T_p calculado con otros autores. Primer modelo

COMPARACION T_p					
	CEINCI3		Iwan (1980)	Iwan y Guyader (2002)	Kowalsky (1994)
PISO	T_e	T_p	$T_p (\mu=4)$	T_p	T_p
1	0.232219	0.344848	0.311051	0.359499	0.298515
2	0.491220	2.365884	0.657975	0.760458	0.789979
3	0.614616	3.919147	0.823259	0.951486	1.153716
4	0.647456	4.821809	0.867249	1.002327	1.233564
5	0.831666	6.458401	1.113992	1.287502	1.557925
6	0.833929	4.961620	1.117023	1.291005	1.463639

En la tabla 2.15, se comparan los valores de T_p calculados en el programa CEINCI 3 con los que proponen otros autores como Iwan Guyader y Kowalsky.

Iwan (1980)

$$T_p = T_o \left[1 + 0.121 * (\mu - 1)^{0.939} \right] * 1.3394 \quad (2.7)$$

Kowalsky (1994)

$$T_p = T_o \sqrt{\frac{\mu}{1 - \alpha + \alpha * \mu}} \quad (2.8)$$

Iwan y Guyader (2002)

$$\text{Para } \mu < 4 \quad T_p = T_o(1 + 0.111 * (\mu - 1)^2 - 0.0167(\mu - 1)^3) \quad (2.9)$$

$$\text{Para } \mu \geq 4 \quad T_p = T_o(1.279 * 0.0892(\mu - 1)) \quad (2.10)$$

Para el análisis se tomará $\mu=4$

2.3.2 Análisis del segundo modelo de estructuras.

El segundo modelo corresponde a aquellas estructuras en las que al considerar la acción estructural de la losa, se tomó $\frac{1}{8}$ de la luz entre pórticos a cada lado del eje de la viga como ancho actuante.

Ahora se analizaron los 16 casos, que combinadas con las 6 edificaciones dan un total de 96 casos, cuyos puntos notables de las curvas de capacidad sísmica están graficados en la figura 2.13, y sus valores medios descritos en la tabla 2.16 se grafican en la figura 2.15. Así mismo las medias de los puntos notables de los espectros de capacidad sísmica, mostrados en la figura 2.14, se describen en la tabla 2.17 y en la figura 2.16.

Comparando los valores de V_y para el segundo modelo de estructuras con los del primer modelo, se ve una considerable reducción que se aproxima al 40%, además en ningún caso el D_{tu} es cercano al D_{ty} , como se vio en las estructuras del primer modelo, especialmente en las de 1 piso, por lo que se concluye que al tomar un ancho cooperante de $\frac{1}{4}$ de la luz entre pórticos que en este caso es de 100cm, a cada lado del eje de la viga, como ancho con el que la losa actúa estructuralmente, es demasiado y los resultados no reflejan lo que realmente ocurre. Se recomienda utilizar solamente $\frac{1}{8}$ de la luz entre pórticos, que para este análisis significa 50cm, donde los resultados son visiblemente menores y se ajustan mejor al comportamiento estructural real de estructuras con vigas banda.

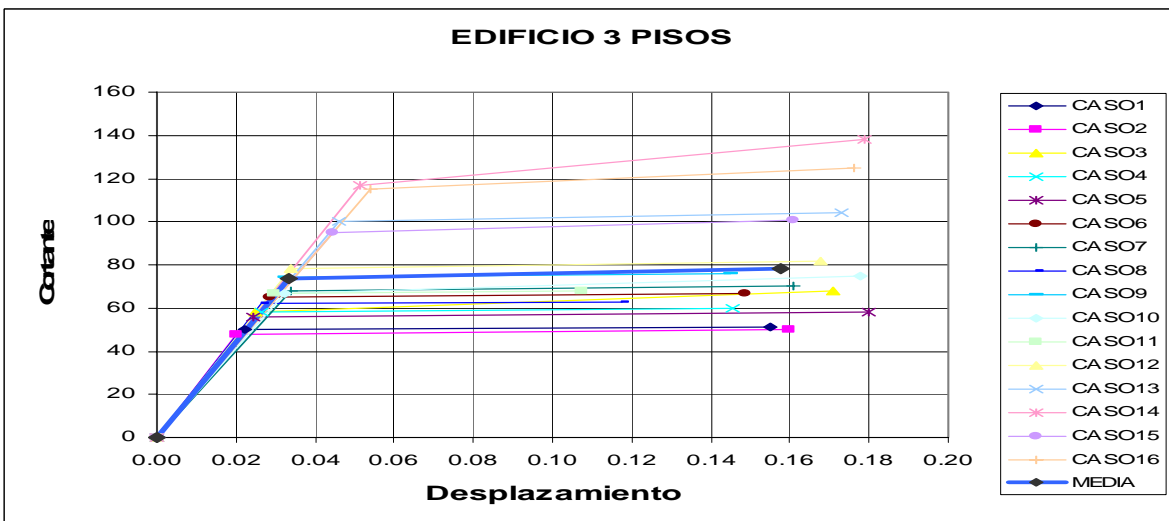
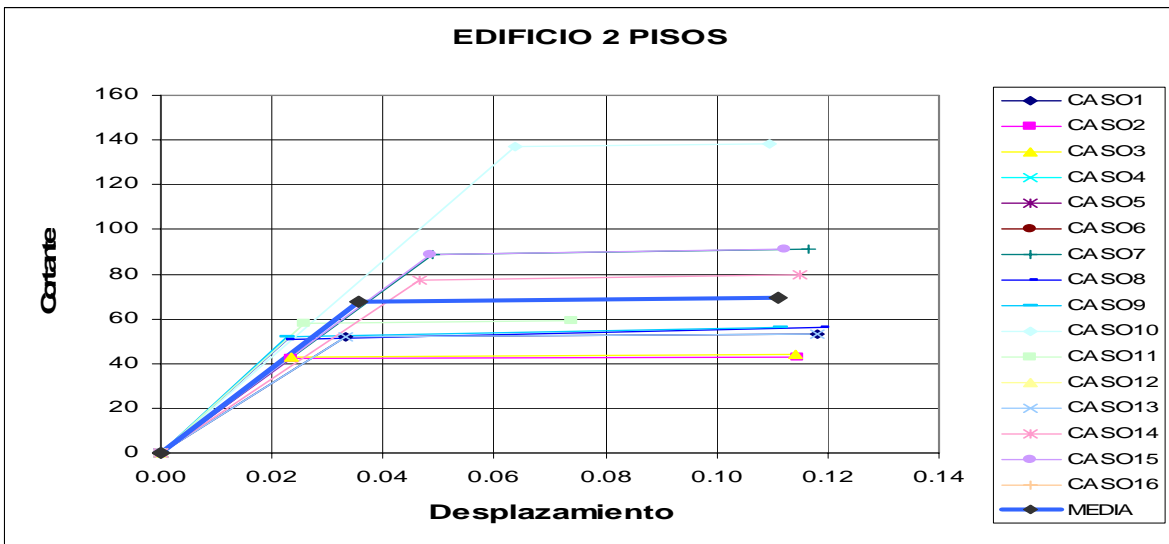
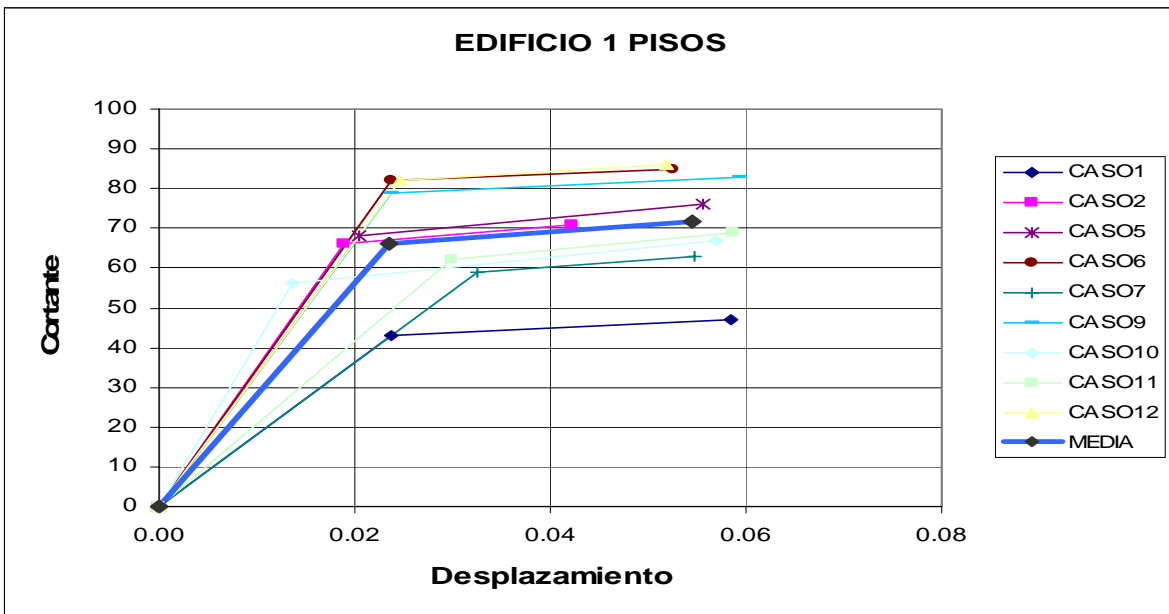


Figura 2.13.1 Curvas de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras

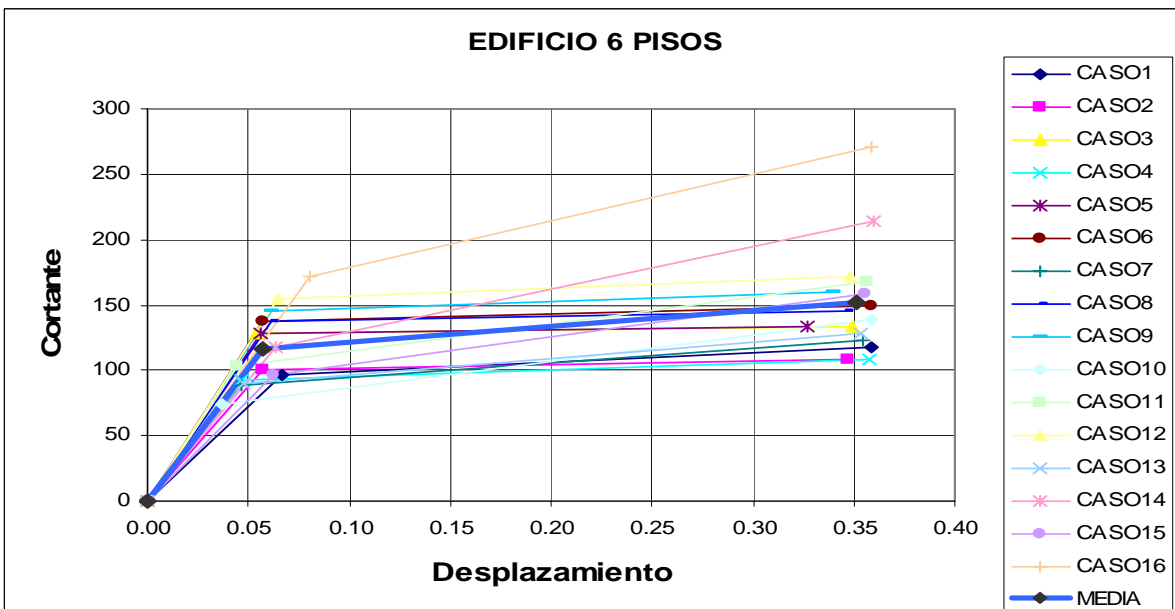
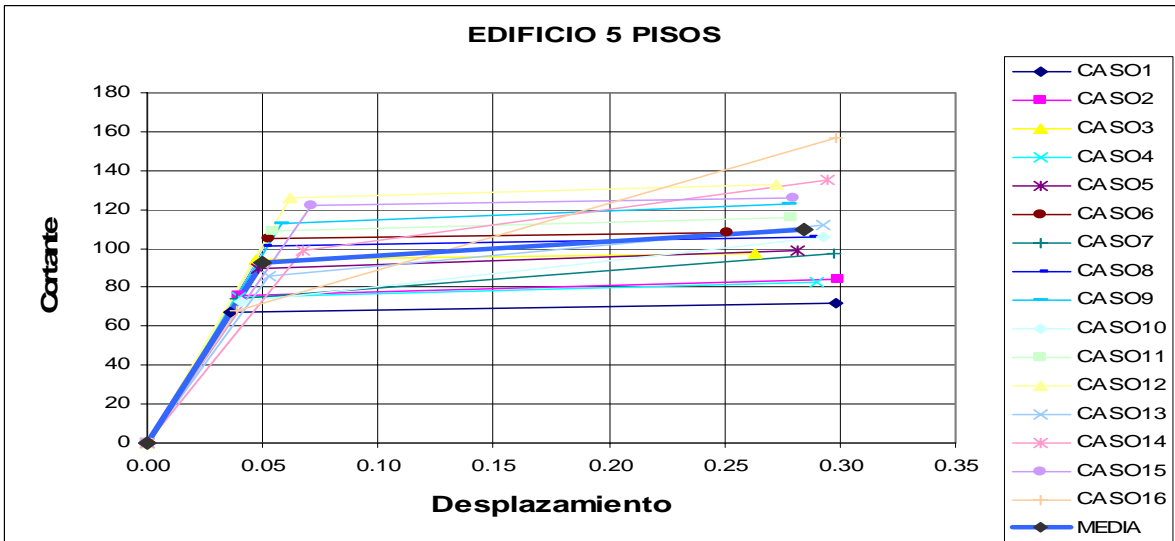
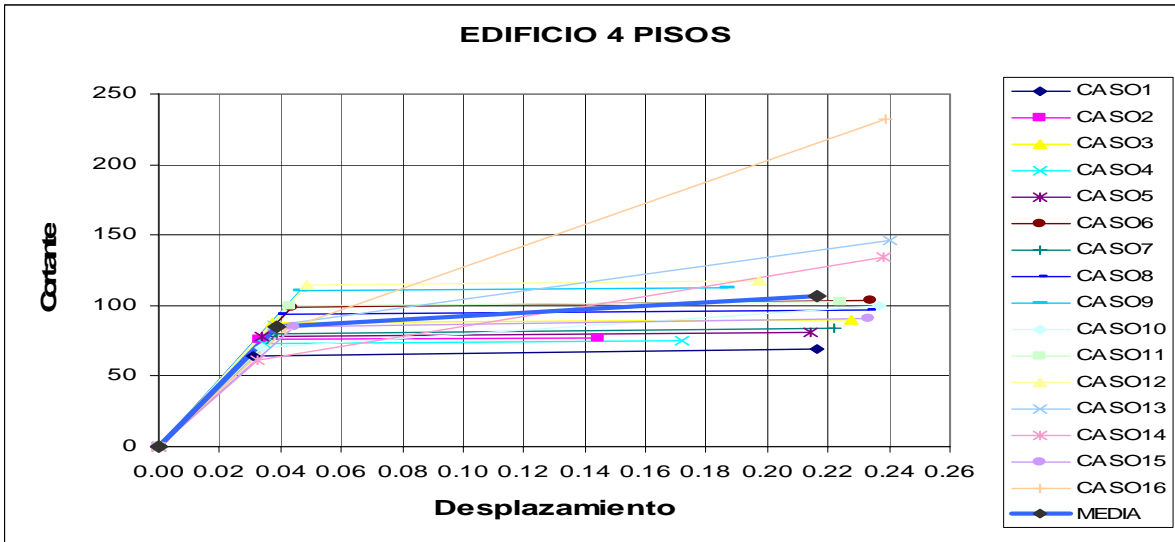


Figura 2.13.2 Curvas de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras

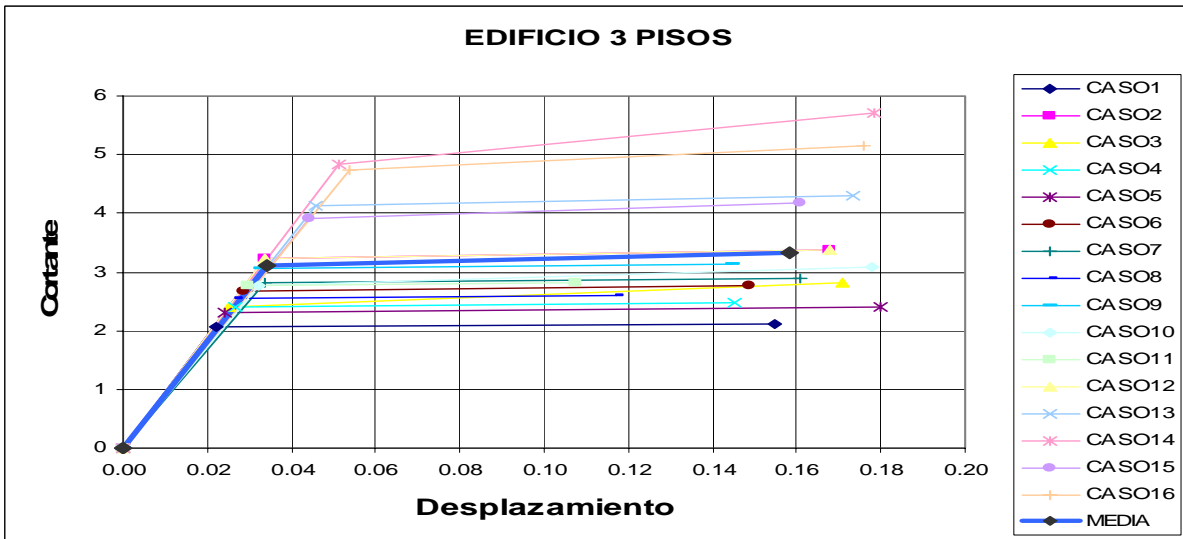
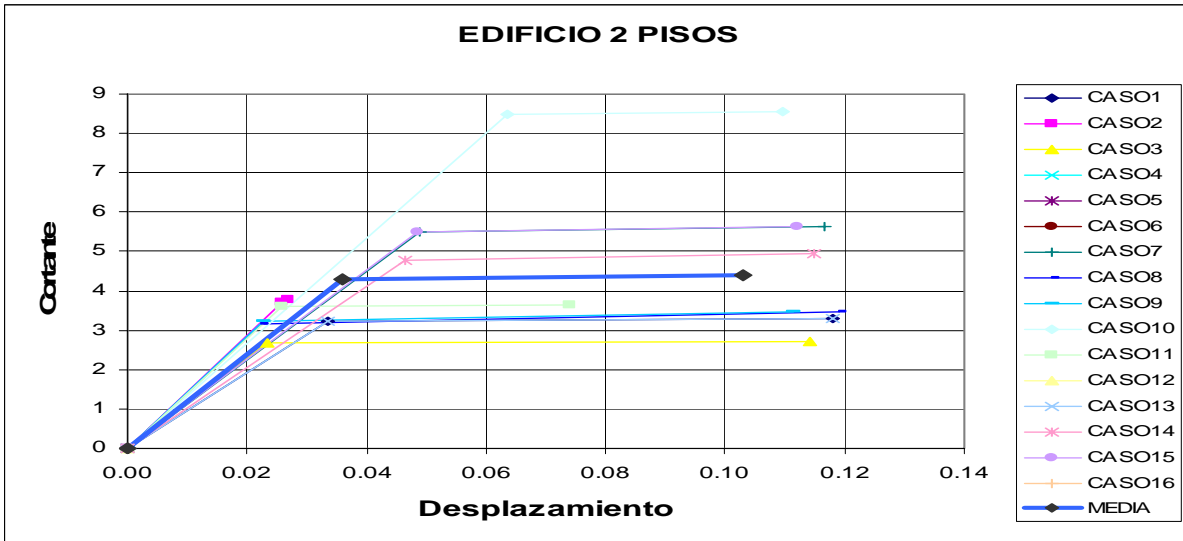
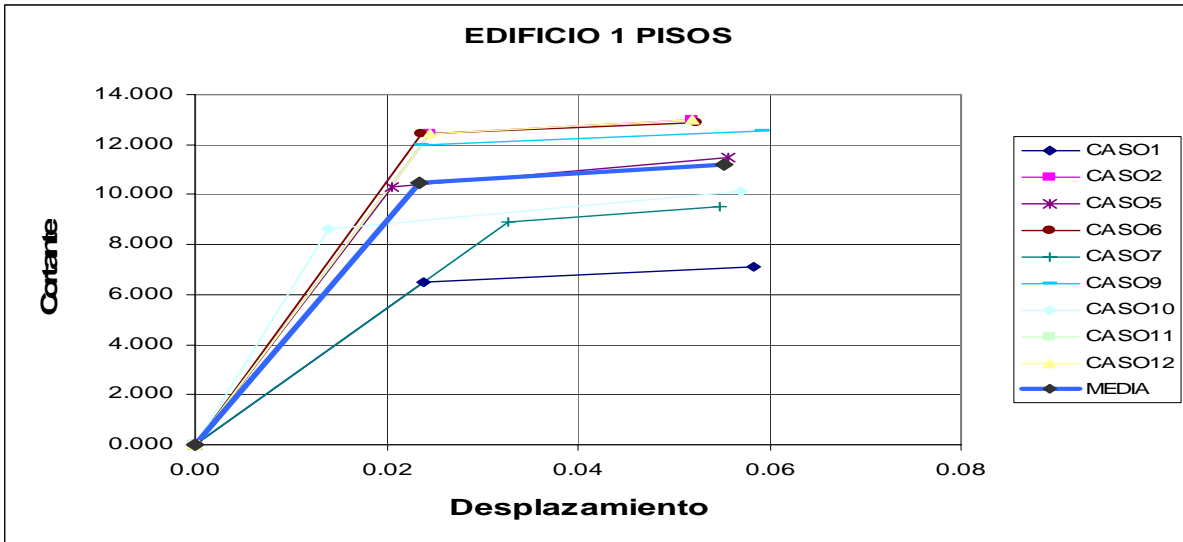


Figura 2.14.1 Espectros de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras

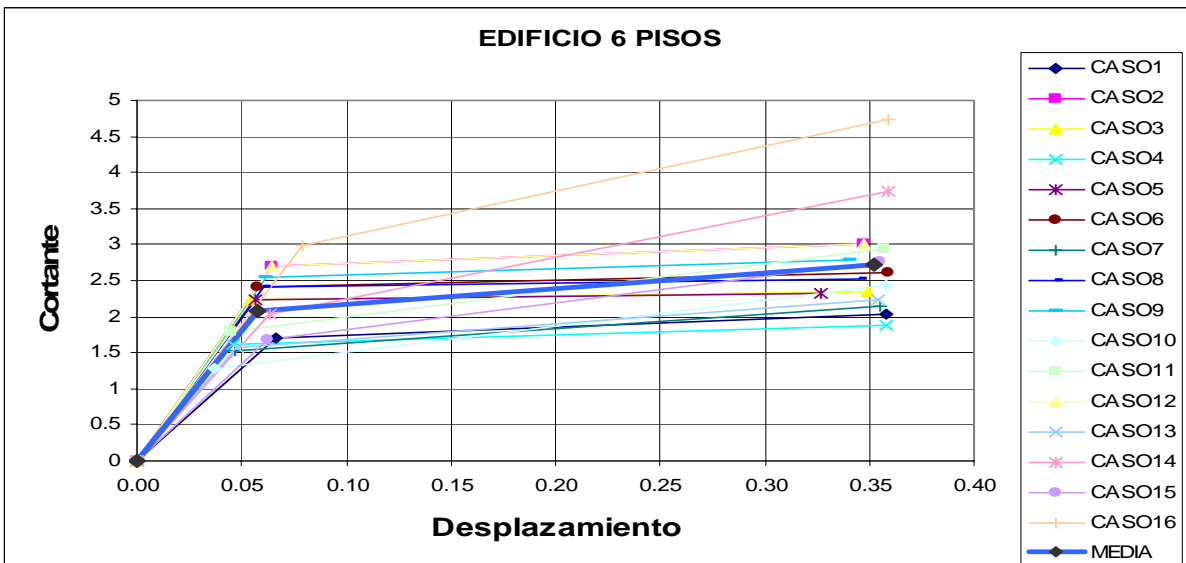
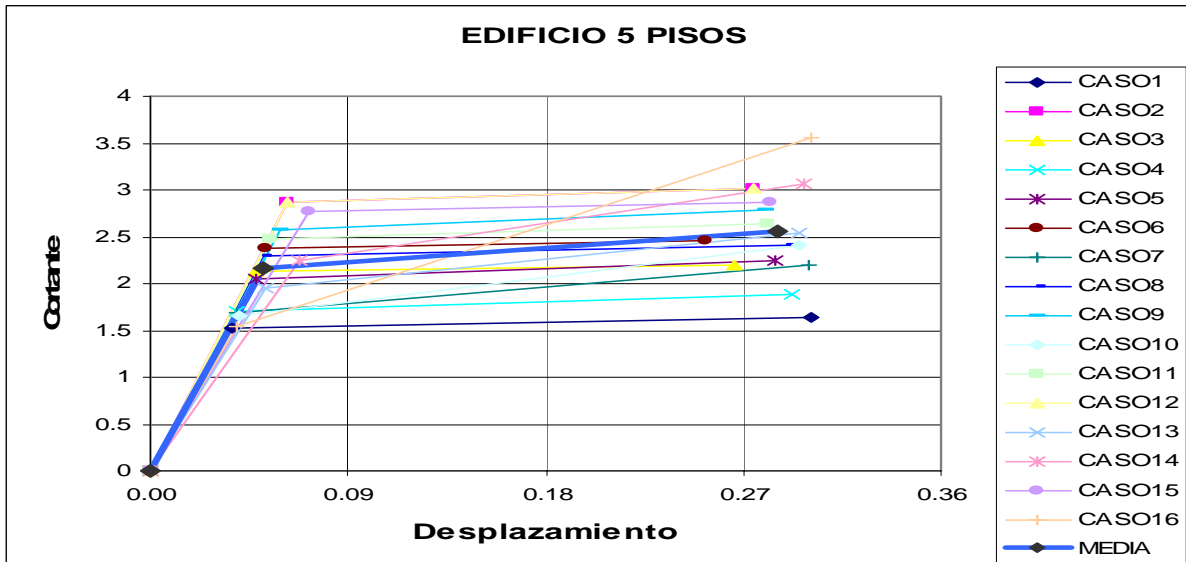
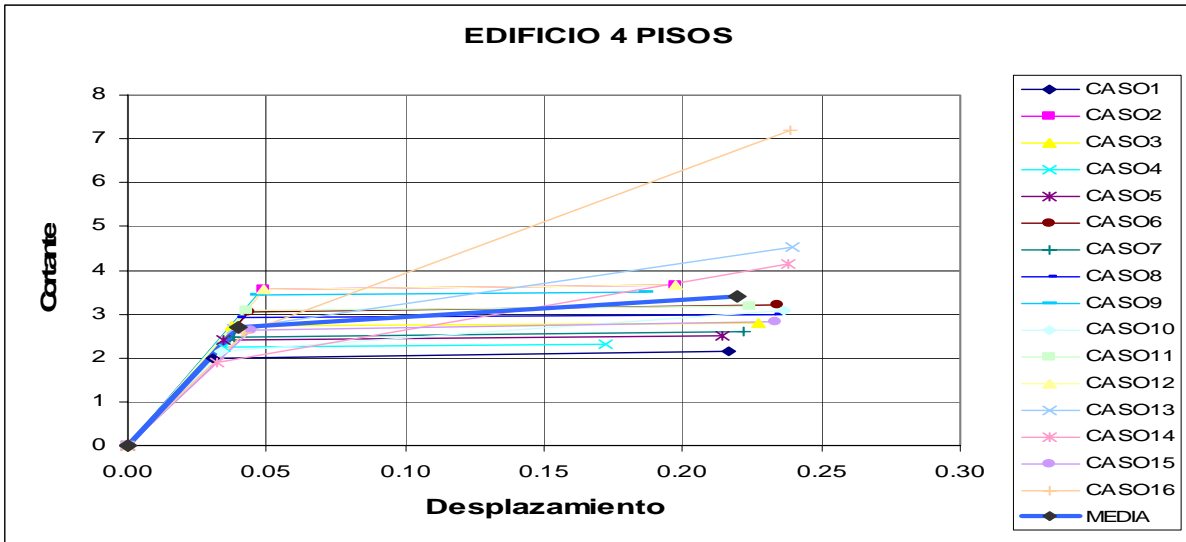


Figura 2.14.2 Espectros de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras

Tabla 2.16 Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial. Segundo modelo.

CAPACIDAD ESPACIAL							
PROMEDIOS DE CADA PISO							
PISO	Dty	Vy	Dtu	Vu	ke	kp	α
1	0.02347	66.33333	0.05448	71.88889	2974.97276	177.51136	0.06445
2	0.03570	67.45455	0.11108	69.45455	1906.69407	26.37711	0.01358
3	0.03314	73.62500	0.15776	78.50000	2235.32470	38.04316	0.01713
4	0.03883	85.18750	0.21621	107.12500	2186.31772	111.25942	0.05463
5	0.04981	92.37500	0.28470	109.62500	1863.98658	70.56676	0.04018
6	0.05668	116.31250	0.35182	151.68750	2053.28494	118.99172	0.06112

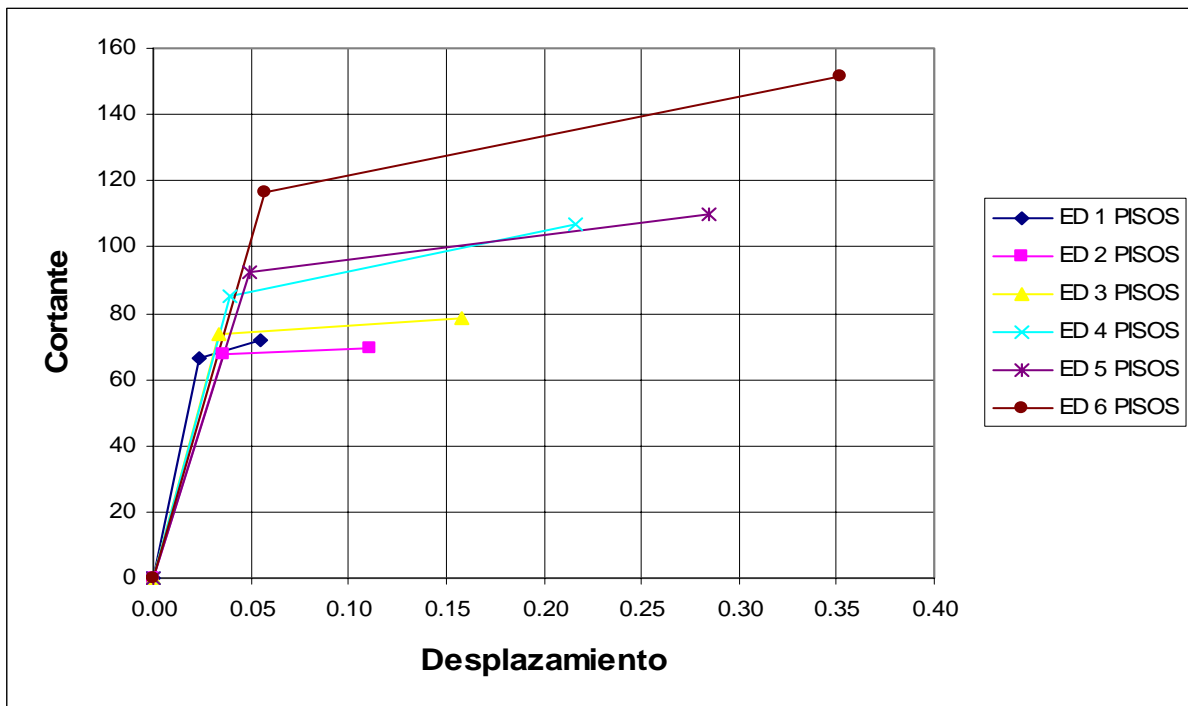


Figura 2.15 Curvas de capacidad espacial (valores medios). Segundo modelo.

Tabla 2.17 Valores medios de puntos notables del espectro de capacidad sísmica. Segundo modelo.

ESPECTRO DE CAPACIDAD								
PROMEDIOS DE CADA PISO								
PISO	d_y	a_y	d_u	a_u	We	Te	Wp	Tp
1	0.023436	10.445833	0.055190	11.221701	21.326967	0.300817	4.839419	1.326270
2	0.035911	4.278926	0.103110	4.402789	10.973310	0.575809	1.929179	4.926062
3	0.033990	3.117235	0.158265	3.323674	9.595973	0.655089	1.154264	6.435274
4	0.039810	2.713388	0.219506	3.396573	8.230026	0.764594	1.410785	6.770072
5	0.051233	2.168646	0.283054	2.558945	6.510452	0.966940	1.121313	6.868641
6	0.057073	2.089603	0.351877	2.719541	6.031907	1.047781	1.324097	5.865384

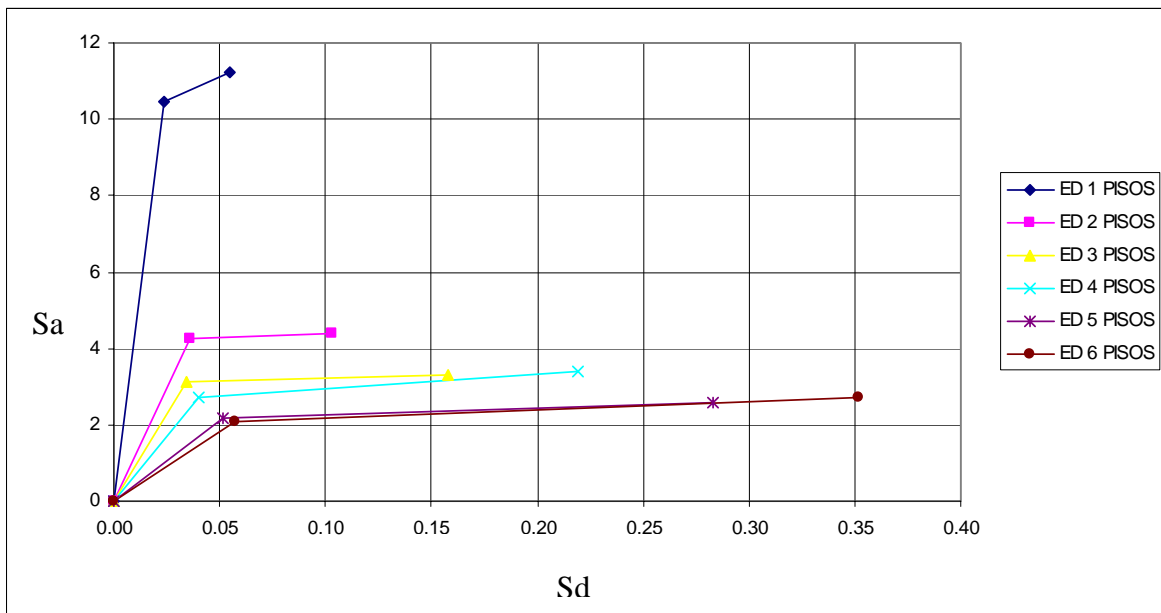


Figura 2.16 Espectros de capacidad espacial (valores medios). Segundo modelo de estructuras

Tabla 2.18 Comparación T_p calculado con otros autores. Segundo modelo

COMPARACIÓN T_p					
	CEINCI3		Iwan (1980)	Iwan y Guyader (2002)	Kowalsky (1994)
PISO	T_e	T_p	$T_p (\mu=4)$	T_p	T_p
1	0.295619	1.224516	0.395973	0.457648	0.541226
2	0.575809	4.926062	0.771279	0.891410	1.128854
3	0.655089	6.435274	0.877472	1.014143	1.277765
4	0.764594	6.770072	1.024151	1.183668	1.417440
5	0.966940	6.868641	1.295188	1.496920	1.826911
6	1.047781	5.865384	1.403472	1.622070	1.926376

En la tabla 2.18, se comparan los valores de T_p calculados en el programa CEINCI 3 con los que proponen otros autores como Iwan, Guyader y Kowalsky.

2.4 ANÁLISIS DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Basándose en los resultados de las curvas de capacidad espacial y en los espectros de capacidad sísmica de cada caso y para cada edificio, se obtuvieron los valores de la desviación estándar tanto para el primero como para el segundo modelo de análisis.

2.4.1 Desviación estándar del primer modelo de estructuras.

En la tabla 2.19 y 2.20 se describen los valores de la desviación estándar de los resultados obtenidos para las curvas de capacidad espacial y espectros de capacidad sísmica respectivamente.

Tabla 2.19 Desviación estándar de puntos notables, curva de capacidad espacial. Primer modelo.

CAPACIDAD ESPACIAL							
DESVIACIÓN ESTANDAR DE CADA PISO							
PISO	D_{ty}	V_y	D_{tu}	V_u	k_e	k_p	α
1	0.00351	13.32888	0.01657	41.60310	507.42788	522.30845	0.08840
2	0.02157	48.76000	0.02995	39.10001	561.36801	597.02960	0.20697
3	0.01471	34.02706	0.01162	44.01618	329.71272	97.59148	0.03670
4	0.00402	10.22771	0.01820	19.69233	131.82560	84.72693	0.02820
5	0.06268	116.40847	0.01954	119.12595	315.57724	102.39178	0.03856
6	0.03379	113.85487	0.00989	202.71872	104.00782	421.09723	0.12415

Tabla 2.20 Desviación estándar de puntos notables, espectro de capacidad sísmica. Primer modelo.

ESPECTRO DE CAPACIDAD								
DESVIACIÓN ESTANDAR DE CADA PISO								
PISO	d_y	a_y	d_u	a_u	W_e	T_e	W_p	T_p
1	0.00369	2.05995	0.01657	6.29825	1.48526	0.00101	2.40407	0.00731
2	0.02146	3.05059	0.02995	2.41559	3.76801	0.01069	4.41929	1.23180
3	0.01419	1.32158	0.01177	1.96534	0.76385	0.00931	1.16274	3.30494
4	0.00402	0.31671	0.01820	0.60979	0.21015	0.00289	0.75501	4.34936
5	0.06283	2.64680	0.00946	2.70399	0.48386	0.01518	0.78900	12.38052
6	0.03472	2.00727	0.00989	3.54108	0.11605	0.00339	1.39830	6.39343

2.4.2 Desviación estándar del segundo modelo de estructuras.

En la tabla 2.21 y 2.22 se describen los valores de la desviación estándar de los resultados obtenidos para las curvas de capacidad espacial y espectros de capacidad sísmica respectivamente.

Tabla 2.21 Desviación estándar de puntos notables, curva de capacidad espacial. Segundo modelo.

CAPACIDAD ESPACIAL							
DESVIACIÓN ESTANDAR DE CADA PISO							
PISO	D_{ty}	V_y	D_{tu}	V_u	k_e	k_p	α
1	0.00565	13.12440	0.00530	12.46439	850.02227	59.59500	0.02888
2	0.01406	28.59847	0.01263	28.45826	279.86672	15.14226	0.00726
3	0.01035	21.76810	0.02124	25.67229	103.42681	40.71233	0.01810
4	0.00550	15.56157	0.02762	39.43243	168.17381	202.43013	0.10195
5	0.01094	19.24881	0.01376	21.86283	155.06243	85.27791	0.05037
6	0.01038	27.95405	0.00879	41.78153	307.17310	110.03013	0.05727

Tabla 2.22 Desviación estándar de puntos notables, espectro de capacidad sísmica. Segundo modelo.

ESPECTRO DE CAPACIDAD								
DESVIACIÓN ESTANDAR DE CADA PISO								
PISO	d_y	a_y	d_u	a_u	W_e	T_e	W_p	T_p
1	0.00514	2.23669	0.00291	2.13551	122.89499	0.00513	7.65821	0.08466
2	0.01387	1.70250	0.02829	1.68938	18.71773	0.00840	21.41024	3.17871
3	0.00977	0.85377	0.02138	1.01258	4.08647	0.00317	1.66358	5.05686
4	0.00583	0.52683	0.02080	1.19742	5.31409	0.00761	6.25731	4.42240
5	0.01097	0.46405	0.01350	0.48737	3.62541	0.01429	1.93484	5.55201
6	0.01043	0.50606	0.00876	0.70500	5.38060	0.02987	1.89990	5.98035

2.5 DESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO MODELO A CONSIDERAR

En base a la tesis “Comportamiento por desempeño estructural de los principales edificios de la ULEAM” Gómez y Zambrano (2005), para este análisis se consideraron seis edificios de dos vanos con una sola planta tipo, como se muestra en la figura 2.17, que varían de 1 a 6 pisos, con dimensiones y cuantías que se ajustan a la realidad del diseño y construcción en el Ecuador, como la tabla 2.23 lo indica.

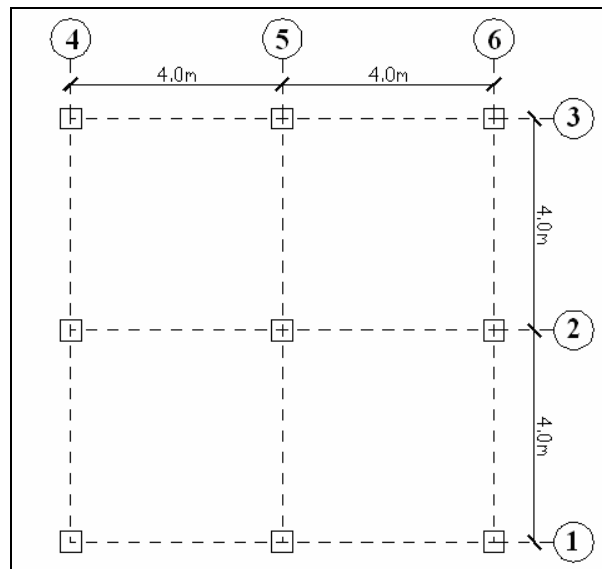


Figura 2.17 Planta tipo de edificios analizados.

Tabla 2.23 Dimensiones de columnas y vigas.

Número de pisos	Sección de columna (cm/cm)	Sección de viga (cm/cm)	Carga (kg./m ²)
1	20/20	20/20	400
2	25/25	25/20	400
3	30/30	30/30	500
4	35/35	40/30	500
5	40/40	50/30	600
6	45/45	60/30	700

Se consideraron columnas cuadradas, en donde la sección transversal se mantiene en todos los pisos, pero en las vigas se consideraron casos en que las vigas de pórticos exteriores eran descolgadas.

Las cuantías consideradas en el análisis para los diferentes casos son las mostradas en la tabla 2.24

Tabla 2.24 Cuantías de columnas y vigas.

Caso	Cuantía de columna ρ en %	Cuantía de armadura inferior de viga ρ en %	Cuantía de la armadura superior de viga ρ en %
1	1.0	0.50	0.75
2	1.0	0.75	1.00
3	1.0	1.00	1.25
4	1.0	1.25	1.50
5	1.5	0.50	0.75
6	1.5	0.75	1.00
7	1.5	1.00	1.25
8	1.5	1.25	1.50
9	2.0	0.50	0.75
10	2.0	0.75	1.00
11	2.0	1.00	1.25
12	2.0	1.25	1.50

2.5.1 Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial. Segundo modelo.

Los resultados que se presentan en las tablas 2.25 y 2.26 han sido tomados de la tesis “Comportamiento por desempeño estructural de los principales edificios de la ULEAM” Gómez y Zambrano (2005),

Tabla 2.25 Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial.

CAPACIDAD ESPACIAL				
No. Pisos	Vy (Tn)	Dty (m)	Ke (Tn/m)	α (Kp/Ke)
1	11.9583	0.0152	784.698	0.184167
2	19.7708	0.0293	672.904	0.056716
3	45.0417	0.0364	1236.353	0.019358
4	65.2708	0.0441	1481.737	0.018684
5	87.2083	0.0482	1825.340	0.0019167
6	116.8750	0.0539	2167.899	0.021933

Tabla 2.26 Valores medios de puntos notables del espectro de capacidad espacial.

ESPECTRO DE CAPACIDAD						
No. Pisos	ay (m/s²)	dty (m)	au (m/s²)	du (m)	Te (s)	Tp (s)
1	4.5389	0.0148	5.619	0.042399	0.360843	1.097158
2	3.7592	0.0277	4.270	0.137490	0.542284	3.848311
3	4.5980	0.0360	4.986	0.241031	0.55643	5.486370
4	4.9928	0.0425	5.415	0.251213	0.581919	4.505650
5	4.4506	0.0451	4.879	0.297322	0.639174	4.990915
6	4.2762	0.0517	4.758	0.342044	0.706032	5.128544