

## CAPITULO 3

---

### FACTORES DE AMPLIFICACIÓN POR TORSIÓN ESTÁTICA EN EDIFICIOS ABIERTOS

#### RESUMEN

En este capítulo se describen las características de los edificios abiertos y los problemas que trae consigo el hecho de incorporar la mampostería sin tener el criterio necesario; lo que puede causar el efecto de torsión en este tipo de edificaciones.

Se analiza el estudio paramétrico para estructuras monosimétricas considerando dos grados de libertad en la planta por medio del cual obtendremos los desplazamientos en los pórticos débiles, centros de masas y pórticos fuertes de los cinco casos de análisis que se describen en este capítulo.

Se utilizó el programa **modelo\_3gdl\_elastomérico** para determinar la excentricidad estática, periodo de vibración y frecuencia torsional para todos los casos de análisis. Además se utiliza el programa **modelo\_2gdl\_paramétrico\_empotrado** el cual mediante el estudio paramétrico obtenemos los desplazamientos en los pórticos extremos y centro de masa de las estructuras en sentido Y. Se indican los espectros de los acelerogramas sintéticos utilizados para el estudio paramétrico y se verifica que los espectros sean compatibles con el espectro elástico del CEC – 2000.

Se determinan los factores de amplificación torsional y desplazamientos promedio para observar cual es el comportamiento de cada estructura, en este capítulo es importante resaltar que no se utiliza el acoplamiento del sistema de aislamiento de base elastomérico. Los resultados obtenidos serán comparados luego con los que se determinen cuando se utilice el sistema de aislamiento en las estructuras.

## 3.1 EDIFICIOS ABIERTOS

### 3.1.1 Introducción

Bajo el término genérico de mampostería se entiende cualquier componente de una construcción constituido a base de elementos colocados a mano, tales como piedra labrada, ladrillos sólidos y bloques de arcilla o concreto, unidos por mortero. En la construcción de edificios es práctica usual emplear elementos de mampostería, tanto en paredes para cerramiento exterior como en paredes para la división del espacio interior. Las paredes de mampostería son elementos rígidos que pueden estar integrados o desligados del sistema resistente, se consideran elementos secundarios cuando no tienen funciones estructurales para resistir cargas gravitacionales y fuerzas laterales, denominados también no-estructurales por no formar parte del sistema resistente.

Las paredes de mampostería debidamente dispuestas y construidas, pueden representar para el sistema estructural una primera línea de resistencia y pueden contribuir significativamente al amortiguamiento de las vibraciones y a la disipación de energía sísmica. No obstante, las paredes de mampostería integrados al sistema resistente cambian significativamente las características dinámicas y el comportamiento sísmico del edificio, modifican las rigideces y masas, y restringen la deformación y el desplazamiento lateral del sistema. Asimismo, una disposición irregular de la mampostería puede generar asimetría en planta e inducir efectos torsionales de importancia no considerados en el análisis.

En el análisis del sistema resistente de un edificio ante solicitaciones sísmicas es preciso considerar la interacción de todos los elementos no-estructurales rígidos y se debe tomar en cuenta la influencia que los elementos de mampostería ejercen sobre la respuesta de la obra.

En el análisis de edificios ha sido práctica generalizada despreciar los elementos secundarios y no considerar las paredes de mampostería para determinar la respuesta sísmica del sistema estructural. Edificios altos de hormigón armado con paredes de mampostería que rigidizan el sistema, han sido idealizados y analizados como pórticos flexibles, despreciando la influencia de la mampostería. Esta práctica es contraproducente y puede tener consecuencias no deseados por

los diseñadores y constructores. La presencia de la mampostería modifica significativamente el comportamiento de la estructura; en un sismo puede ser causa de daños severos y cuantiosos a la propia mampostería, y conducir a la falla de elementos estructurales y al colapso del edificio.

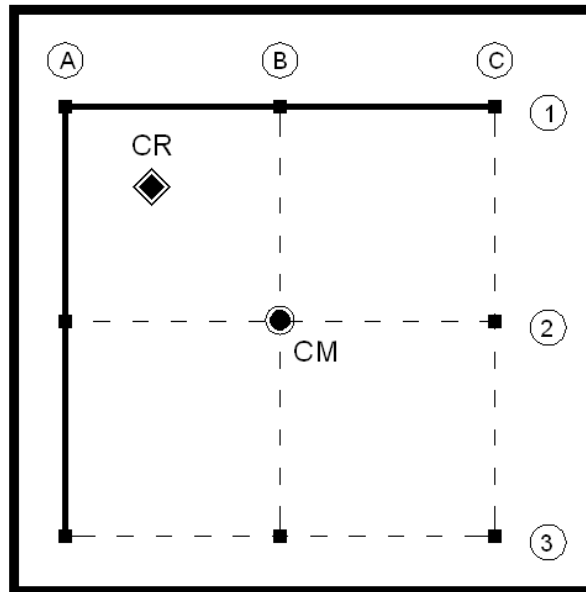
### 3.1.2 Definición práctica de edificios abiertos

Se puede definir como edificio abierto a una edificación que en dos de sus paredes adyacentes tienen mampostería en su totalidad, amarradas a las columnas y las otras dos paredes, las mismas que casi siempre son fachadas tienen grandes ventanales y puertas.



**Figura 3.1** Perspectiva de un edificio abierto.

Este tipo de edificios casi siempre son esquineros, es por esta razón que en diseño arquitectónico se trata de aprovechar al máximo las dos fachadas, de tal manera que las paredes medianeras poseen gran rigidez comparado con los otros pórticos de fachadas, provocando que el Centro de Rigidez de la estructura esté a una distancia considerable con respecto al Centro de Masa. Este efecto de excentricidad estática lo podemos observar en la figura 3.2.

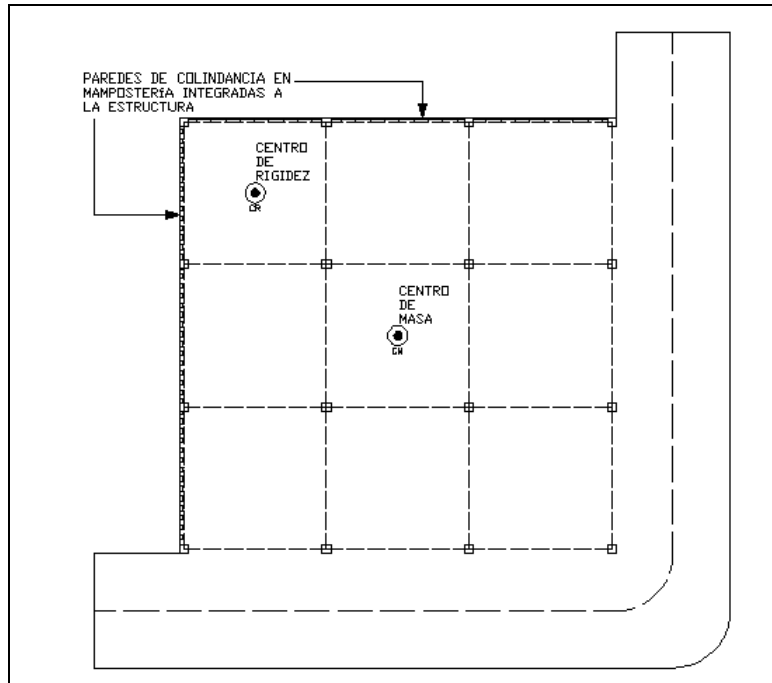


**Figura 3.2** Vista en planta de un edificio abierto.

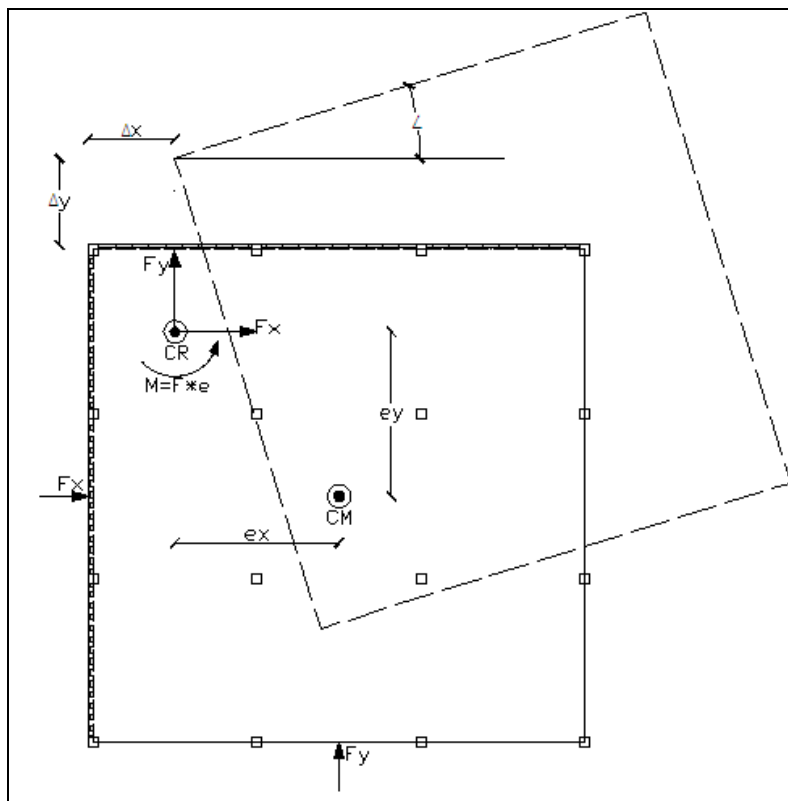
### 3.1.3 Efecto de torsión en edificios abiertos

La disposición irregular en planta de la tabiquería genera asimetría en la distribución de las rigideces del sistema e induce a efectos torsionales significativos, los cuales generalmente suelen ser despreciados en el análisis ante solicitaciones sísmicas. La omisión de considerar las rigideces de los elementos de mampostería pueden tener consecuencias fatales y conducir al colapso de la edificación.

El efecto de torsión, inducido por la disposición irregular de las paredes de mampostería y/o muros de corte, suele ser especialmente importante en los edificios esquineros. En edificios construidos en la intersección de calles, es práctica común construir las dos fachadas principales a base de materiales livianos, generalmente vidrio y perfiles de aluminio, en los costados del edificio que coinciden con las líneas de colindancia se disponen, en cambio, paredes de mampostería, generalmente integradas a la estructura. Estos elementos rígidos tienden a desplazar el centro de rigidez **CR** hacia la esquina interior, creando una gran excentricidad respecto al centro de masa **CM**. Daños estructurales y aún el colapso son la consecuencia de los efectos torsionales inducidos por las solicitaciones sísmicas.



**Figura 3.3** Disposición en planta de un edificio abierto esquinero.



**Figura 3.4** Sistema de Fuerzas Equivalente – Desplazamiento y rotación en planta

Las figuras 3.3 y 3.4 demuestran el efecto de torsión en un edificio esquinero donde las paredes de colindancia de mampostería rígida desplazan el centro de

rigidez hacia la esquina interior, produciendo gran excentricidad y el efecto nocivo de torsión.

**3.1.4 Matriz de rigidez lateral incorporando mampostería**

Cuando tenemos edificios abiertos el análisis que realizamos para obtener las matrices de rigidez de los pórticos se debe considerar la presencia de la mampostería en las paredes de colindancia.

Aguiar (2008) Análisis Sísmico de Edificios; considera el modelo de la diagonal equivalente para analizar paredes con mampostería acoplada.

**3.2 ESTUDIO PARAMÉTRICO**

Para el análisis sísmico se considera que la estructura es mono-simétrica, es decir, posee excentricidad en un solo sentido, trabajando de esta manera con dos grados de libertad en la planta. En la figura 3.5 se indican los dos grados de libertad del modelo adoptado para el estudio de la torsión. El sismo actúa en sentido Y, y solo se tiene excentricidad  $e_x$ .

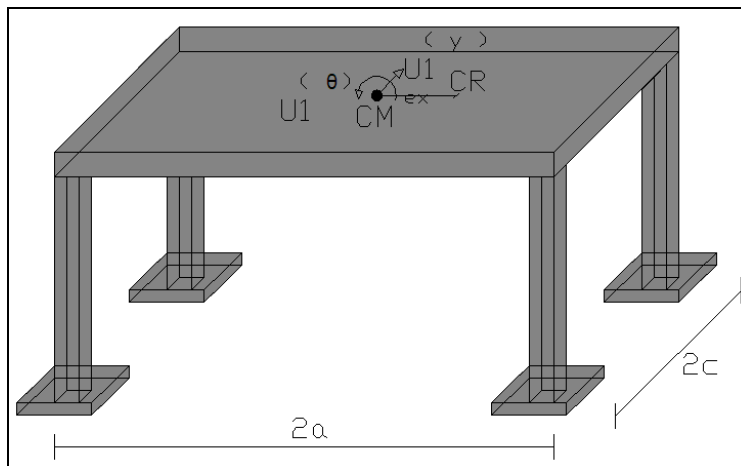


Figura 3.5 Modelo numérico para una estructura mono-simétrica.

El sistema de ecuaciones diferenciales, escrito en forma paramétrica y para la nomenclatura indicada en la figura 3.5, es la siguiente.

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_1^{(y)} \\ \rho \ddot{u}_1^{(\theta)} \end{bmatrix} + C \begin{bmatrix} \dot{u}_1^{(y)} \\ \dot{u}_1^{(\theta)} \end{bmatrix} + K_{yy} \begin{bmatrix} 1 & \hat{e} \\ \hat{e} & \hat{e}^2 + \Omega_\theta^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1^{(y)} \\ u_1^{(\theta)} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} m \ddot{U}g \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.1}$$

Las variables que definen la ecuación (3.1) son:

$$\rho = 2 * \sqrt{\frac{a^2 + c^2}{12}} \quad (3.2)$$

Siendo  $\rho$  el radio de giro de la masa. En la figura 3.5 se aprecia que las dimensiones en planta son  $2a$  y  $2c$ , de tal manera que  $a, c$  es la mitad de las dimensiones en planta. Se destaca que el momento de inercia de la masa es  $J = m \rho^2$ . Por otra parte se ha definido la excentricidad estática normalizada de la siguiente manera.

$$e = \frac{e_x}{\rho} \quad (3.3)$$

La ecuación (3.1) también está en función de  $\Omega_\theta$  que se define como la relación de la frecuencia torsional en un sistema desacoplado con relación a la frecuencia traslacional.

$$\Omega_\theta = \frac{W_{\theta\theta}^{CR}}{W_{YY}} \quad (3.4)$$

Donde  $K_{\theta\theta}^{CR}$ , es la rigidez a torsión pero referida al CR. La misma que se puede hallar a partir de  $K_{\theta\theta}$  que es con respecto al CM.

$$K_{\theta\theta}^{CR} = K_{\theta\theta} - K_{XX} * e_Y^2 - K_{YY} * e_x^2 \quad (3.5)$$

La matriz de amortiguamiento  $C$  que se indica en la ecuación (3.6) se halla con la siguiente ecuación.

$$C = M * \Phi * \hat{C} * \Phi^T * M \quad (3.6)$$

Donde  $\Phi$  es la matriz modal, conformada por los dos modos de vibración,  $M$  es la matriz de masas indicada en la ecuación (3.1).

La matriz  $\hat{C}$  es diagonal y vale:

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} 2\xi W_1 & \\ & 2\xi W_2 \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

La solución del sistema de ecuaciones (3.1) se realiza empleando el algoritmo denominado Procedimiento de Espacio de Estado y se halla la respuesta en el tiempo de los desplazamientos laterales  $u_1^{(Y)}$  y de la rotación normalizada que vale  $\rho u_1^{(\theta)}$ .

En las estructuras “abiertas” existe un gran acoplamiento entre estas dos variables, su coeficiente de correlación es cercano a la unidad. Lo ideal es que no exista este acoplamiento y que el coeficiente de correlación entre estas dos variables tienda a cero.

Como hay acoplamiento entre el desplazamiento lateral y la rotación se tiene que los desplazamientos de los pórticos exteriores son diferentes. Al pórtico extremo que se halla más cerca del CR. se denomina *pórtico fuerte* y se va a desplazar muy poco, en cambio al pórtico que se halla en el otro extremo se denomina *pórtico débil*.

Con relación a la figura 3.5 se puede indicar que el pórtico fuerte está en  $x = a$  y el pórtico débil en  $x = -a$  midiendo la  $x$  a partir del CM.

Se define el factor de amplificación torsional de desplazamientos  $\Gamma$ , para los pórticos fuerte y débil de la siguiente manera:

$$\Gamma_{PD} = \frac{p_{-a} - u_1^{(Y)}}{u_1^{(Y)}} \quad (3.8)$$

$$\Gamma_{PF} = \frac{p_a - u_1^{(Y)}}{u_1^{(Y)}} \quad (3.9)$$

Donde  $\Gamma_{PD}, \Gamma_{PF}$  son los factores de amplificación torsional de los pórticos débil y fuerte;  $p_{-a}$  desplazamientos laterales en el pórtico débil;  $p_a$  desplazamientos laterales en el pórtico fuerte;  $u_1^{(Y)}$  desplazamiento lateral en el CM.



Los factores de amplificación indican en cuanto se amplifican los desplazamientos laterales de los pórticos con relación a los desplazamientos del CM.

### **3.3 PROGRAMA MODELO\_2GDL\_PARAMÉTRICO\_EMPOTRADO.**

El programa modelo\_2gdl\_paramétrico\_empotrado se basa en el fundamento teórico del estudio paramétrico descrito anteriormente, el cual considera 2 grados de libertad por planta para estructuras monosimétricas.

#### **3.3.1 Datos que se ingresan en el programa.**

**modelo\_2gdl\_parametrico\_empotrado (Ts,omegas,ess,ms,a,c,sismo,dT)**

- **Ts**: Periodo de vibración de la superestructura.
- **omegas**: Frecuencia torsional / Frecuencia de desplazamiento.
- **ess**: Excentricidad normalizada de la superestructura.
- **ms**: Masa total de la superestructura.
- **a, c**: Dimensiones de la estructura que se definen como 2a(Largo) y 2c(Ancho).
- **sismo**: Archivo de datos que contiene el acelerograma de análisis.
- **dT**: Incremento de tiempo del acelerograma de análisis.

Todos los datos para ingresar en el programa deben estar en T (toneladas) y m (metros).

#### **3.3.2 Resultados que brinda el programa.**

- Desplazamiento en pórtico débil.
- Desplazamiento en pórtico fuerte.
- Desplazamiento en centro de masa.
- Factor de Amplificación torsional en pórtico débil.
- Factor de Amplificación torsional en pórtico fuerte.
- Historia de desplazamientos en el Centro de Masa CM.
- Histograma de la excentricidad dinámica.
- Respuesta del giro de torsión normalizado y del desplazamiento lateral.
- Historia de desplazamientos en pórticos exteriores (Débil y Fuerte).

### 3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS ABIERTOS

A continuación se describen las características de las plantas de los 20 edificios abiertos de hormigón armado que primeramente serán analizadas por el método equivalente de Seguí *et al* (2008) por medio del programa modelo\_3gdl\_elastomérico para obtener los valores de la excentricidad estática en cada una de las estructuras.

Posteriormente se deberá encontrar los factores de amplificación torsional debida a la torsión estática ante la acción de 28 sismos artificiales compatibles con el espectro de diseño del Código Ecuatoriano de la Construcción para los 4 perfiles de suelo, este análisis se realizará en el programa modelo\_2gdl\_paramétrico\_empotrado que utiliza el fundamento del estudio paramétrico. Además se obtendrá la respuesta en el tiempo de cada una de las estructuras sin considerar el sistema de aislamiento.

#### 3.4.1 Características de la mampostería y del hormigón.

Las cualidades resistentes de la mampostería se caracterizan mediante los siguientes parámetros:

- Resistencia especificada a la compresión de la mampostería  $f'_m$ , basada en la sección neta correspondiente (MPa).
- Módulo de elasticidad longitudinal  $E_m$ .

La resistencia especificada a la compresión de la mampostería  $f'_m$ , basada en el área neta de la sección correspondiente, constituye un índice de la resistencia de la mampostería a la compresión, y se utilizará para su diseño y control.

**Tabla 3.1** Valores de resistencia a la compresión de la mampostería

| TIPO DE MAMPUESTO                    | Valores de $f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) |                        |                    |
|--------------------------------------|---|------------------------|--------------------|
|                                      | Tipo de Mortero                         |                        |                    |
|                                      | Resistencia Elevada                     | Resistencia Intermedia | Resistencia Normal |
| Ladrillos cerámicos macizos          | 25                                      | 23                     | 18                 |
| Bloques huecos portantes cerámicos   | 65                                      | 35                     | 30                 |
| Bloques huecos portantes de hormigón | 65                                      | 35                     | 30                 |

El tipo de mortero se elegirá de modo que sus características sean posibles de lograr efectivamente en la obra. El valor que se encuentra marcado en la tabla 3.1 es el valor de la resistencia a la compresión de la mampostería que se va a utilizar en el análisis de este capítulo y de los capítulos donde se analicen los edificios abiertos.

El módulo de elasticidad longitudinal  $E_m$  de la mampostería podrá determinarse experimentalmente, o bien utilizando la resistencia a la compresión  $f'_m$  por medio de la expresión  $E_m = 500 f'_m$ . Se debe recalcar que el espesor de las paredes en todos los casos de análisis es de 15 cm.

En cuanto al hormigón se consideró que tiene una resistencia a la compresión  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y su módulo de elasticidad se obtuvo con  $E = 12000 \sqrt{f'_c}$ .

### 3.4.2 Caso 1 - $\alpha = 1$

El primer caso de análisis es una estructura con relación de luces de la losa igual a 1, con características estructurales dependiendo del número de pisos al igual que la carga muerta por piso indicado en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Características de la Estructura Caso 1

| CASO 1      |                      |         |         |         |         |         |                   |         |         |         |         |         |       |       |                                  |
|-------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|----------------------------------|
| EDIFICACIÓN | Dimensiones Columnas |         |         |         |         |         | Dimensiones Vigas |         |         |         |         |         | Largo | Ancho | Carga Muerta (T/m <sup>2</sup> ) |
|             | Nivel 1              | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 1           | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | 2a    | 2c    |                                  |
| 3 pisos     | 40/40                | 40/40   | 35/35   |         |         |         | 30/40             | 30/40   | 30/35   |         |         |         | 10    | 10    | 0.6                              |
| 4 pisos     | 45/45                | 45/45   | 40/40   | 40/40   |         |         | 35/45             | 35/45   | 30/40   | 30/40   |         |         | 10    | 10    | 0.7                              |
| 5 pisos     | 50/50                | 50/50   | 45/45   | 45/45   | 40/40   |         | 40/50             | 40/50   | 35/45   | 35/45   | 30/40   |         | 10    | 10    | 0.8                              |
| 6 pisos     | 55/55                | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 45/45   | 45/45   | 45/55             | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 30/40   | 30/40   | 10    | 10    | 0.9                              |

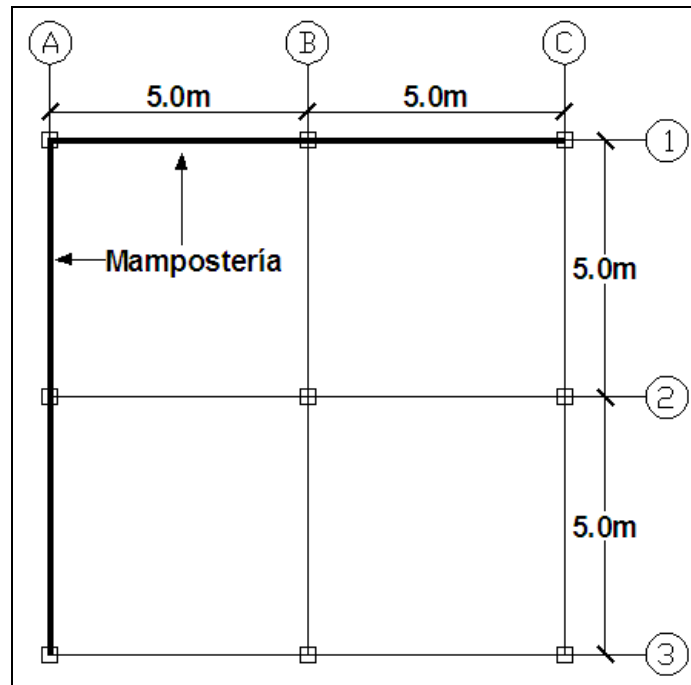


Figura 3.6 Vista en planta de la Estructura Caso 1.

### 3.4.3 Caso 2 - $\alpha = 0.67$

El segundo caso de análisis es una estructura con relación de luces de la losa igual a 0.67, con características estructurales dependiendo del número de pisos al igual que la carga muerta por piso indicado en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Características de la Estructura Caso 2.

| CASO 2      |                      |         |         |         |         |         |                   |         |         |         |         |         |       |       |                                  |
|-------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|----------------------------------|
| EDIFICACIÓN | Dimensiones Columnas |         |         |         |         |         | Dimensiones Vigas |         |         |         |         |         | Largo | Ancho | Carga Muerta (T/m <sup>2</sup> ) |
|             | Nivel 1              | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 1           | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 |       |       |                                  |
| 3 pisos     | 45/45                | 45/45   | 40/40   |         |         |         | 35/45             | 35/45   | 30/40   |         |         |         | 15    | 10    | 0.6                              |
| 4 pisos     | 50/50                | 50/50   | 45/45   | 45/45   |         |         | 40/50             | 40/50   | 35/45   | 30/40   |         |         | 15    | 10    | 0.7                              |
| 5 pisos     | 55/55                | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 45/45   |         | 45/55             | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 35/45   |         | 15    | 10    | 0.8                              |
| 6 pisos     | 60/60                | 60/60   | 55/55   | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 50/60             | 50/60   | 45/55   | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 15    | 10    | 0.9                              |

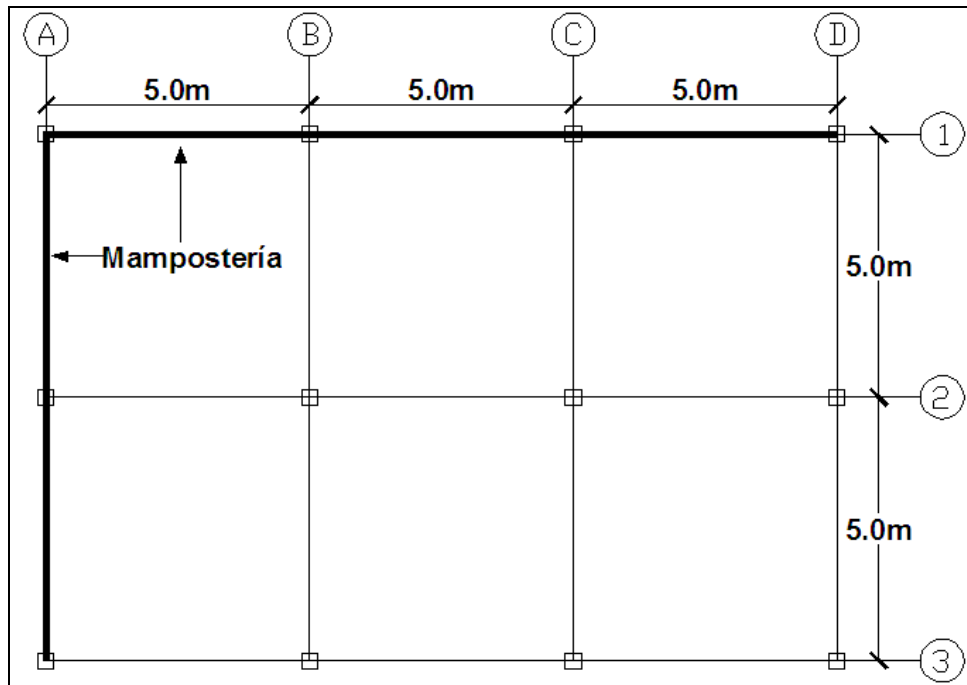


Figura 3.7 Vista en planta de la Estructura Caso 2.

### 3.4.4 Caso 3 - $\alpha = 0.5$

El tercer caso de análisis es una estructura con relación de luces de la losa igual a 0.5, con características estructurales dependiendo del número de pisos al igual que la carga muerta por piso indicado en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Características de la Estructura Caso 3.

| CASO 3      |                      |         |         |         |         |         |                   |         |         |         |         |         |             |             |                                     |
|-------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-------------------------------------|
| EDIFICACIÓN | Dimensiones Columnas |         |         |         |         |         | Dimensiones Vigas |         |         |         |         |         | Largo<br>2a | Ancho<br>2c | Carga Muerta<br>(T/m <sup>2</sup> ) |
|             | Nivel 1              | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 1           | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 |             |             |                                     |
| 3 pisos     | 45/45                | 45/45   | 40/40   |         |         |         | 35/45             | 35/45   | 30/40   |         |         |         | 20          | 10          | 0.6                                 |
| 4 pisos     | 50/50                | 50/50   | 45/45   | 45/45   |         |         | 40/50             | 40/50   | 35/45   | 30/40   |         |         | 20          | 10          | 0.7                                 |
| 5 pisos     | 55/55                | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 45/45   |         | 45/55             | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 35/45   |         | 20          | 10          | 0.8                                 |
| 6 pisos     | 60/60                | 60/60   | 55/55   | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 50/60             | 50/60   | 45/55   | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 20          | 10          | 0.9                                 |

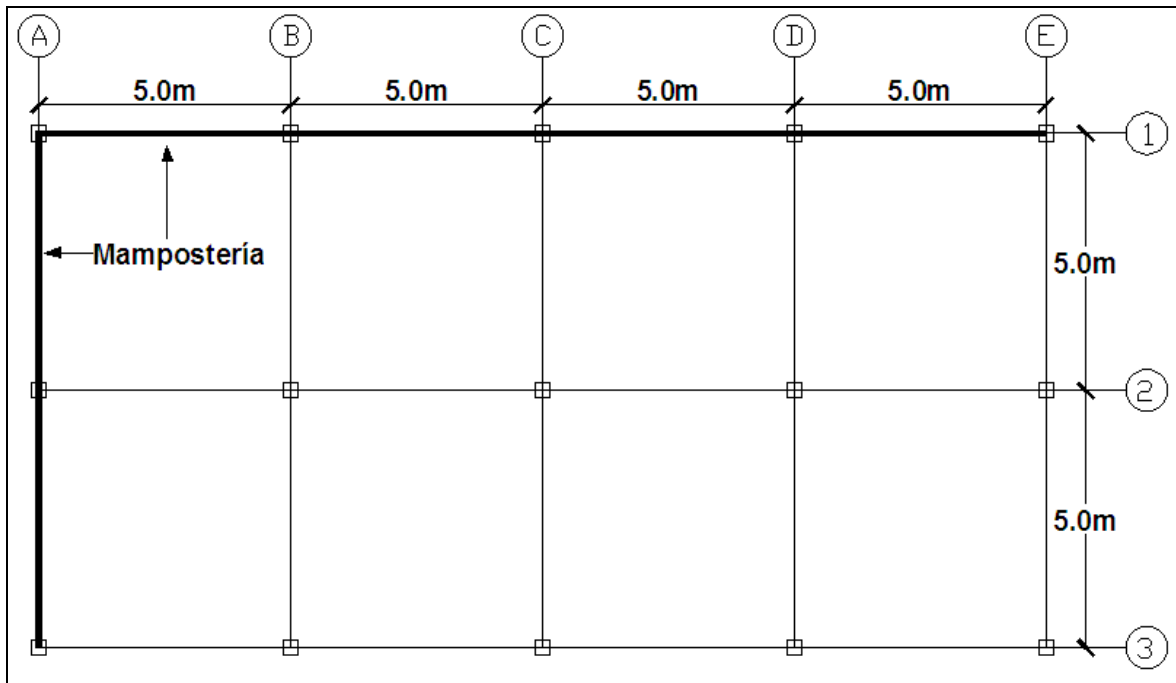


Figura 3.8 Vista en planta de la Estructura Caso 3.

### 3.4.5 Caso 4 - $\alpha = 0.625$

El cuarto caso de análisis es una estructura con relación de luces de la losa igual a 0.625, con características estructurales dependiendo del número de pisos al igual que la carga muerta por piso indicado en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Características de la Estructura Caso 4.

| CASO 4      |                      |         |         |         |         |         |                   |         |         |         |         |         |             |             |                                     |
|-------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-------------------------------------|
| EDIFICACIÓN | Dimensiones Columnas |         |         |         |         |         | Dimensiones Vigas |         |         |         |         |         | Largo<br>2a | Ancho<br>2c | Carga Muerta<br>(T/m <sup>2</sup> ) |
|             | Nivel 1              | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 1           | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 |             |             |                                     |
| 3 pisos     | 45/45                | 45/45   | 40/40   |         |         |         | 35/45             | 35/45   | 30/40   |         |         |         | 16          | 10          | 0.6                                 |
| 4 pisos     | 50/50                | 50/50   | 45/45   | 45/45   |         |         | 40/50             | 40/50   | 35/45   | 30/40   |         |         | 16          | 10          | 0.7                                 |
| 5 pisos     | 55/55                | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 45/45   |         | 45/55             | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 35/45   |         | 16          | 10          | 0.8                                 |
| 6 pisos     | 60/60                | 60/60   | 55/55   | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 50/60             | 50/60   | 45/55   | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 16          | 10          | 0.9                                 |

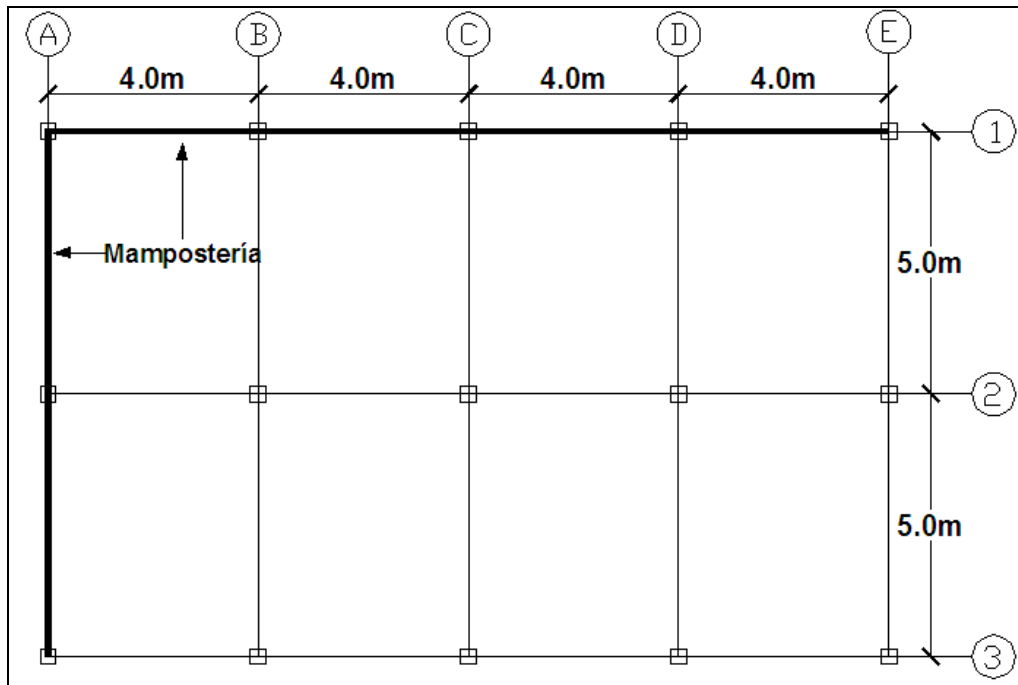


Figura 3.9 Vista en planta de la Estructura Caso 4.

**3.4.6 Caso 5 -  $\alpha = 0.83$**

El quinto caso de análisis es una estructura con relación de luces de la losa igual a 0.83, con características estructurales dependiendo del número de pisos al igual que la carga muerta por piso indicado en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Características de la Estructura Caso 5.

| CASO 5      |                      |         |         |         |         |         |                   |         |         |         |         |         |             |             |                                     |
|-------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|-------------------------------------|
| EDIFICACIÓN | Dimensiones Columnas |         |         |         |         |         | Dimensiones Vigas |         |         |         |         |         | Largo<br>2a | Ancho<br>2c | Carga Muerta<br>(T/m <sup>2</sup> ) |
|             | Nivel 1              | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 1           | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 |             |             |                                     |
| 3 pisos     | 45/45                | 45/45   | 40/40   |         |         |         | 35/45             | 35/45   | 30/40   |         |         |         | 12          | 10          | 0.6                                 |
| 4 pisos     | 50/50                | 50/50   | 45/45   | 45/45   |         |         | 40/50             | 40/50   | 35/45   | 30/40   |         |         | 12          | 10          | 0.7                                 |
| 5 pisos     | 55/55                | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 45/45   |         | 45/55             | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 35/45   |         | 12          | 10          | 0.8                                 |
| 6 pisos     | 60/60                | 60/60   | 55/55   | 55/55   | 50/50   | 50/50   | 50/60             | 50/60   | 45/55   | 45/55   | 40/50   | 40/50   | 16          | 10          | 0.9                                 |

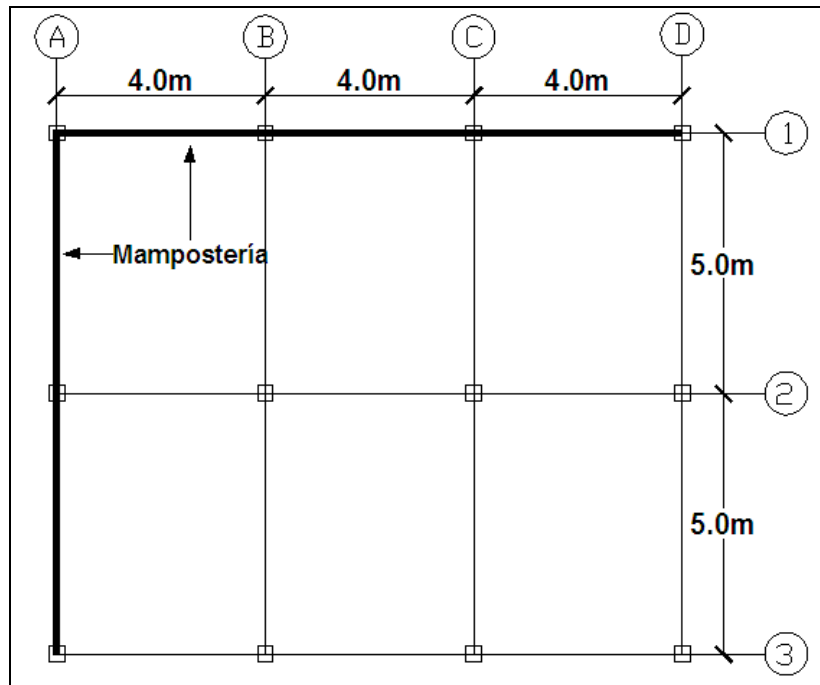


Figura 3.10 Vista en planta de la Estructura Caso 5.

### 3.5 PERIODO DE VIBRACIÓN Y RELACIÓN DE FRECUENCIA TORSIONAL A TRASLACIONAL

Para determinar la excentricidad estática, periodos de vibración y frecuencia torsional de las 20 estructuras planteadas anteriormente utilizamos el programa Modelo\_3gdl\_Elastomérico que utiliza el fundamento del método simplificado de Segúin *et al* (2008); este método y el funcionamiento del programa están explicados a detalle en el Capítulo II de este proyecto de tesis.

#### 3.5.1 Periodo de vibración

El periodo de vibración es el intervalo de tiempo necesario para que el sistema actúe un ciclo de movimiento completo.

Para determinar el periodo de vibración de una estructura se necesitan los valores propios obtenidos por medio de la Matriz de Rigidez **KE** y la Matriz de Masa **ME**.

$$\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 \dots \lambda_n \tag{3.10}$$

Con el primer valor propio calculamos la frecuencia de vibración.



$$Wn_1 = \sqrt{\lambda_1} \quad (3.11)$$

Finalmente obtenemos el periodo de vibración de la estructura.

$$T = \frac{2\pi}{Wn_1} \quad (3.12)$$

### 3.5.2 Relación de frecuencia torsional / frecuencia de desplazamiento.

La frecuencia torsional está definida por la relación entre la frecuencia de vibración en el centro de rigidez y por la frecuencia de vibración con relación al sentido de análisis sea X o Y.

$$\Omega_\theta = \frac{W_{\theta\theta}^{CR}}{W_{YY}} \quad (3.13)$$

Donde:

$$W_{\theta\theta}^{CR} = \sqrt{\frac{K_{\theta\theta}^{CR}}{m^* \rho^2}} \quad (3.14)$$

m = masa total de piso.

$$\rho = 2 * \sqrt{\frac{a^2 + c^2}{12}} \quad (3.15)$$

$$W_{YY} = \sqrt{\frac{K_{YY}}{m}} \quad (3.16)$$

Reemplazando las ecuaciones (3.14) y (3.16) en la ecuación (3.13) tenemos:

$$\Omega_\theta = \sqrt{\frac{\frac{K_{\theta\theta}^{CR}}{m^* \rho^2}}{\frac{K_{YY}}{m}}} \quad (3.17)$$

$$\Omega_{\theta} = \sqrt{\frac{K_{\theta\theta}^{CR}}{\rho^2 * K_{YY}}} \quad (3.18)$$

### 3.5.3 Excentricidad estática

A continuación se presentan los valores obtenidos de excentricidad estática, frecuencia torsional y periodo de vibración de las 20 estructuras:

#### 3.5.3.1 Caso 1 - $\alpha = 1$

**Tabla 3.7** Excentricidad Estática, Periodo de Vibración y Frecuencia Torsional para la estructura Caso 1.

| Pisos | Masa total<br>(T s <sup>2</sup> /m.) | e <sub>x</sub><br>(m.) | e <sub>y</sub><br>(m.) | Ts<br>(s.) | Ω <sub>x</sub> | Ω <sub>y</sub> |
|-------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------|----------------|----------------|
| 3     | 18.36                                | -2.98                  | 2.98                   | 0.53       | 1.32           | 1.32           |
| 4     | 28.57                                | -2.598                 | 2.598                  | 0.6        | 1.35           | 1.35           |
| 5     | 40.81                                | -2.166                 | 2.166                  | 0.65       | 1.404          | 1.404          |
| 6     | 55.1                                 | -1.679                 | 1.679                  | 0.707      | 1.454          | 1.454          |

#### 3.5.3.2 Caso 2 - $\alpha = 0.67$

**Tabla 3.8** Excentricidad Estática, Periodo de Vibración y Frecuencia Torsional para la estructura Caso 2.

| Pisos | Masa total<br>(T s <sup>2</sup> /m.) | e <sub>x</sub><br>(m.) | e <sub>y</sub><br>(m.) | Ts<br>(s.) | Ω <sub>x</sub> | Ω <sub>y</sub> |
|-------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------|----------------|----------------|
| 3     | 27.55                                | -3.516                 | 2.774                  | 0.451      | 1.73           | 1.25           |
| 4     | 42.85                                | -2.82                  | 2.301                  | 0.519      | 1.659          | 1.302          |
| 5     | 61.22                                | -2.23                  | 1.873                  | 0.574      | 1.596          | 1.331          |
| 6     | 82.65                                | -1.772                 | 1.518                  | 0.619      | 1.542          | 1.34           |

#### 3.5.3.3 Caso 3 - $\alpha = 0.5$

**Tabla 3.9** Excentricidad Estática, Periodo de Vibración y Frecuencia Torsional para la estructura Caso 3.

| Pisos | Masa total<br>(T s <sup>2</sup> /m.) | e <sub>x</sub><br>(m.) | e <sub>y</sub><br>(m.) | Ts<br>(s.) | Ω <sub>x</sub> | Ω <sub>y</sub> |
|-------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------|----------------|----------------|
| 3     | 36.73                                | -4,211                 | 2.843                  | 0.473      | 1.66           | 1.166          |
| 4     | 57.14                                | -3.329                 | 2.367                  | 0.545      | 1.586          | 1.21           |
| 5     | 81.63                                | -2.603                 | 1.939                  | 0.602      | 1.524          | 1.234          |
| 6     | 110.204                              | -2.04                  | 1.578                  | 0.648      | 1.472          | 1.243          |

### 3.5.3.4 Caso 4 - $\alpha = 0.625$

**Tabla 3.10** Excentricidad Estática, Periodo de Vibración y Frecuencia Torsional para la estructura Caso 4.

| Pisos | Masa total<br>(T s <sup>2</sup> /m.) | $e_x$<br>(m.) | $e_y$<br>(m.) | Ts<br>(s.) | $\Omega_x$ | $\Omega_y$ |
|-------|--------------------------------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|
| 3     | 29.3878                              | -3.3849       | 2.4275        | 0.4155     | 1.664      | 1.2271     |
| 4     | 45.7143                              | -2.668        | 1.954         | 0.4782     | 1.5954     | 1.2575     |
| 5     | 65.3061                              | -2.0708       | 1.5538        | 0.5296     | 1.5403     | 1.2675     |
| 6     | 88.1633                              | -1.6166       | 1.2299        | 0.5723     | 1.4965     | 1.2629     |

### 3.5.3.5 Caso 5 - $\alpha = 0.83$

**Tabla 3.11** Excentricidad Estática, Periodo de Vibración y Frecuencia Torsional para la estructura Caso 5.

| Pisos | Masa total<br>(T s <sup>2</sup> /m.) | $e_x$<br>(m.) | $e_y$<br>(m.) | Ts<br>(s.) | $\Omega_x$ | $\Omega_y$ |
|-------|--------------------------------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|
| 3     | 22.0408                              | -2.8391       | 2.363         | 0.3938     | 1.7186     | 1.3018     |
| 4     | 34.2857                              | -2.275        | 1.8934        | 0.4532     | 1.65       | 1.3431     |
| 5     | 48.9796                              | -1.7855       | 1.4927        | 0.5021     | 1.5954     | 1.3607     |
| 6     | 66.1224                              | -1.406        | 1.1783        | 0.5433     | 1.5518     | 1.3602     |

En las tablas 3.7 a 3.11; se observa que las excentricidades estáticas son muy altas principalmente en el sentido paralelo a la dimensión más larga del edificio y esto es muy preocupante ya que si no se considera la mampostería en el análisis sísmico, el proyectista estructural está convencido de que su estructura es muy simétrica de que el CM coincide con el CR y no tendrá ningún problema de torsión. En las figuras 3.11 a 3.15 se muestran las ubicaciones de los Centros de Rigidez CR, para los edificios analizados y se observa que la posición del Centro de Rigidez CR se acerca al Centro de Masa CM a medida que aumenta el número de pisos de la edificación. Se destaca que el CR., en la forma calculada no depende del sismo de análisis solo de las propiedades de la estructura.

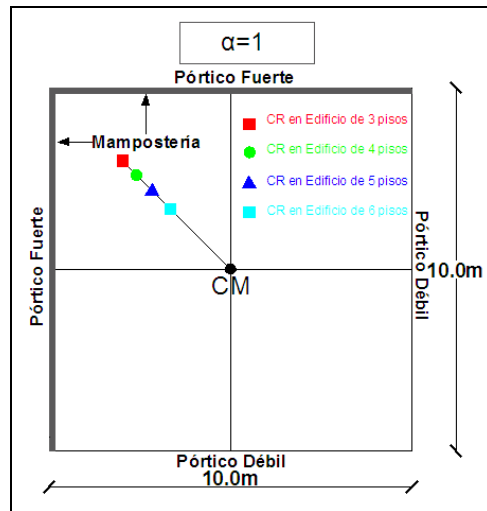


Figura 3.11 Ubicación del Centro de Rigidez CR de acuerdo al número de pisos Caso 1.

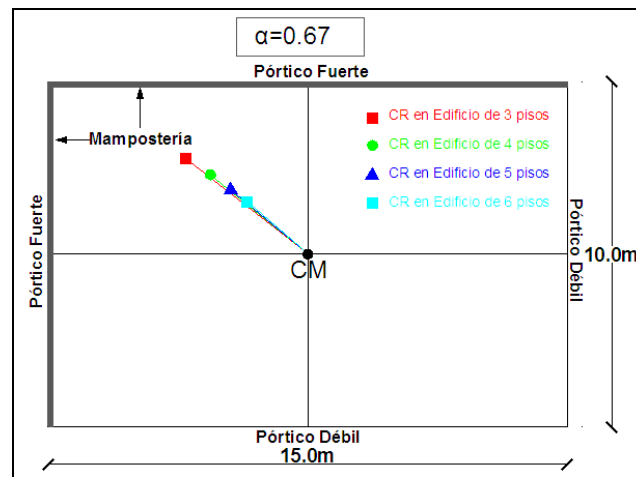


Figura 3.12 Ubicación del Centro de Rigidez CR de acuerdo al número de pisos Caso 2.

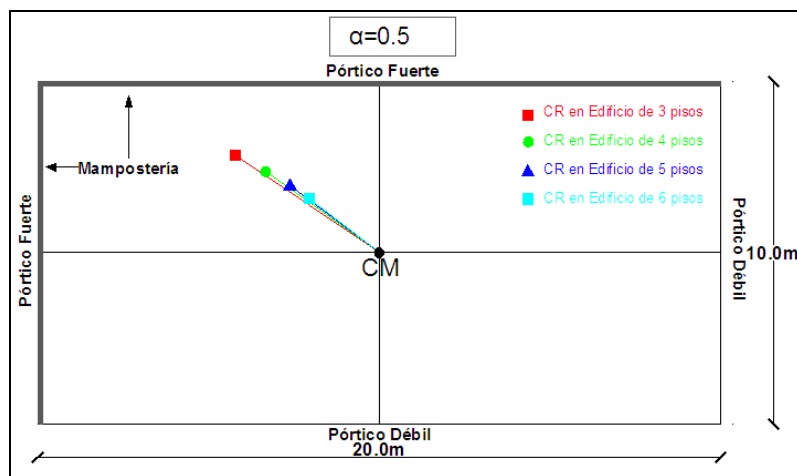


Figura 3.13 Ubicación del Centro de Rigidez CR de acuerdo al número de pisos Caso 3.

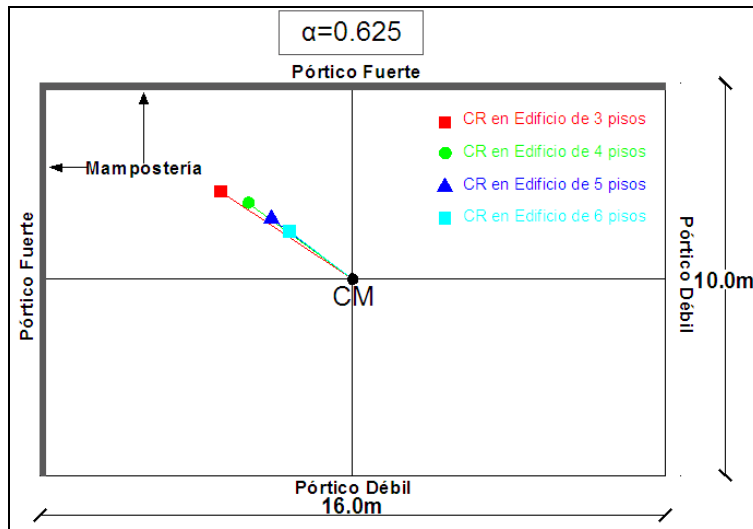


Figura 3.14 Ubicación del Centro de Rigidez CR de acuerdo al número de pisos Caso 4.

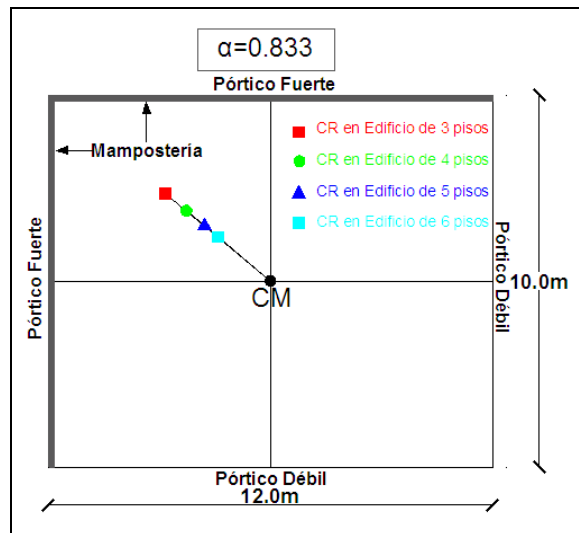


Figura 3.15 Ubicación del Centro de Rigidez CR de acuerdo al número de pisos Caso 5.

En la figura 3.16 se presenta la variación de la excentricidad estática en función del período y para diferentes relaciones de  $\alpha$ . El gráfico de la izquierda corresponde a  $e_x$  que como tiene valores negativos se ha dibujado para abajo, en cambio a la derecha se muestran los valores de  $e_y$  que son positivos. En la figura 3.16 se aprecia que conforme la estructura aumenta el período la excentricidad estática disminuye. Los valores de la excentricidad estática son altos, lo que implica que van a tener factores de amplificación torsional muy altos.

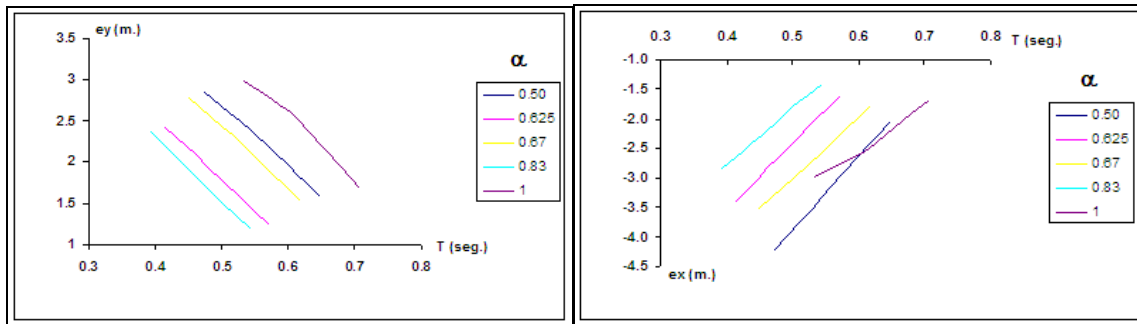


Figura 3.16 Excentricidades estáticas para diferentes valores de  $\alpha$

En la figura 3.17 se muestra la excentricidad estática normalizada con respecto a  $\rho$ . En este caso los valores se agrupan más debido a que  $\hat{e}_x, \hat{e}_y$  son más pequeños por que se han dividido para  $\rho$ .

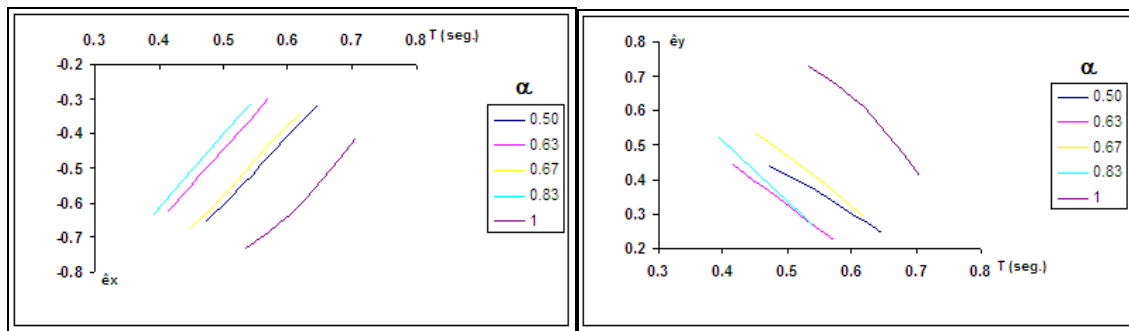


Figura 3.17 Excentricidad estática normalizada.

En la figura 3.18 se ve la relación entre las dos excentricidades normalizadas y se aprecia que conforme el parámetro que relaciona las dimensiones en planta del edificio  $\alpha$  se incrementa; las excentricidades disminuyen.

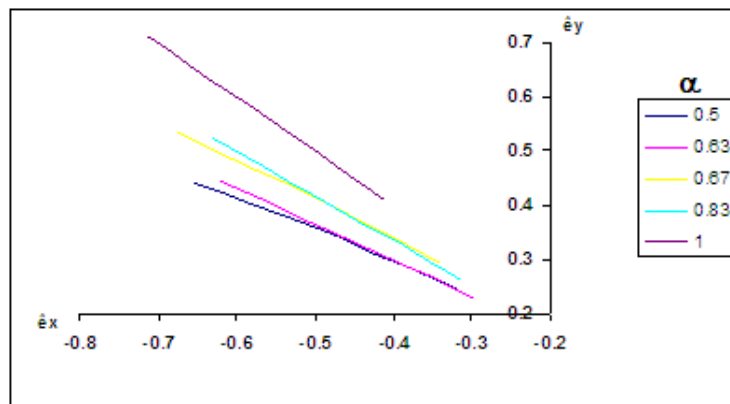


Figura 3.18 Excentricidad estática normalizada para diferentes valores de  $\alpha$ .

En las dos últimas columnas de las tablas 3.6 a 3.10 se muestran los valores de  $\Omega$  que relaciona la frecuencia torsional con respecto a la frecuencia traslacional. Estos valores se han graficado en la figura 3.19 en función del período y se aprecia que varían entre 1 y 2, por un lado y por otro se observa que a medida que el período se incrementa el valor de  $\Omega_x$  disminuye pero el valor de  $\Omega_y$  se incrementa.

Valores de  $\Omega$  altos corresponden a estructuras torsionalmente rígidas, de tal manera que mientras más alto sea este valor se tendrá menos problemas de torsión en planta. En la figura 3.19 se aprecia que mientras disminuyen los valores de  $\alpha$  los valores de  $\Omega$  disminuyen. Por lo tanto las plantas alargadas son aquellas que tienen más problemas de torsión.

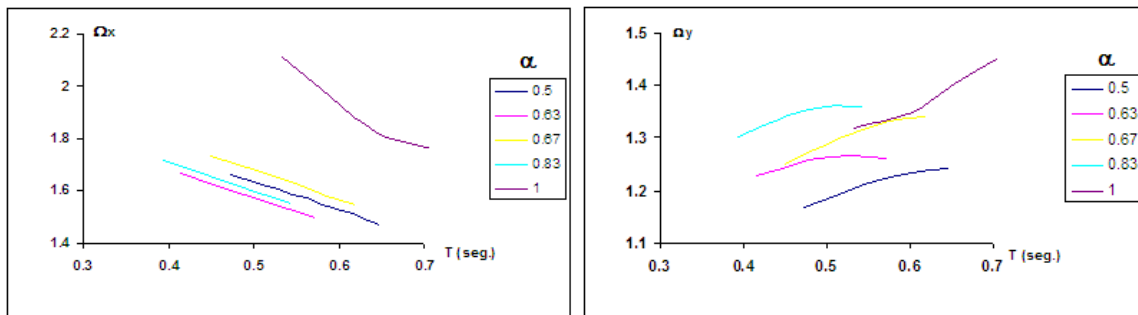


Figura 3.19 Valores de  $\Omega_x$  y  $\Omega_y$  en función del período.

### 3.6 SISMOS ARTIFICIALES CONSIDERADOS

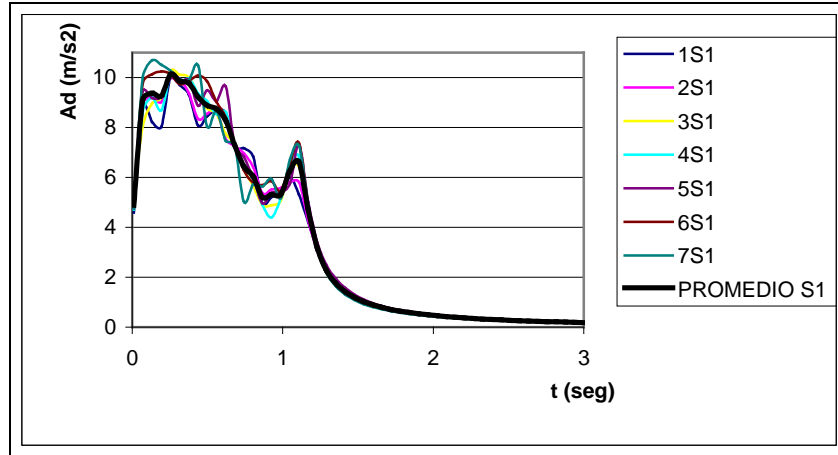
Para realizar el análisis paramétrico se considerarán 28 sismos artificiales de 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 segundos aplicados en los 4 tipos de perfil de suelo S1, S2, S3 y S4.

Para demostrar que estos sismos son compatibles con el espectro de diseño del Código Ecuatoriano de la Construcción a continuación se dibujarán los espectros de cada sismo artificial obteniendo el promedio de estos para luego ser comparados con el espectro del CEC.

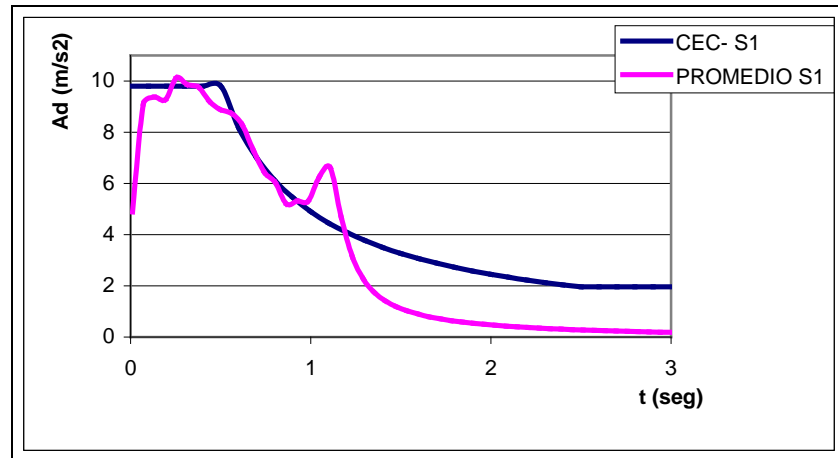
#### 3.6.1 Sismos artificiales para perfil de suelo S1

Los sismos artificiales que se utilizan para el perfil S1 son 1S1, 2S1, 3S1, 4S1, 5S1, 6S1 Y 7S1; para obtener los espectros de cada uno de estas sismos se utilizó el programa DEGTRA, luego se determinó el espectro promedio para el perfil S1 y se lo comparó en el espectro de diseño del CEC para suelo S1.

A continuación se muestran los espectros y el promedio en las figura 3.20 y figura 3.21.



**Figura 3.20** Espectros para perfil S1 y su promedio.



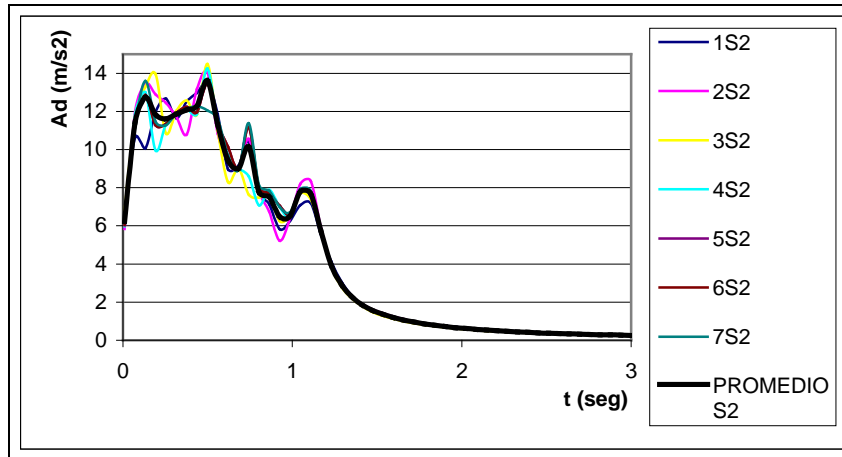
**Figura 3.21** Espectro Promedio para perfil S1 – Espectro de diseño CEC para perfil S1.

### 3.6.2 Sismos artificiales para perfil de suelo S2

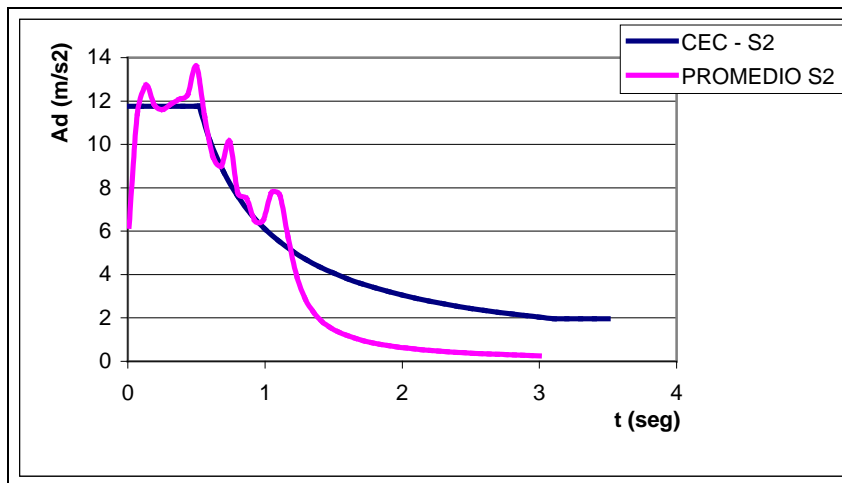
Los sismos artificiales que se utilizan para el perfil S2 son 1S2, 2S2, 3S2, 4S2, 5S2, 6S2 Y 7S2; para obtener los espectros de cada uno de estas sismos se utilizó el programa DEGTRA, luego se determinó el espectro promedio para el perfil S2 y se lo comparó en el espectro de diseño del CEC para suelo S2.

A continuación se muestran los espectros y el promedio en las figura 3.22 y figura 3.23.





**Figura 3.22** Espectros para perfil S2 y su promedio.

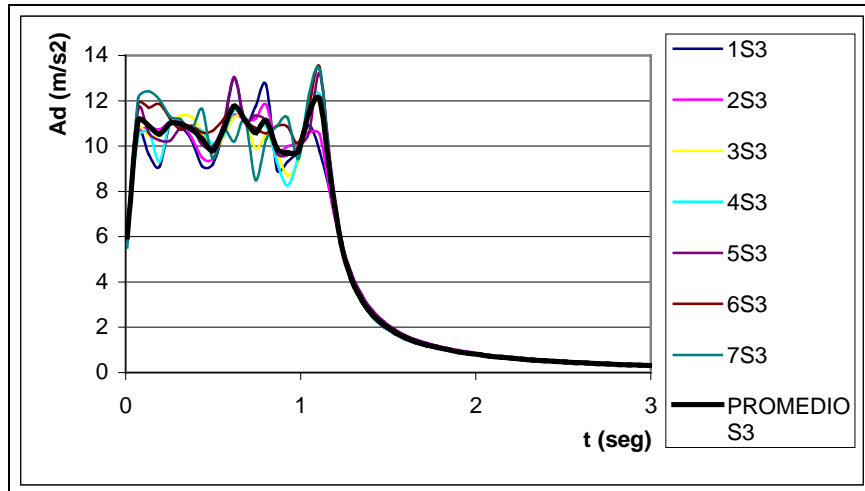


**Figura 3.23** Espectro Promedio para perfil S2 – Espectro de diseño CEC para perfil S2.

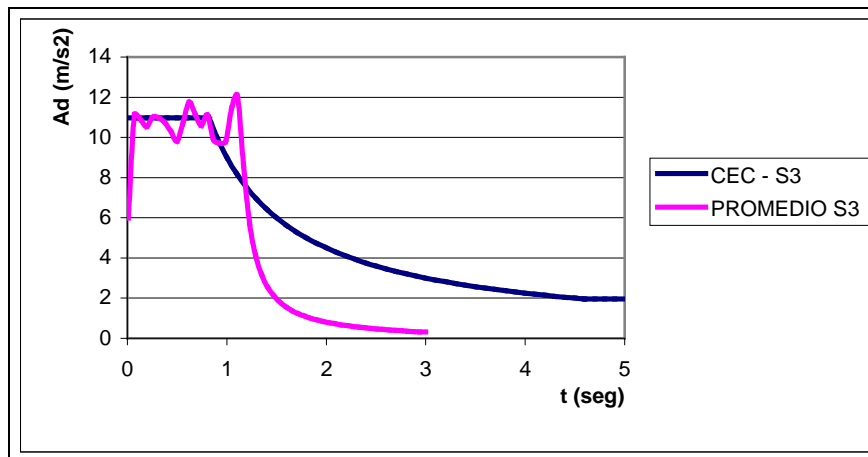
**3.6.3 Sismos artificiales para perfil de suelo S3**

Los sismos artificiales que se utilizan para el perfil S3 son 1S3, 2S3, 3S3, 4S3, 5S3, 6S3 Y 7S3; para obtener los espectros de cada uno de estas sismos se utilizó el programa DEGTRA, luego se determinó el espectro promedio para el perfil S3 y se lo comparó en el espectro de diseño del CEC para suelo S3.

A continuación se muestran los espectros y el promedio en las figura 3.24 y figura 3.25.



**Figura 3.24** Espectros para perfil S3 y su promedio.



**Figura 3.25** Espectro Promedio para perfil S3 – Espectro de diseño CEC para perfil S3.

### 3.6.4 Sismos artificiales para perfil de suelo S4

Los sismos artificiales que se utilizan para el perfil S4 son 1S4, 2S4, 3S4, 4S4, 5S4, 6S4 Y 7S4; para obtener los espectros de cada uno de estas sismos se utilizó el programa DEGTRA, luego se determinó el espectro promedio para el perfil S4 y se lo comparó en el espectro de diseño del CEC para suelo S4.

A continuación se muestran los espectros y el promedio en las figura 3.26 y figura 3.27.

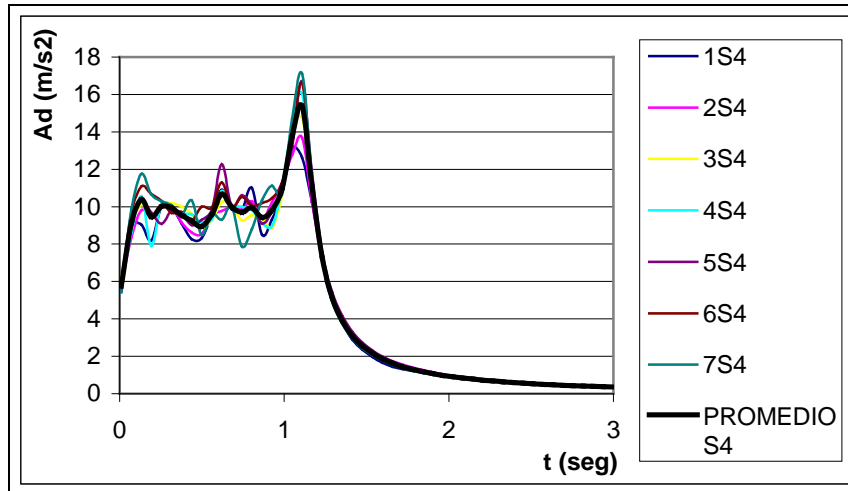


Figura 3.26 Espectros para perfil S4 y su promedio.

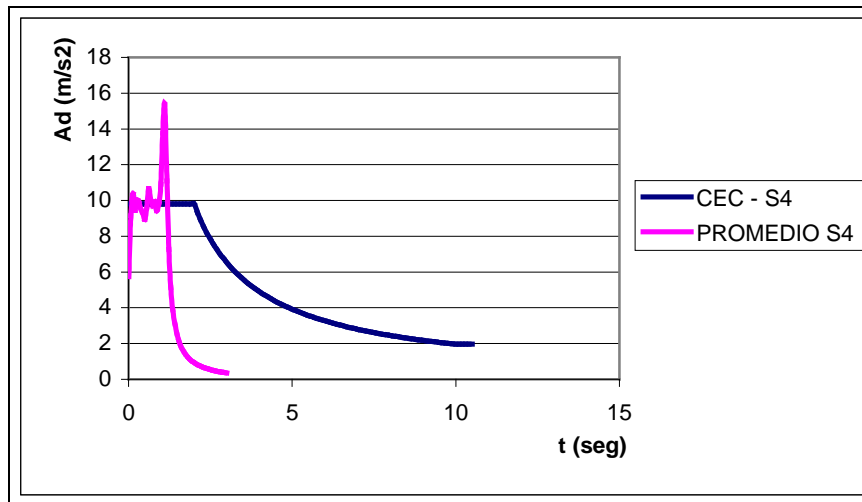


Figura 3.27 Espectro Promedio para perfil S4 – Espectro de diseño CEC para perfil S4.

### 3.7 FACTORES DE AMPLIFICACIÓN TORSIONAL Y DESPLAZAMIENTOS

Para obtener los valores de los desplazamientos y los factores de amplificación torsional utilizamos el fundamento del estudio paramétrico a través del programa modelo\_2gdl\_paramétrico\_empotrado con cada una de las estructuras sometidas a los 28 sismos anteriormente descritos.

Para cada caso se ingresan la excentricidad estática normalizada en sentido X como lo indica la ecuación (3.3), el periodo de vibración de la superestructura, la frecuencia torsional en sentido Y, la masa total de la estructura, las dimensiones a y c; el sismo al que será sometida la estructura y el incremento de tiempo del

acelerograma del sismo correspondiente; el análisis sísmico que se realiza es en sentido Y.

Se debe tener en consideración que para este análisis no se toma en cuenta la presencia de aisladores elastoméricos.

Los resultados se presentan a continuación:

### 3.7.1 Caso 1 - $\alpha = 1$

Para el Caso 1 se consideran como Pórtico Fuerte al pórtico (A), Centro de Masa al pórtico (B) y como Pórtico Débil (C). Se presentan los resultados según el tipo de perfil de suelo de acuerdo a los sismos de análisis.

#### 3.7.1.1 Tipo de Suelo S1

**Tabla 3.12** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S1- 3 pisos.

| 3 PISOS  | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|----------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|          | SISMOS  | Pórtico Débil (C) (m.) | CM (B) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1s1      | 0.1388  | 0.0735                 | 0.0146        | 0.8884  | -0.8014           |
| 2s1      | 0.1368  | 0.0727                 | 0.0147        | 0.8817  | -0.7978           |
| 3s1      | 0.1334  | 0.0716                 | 0.0135        | 0.8631  | -0.8115           |
| 4s1      | 0.1329  | 0.0713                 | 0.013         | 0.8640  | -0.8177           |
| 5s1      | 0.1318  | 0.0704                 | 0.0136        | 0.8722  | -0.8068           |
| 6s1      | 0.1383  | 0.0732                 | 0.0136        | 0.8893  | -0.8142           |
| 7s1      | 0.138   | 0.073                  | 0.0148        | 0.8904  | -0.7973           |
| Promedio | <b>0.1357</b>   | <b>0.0722</b>          | <b>0.0140</b> | <b>0.8784</b>                                     | <b>-0.8067</b>    |

**Tabla 3.13** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S1- 4 pisos.

| 4 PISOS  | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|----------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|          | SISMOS  | Pórtico Débil (C) (m.) | CM (B) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1s1      | 0.1688  | 0.0826                 | 0.0226        | 1.0436  | -0.7264           |
| 2s1      | 0.1529  | 0.0728                 | 0.0241        | 1.1003  | -0.6690           |
| 3s1      | 0.1669  | 0.0787                 | 0.0233        | 1.1207  | -0.7039           |
| 4s1      | 0.1682  | 0.0793                 | 0.0197        | 1.1211  | -0.7516           |
| 5s1      | 0.1753  | 0.0844                 | 0.0176        | 1.0770  | -0.7915           |
| 6s1      | 0.1539  | 0.0742                 | 0.0195        | 1.0741  | -0.7372           |
| 7s1      | 0.1448  | 0.0719                 | 0.0182        | 1.0139  | -0.7469           |
| Promedio | <b>0.1615</b>   | <b>0.0777</b>          | <b>0.0207</b> | <b>1.0787</b>                                     | <b>-0.7323</b>    |

**Tabla 3.14** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S1- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             | 0.1779  | 0.0857         | 0.0289                     | 1.0758  | -0.6628            |
| 2s1             | 0.1775  | 0.0859         | 0.029                      | 1.0664  | -0.6624            |
| 3s1             | 0.1699  | 0.0836         | 0.0306                     | 1.0323  | -0.6340            |
| 4s1             | 0.165   | 0.0809         | 0.0319                     | 1.0396  | -0.6057            |
| 5s1             | 0.164   | 0.0789         | 0.0322                     | 1.0786  | -0.5919            |
| 6s1             | 0.1655  | 0.0805         | 0.0325                     | 1.0559  | -0.5963            |
| 7s1             | 0.165   | 0.0808         | 0.0303                     | 1.0421  | -0.6250            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1693</b>   | <b>0.0823</b>  | <b>0.0308</b>              | <b>1.0558</b>                                     | <b>-0.6254</b>     |

**Tabla 3.15** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S1- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             | 0.1906  | 0.0949         | 0.0405                     | 1.0084  | -0.5732            |
| 2s1             | 0.187   | 0.093          | 0.0402                     | 1.0108  | -0.5677            |
| 3s1             | 0.1622  | 0.0865         | 0.037                      | 0.8751  | -0.5723            |
| 4s1             | 0.1637  | 0.0856         | 0.0355                     | 0.9124  | -0.5853            |
| 5s1             | 0.1775  | 0.0905         | 0.0366                     | 0.9613  | -0.5956            |
| 6s1             | 0.1634  | 0.0831         | 0.0371                     | 0.9663  | -0.5535            |
| 7s1             | 0.1489  | 0.0662         | 0.0355                     | 1.2492  | -0.4637            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1705</b>   | <b>0.0857</b>  | <b>0.0375</b>              | <b>0.9977</b>                                     | <b>-0.5588</b>     |

### 3.7.1.2 Tipo de Suelo S2

**Tabla 3.16** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S2- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.1585  | 0.0841         | 0.0175                     | 0.8847  | -0.7919            |
| 2S2             | 0.1712  | 0.0943         | 0.0199                     | 0.8155  | -0.7890            |
| 3S2             | 0.1994  | 0.0846         | 0.0188                     | 1.3570  | -0.7778            |
| 4S2             | 0.1771  | 0.0898         | 0.0216                     | 0.9722  | -0.7595            |
| 5S2             | 0.1652  | 0.0879         | 0.0191                     | 0.8794  | -0.7827            |
| 6S2             | 0.1698  | 0.0886         | 0.0166                     | 0.9165  | -0.8126            |
| 7S2             | 0.1613  | 0.0856         | 0.0181                     | 0.8843  | -0.7886            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1718</b>   | <b>0.0878</b>  | <b>0.0188</b>              | <b>0.9585</b>                                     | <b>-0.7860</b>     |

**Tabla 3.17** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S2- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.1946  | 0.0967         | 0.022                      | 1.0124  | -0.7725            |
| 2S2             | 0.1905  | 0.0941         | 0.0252                     | 1.0244  | -0.7322            |
| 3S2             | 0.1942  | 0.0862         | 0.0264                     | 1.2529  | -0.6937            |
| 4S2             | 0.2068  | 0.103          | 0.0224                     | 1.0078  | -0.7825            |
| 5S2             | 0.19  | 0.0948         | 0.0222                     | 1.0042  | -0.7658            |
| 6S2             | 0.2014  | 0.1004         | 0.0227                     | 1.0060  | -0.7739            |
| 7S2             | 0.2105  | 0.1045         | 0.0227                     | 1.0144  | -0.7828            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1983</b>   | <b>0.0971</b>  | <b>0.0234</b>              | <b>1.0460</b>                                     | <b>-0.7576</b>     |

**Tabla 3.18** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S2- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.259   | 0.1154         | 0.0399                     | 1.2444  | -0.6542            |
| 2S2             | 0.2489  | 0.113          | 0.0407                     | 1.2027  | -0.6398            |
| 3S2             | 0.205   | 0.1014         | 0.0339                     | 1.0217  | -0.6657            |
| 4S2             | 0.2071  | 0.1006         | 0.0366                     | 1.0586  | -0.6362            |
| 5S2             | 0.2142  | 0.1001         | 0.036                      | 1.1399  | -0.6404            |
| 6S2             | 0.2194  | 0.1048         | 0.0366                     | 1.0935  | -0.6508            |
| 7S2             | 0.2139  | 0.1037         | 0.0362                     | 1.0627  | -0.6509            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2239</b>   | <b>0.1056</b>  | <b>0.0371</b>              | <b>1.1176</b>                                     | <b>-0.6483</b>     |

**Tabla 3.19** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S2- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2927  | 0.1391         | 0.0481                     | 1.1042  | -0.6542            |
| 2S2             | 0.2849  | 0.1404         | 0.0387                     | 1.0292  | -0.7244            |
| 3S2             | 0.21  | 0.1006         | 0.0415                     | 1.0875  | -0.5875            |
| 4S2             | 0.198   | 0.0932         | 0.0438                     | 1.1245  | -0.5300            |
| 5S2             | 0.2327  | 0.1115         | 0.0482                     | 1.0870  | -0.5677            |
| 6S2             | 0.2965  | 0.1459         | 0.0513                     | 1.0322  | -0.6484            |
| 7S2             | 0.302   | 0.1479         | 0.0503                     | 1.0419  | -0.6599            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2595</b>   | <b>0.1255</b>  | <b>0.0460</b>              | <b>1.0724</b>                                     | <b>-0.6246</b>     |

### 3.7.1.3 Tipo de Suelo S3

**Tabla 3.20** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S3- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.1776  | 0.0941         | 0.0199                     | 0.8874  | -0.7885            |
| 2S3             | 0.1732  | 0.092          | 0.0189                     | 0.8826  | -0.7946            |
| 3S3             | 0.1674  | 0.0896         | 0.0152                     | 0.8683  | -0.8304            |
| 4S3             | 0.1681  | 0.098          | 0.0165                     | 0.7153  | -0.8316            |
| 5S3             | 0.1704  | 0.0908         | 0.0164                     | 0.8767  | -0.8194            |
| 6S3             | 0.1713  | 0.0914         | 0.0174                     | 0.8742  | -0.8096            |
| 7S3             | 0.175   | 0.0933         | 0.0181                     | 0.8757  | -0.8060            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1719</b>   | <b>0.0927</b>  | <b>0.0175</b>              | <b>0.8543</b>                                     | <b>-0.8114</b>     |

**Tabla 3.21** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S3- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.2557  | 0.1267         | 0.0257                     | 1.0182  | -0.7972            |
| 2S3             | 0.2261  | 0.1108         | 0.0274                     | 1.0406  | -0.7527            |
| 3S3             | 0.2395  | 0.115          | 0.0264                     | 1.0826  | -0.7704            |
| 4S3             | 0.2407  | 0.1155         | 0.0234                     | 1.0840  | -0.7974            |
| 5S3             | 0.2382  | 0.1159         | 0.0214                     | 1.0552  | -0.8154            |
| 6S3             | 0.2205  | 0.1076         | 0.0225                     | 1.0493  | -0.7909            |
| 7S3             | 0.2127  | 0.1048         | 0.0215                     | 1.0296  | -0.7948            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2333</b>   | <b>0.1138</b>  | <b>0.0240</b>              | <b>1.0513</b>                                     | <b>-0.7884</b>     |

**Tabla 3.22** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S3- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                |                            | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C)<br>(m.)                             | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.2736  | 0.1331         | 0.0312                     | 1.0556  | -0.7656            |
| 2S3             | 0.268   | 0.1309         | 0.0323                     | 1.0474  | -0.7532            |
| 3S3             | 0.2606  | 0.1259         | 0.0341                     | 1.0699  | -0.7292            |
| 4S3             | 0.2519  | 0.1264         | 0.0337                     | 0.9929  | -0.7334            |
| 5S3             | 0.2466  | 0.1239         | 0.0333                     | 0.9903  | -0.7312            |
| 6S3             | 0.2545  | 0.1259         | 0.0334                     | 1.0214  | -0.7347            |
| 7S3             | 0.2232  | 0.1247         | 0.0313                     | 0.7899  | -0.7490            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2541</b>   | <b>0.1273</b>  | <b>0.0328</b>              | <b>0.9953</b>                                     | <b>-0.7423</b>     |

**Tabla 3.23** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S3- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C) (m.)                                | CM (B) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.3029  | 0.154         | 0.0505                  | 0.9669  | -0.6721            |
| 2S3             | 0.2923  | 0.1491        | 0.0497                  | 0.9604  | -0.6667            |
| 3S3             | 0.2454  | 0.1341        | 0.0458                  | 0.8300  | -0.6585            |
| 4S3             | 0.2615  | 0.1395        | 0.0427                  | 0.8746  | -0.6939            |
| 5S3             | 0.2841  | 0.1488        | 0.0442                  | 0.9093  | -0.7030            |
| 6S3             | 0.271   | 0.1416        | 0.0453                  | 0.9138  | -0.6801            |
| 7S3             | 0.2266  | 0.1069        | 0.0433                  | 1.1197  | -0.5949            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2691</b>   | <b>0.1391</b> | <b>0.0459</b>           | <b>0.9392</b>                                     | <b>-0.6670</b>     |

### 3.7.1.4 Tipo de Suelo S4

**Tabla 3.24** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S4- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C) (m.)                                | CM (B) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.1566  | 0.0835        | 0.0183                  | 0.8754  | -0.7808            |
| 2S4             | 0.1537  | 0.0822        | 0.018                   | 0.8698  | -0.7810            |
| 3S4             | 0.1485  | 0.0799        | 0.0145                  | 0.8586  | -0.8185            |
| 4S4             | 0.1487  | 0.08          | 0.0149                  | 0.8588  | -0.8138            |
| 5S4             | 0.1507  | 0.0809        | 0.0146                  | 0.8628  | -0.8195            |
| 6S4             | 0.1452  | 0.0772        | 0.0156                  | 0.8808  | -0.7979            |
| 7S4             | 0.1542  | 0.0825        | 0.0163                  | 0.8691  | -0.8024            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1511</b>   | <b>0.0809</b> | <b>0.0160</b>           | <b>0.8679</b>                                     | <b>-0.8020</b>     |

**Tabla 3.25** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S4- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (C) (m.)                                | CM (B) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.2143  | 0.1079        | 0.027                   | 0.9861  | -0.7498            |
| 2S4             | 0.2004  | 0.0981        | 0.0241                  | 1.0428  | -0.7543            |
| 3S4             | 0.2167  | 0.1057        | 0.0227                  | 1.0501  | -0.7852            |
| 4S4             | 0.2186  | 0.1064        | 0.0211                  | 1.0545  | -0.8017            |
| 5S4             | 0.224   | 0.1112        | 0.0186                  | 1.0144  | -0.8327            |
| 6S4             | 0.2077  | 0.1031        | 0.0185                  | 1.0145  | -0.8206            |
| 7S4             | 0.1937  | 0.0958        | 0.019                   | 1.0219  | -0.8017            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2108</b>   | <b>0.1040</b> | <b>0.0216</b>           | <b>1.0263</b>                                     | <b>-0.7923</b>     |



**Tabla 3.26** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S4- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                           |                | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|-----------------|---|---------------------------|----------------|---|-------------------|--------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (C)<br>(m.) | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.)                        | Pórtico Débil (C) | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             |   | 0.2422                    | 0.1186         | 0.0278  | 1.0422            | -0.7656            |
| 2S4             |   | 0.2412                    | 0.1151         | 0.0275  | 1.0956            | -0.7611            |
| 3S4             |   | 0.2291                    | 0.1145         | 0.0303  | 1.0009            | -0.7354            |
| 4S4             |   | 0.2257                    | 0.1132         | 0.0311  | 0.9938            | -0.7253            |
| 5S4             |   | 0.2215                    | 0.1099         | 0.0304  | 1.0155            | -0.7234            |
| 6S4             |   | 0.2274                    | 0.1116         | 0.0308  | 1.0376            | -0.7240            |
| 7S4             |   | 0.2273                    | 0.1118         | 0.0296  | 1.0331            | -0.7352            |
| <b>Promedio</b> |   | <b>0.2306</b>             | <b>0.1135</b>  | <b>0.0296</b>                                     | <b>1.0312</b>     | <b>-0.7386</b>     |

**Tabla 3.27** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 1- S4- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                           |                | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|-----------------|---|---------------------------|----------------|---|-------------------|--------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (C)<br>(m.) | CM (B)<br>(m.) | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.)                        | Pórtico Débil (C) | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             |   | 0.2476                    | 0.1317         | 0.0451  | 0.8800            | -0.6576            |
| 2S4             |   | 0.2486                    | 0.133          | 0.0448  | 0.8692            | -0.6632            |
| 3S4             |   | 0.2302                    | 0.1258         | 0.0409  | 0.8299            | -0.6749            |
| 4S4             |   | 0.244                     | 0.1313         | 0.0382  | 0.8583            | -0.7091            |
| 5S4             |   | 0.2642                    | 0.1395         | 0.0395  | 0.8939            | -0.7168            |
| 6S4             |   | 0.262                     | 0.1382         | 0.0408  | 0.8958            | -0.7048            |
| 7S4             |   | 0.1958                    | 0.1033         | 0.0391  | 0.8955            | -0.6215            |
| <b>Promedio</b> |   | <b>0.2418</b>             | <b>0.1290</b>  | <b>0.0412</b>                                     | <b>0.8747</b>     | <b>-0.6783</b>     |

### 3.7.2 Caso 2 - $\alpha = 0.67$

Para el Caso 1 se consideran como Pórtico Fuerte al pórtico (A), Centro de Masa al pórtico (entre los pórticos B y C) y como Pórtico Débil (D). Se presentan los resultados según el tipo de perfil de suelo de acuerdo a los sismos de análisis.

#### 3.7.2.1 Tipo de Suelo S1

**Tabla 3.28** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S1- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                           |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|-----------------|---|---------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D)<br>(m.) | CM<br>(m.)    | Pórtico Fuerte (A)<br>(m.)                        | Pórtico Débil (C) | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             |   | 0.1524                    | 0.0496        | 0.0536  | 2.0726            | 0.0806             |
| 2s1             |   | 0.1562                    | 0.0502        | 0.057   | 2.1116            | 0.1355             |
| 3s1             |   | 0.1623                    | 0.0514        | 0.0619  | 2.1576            | 0.2043             |
| 4s1             |   | 0.1656                    | 0.053         | 0.0614  | 2.1245            | 0.1585             |
| 5s1             |   | 0.1689                    | 0.054         | 0.0616  | 2.1278            | 0.1407             |
| 6s1             |   | 0.1633                    | 0.0566        | 0.0554  | 1.8852            | -0.0212            |
| 7s1             |   | 0.1429                    | 0.0473        | 0.0523  | 2.0211            | 0.1057             |
| <b>Promedio</b> |   | <b>0.1588</b>             | <b>0.0517</b> | <b>0.0576</b>                                     | <b>2.0715</b>     | <b>0.1149</b>      |

**Tabla 3.29** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S1- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1s1             | 0.1826  | 0.0639                 | 0.0637        | 1.8576  | -0.0031           |
| 2s1             | 0.1796  | 0.0638                 | 0.0645        | 1.8150  | 0.0110            |
| 3s1             | 0.1747  | 0.063                  | 0.0657        | 1.7730  | 0.0429            |
| 4s1             | 0.177   | 0.0629                 | 0.0631        | 1.8140  | 0.0032            |
| 5s1             | 0.2028  | 0.0674                 | 0.0745        | 2.0089  | 0.1053            |
| 6s1             | 0.1948  | 0.0672                 | 0.0718        | 1.8988  | 0.0685            |
| 7s1             | 0.1962  | 0.0639                 | 0.0706        | 2.0704  | 0.1049            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1868</b>   | <b>0.0646</b>          | <b>0.0677</b> | <b>1.8911</b>                                     | <b>0.0475</b>     |

**Tabla 3.30** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S1- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1s1             | 0.2135  | 0.0748                 | 0.0708        | 1.8543  | -0.0535           |
| 2s1             | 0.1904  | 0.069                  | 0.0677        | 1.7594  | -0.0188           |
| 3s1             | 0.1839  | 0.0711                 | 0.0677        | 1.5865  | -0.0478           |
| 4s1             | 0.1845  | 0.0704                 | 0.0701        | 1.6207  | -0.0043           |
| 5s1             | 0.2094  | 0.0793                 | 0.0752        | 1.6406  | -0.0517           |
| 6s1             | 0.219   | 0.0725                 | 0.0783        | 2.0207  | 0.0800            |
| 7s1             | 0.2172  | 0.0716                 | 0.077         | 2.0335  | 0.0754            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2026</b>   | <b>0.0727</b>          | <b>0.0724</b> | <b>1.7880</b>                                     | <b>-0.0030</b>    |

**Tabla 3.31** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S1- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1s1             | 0.2374  | 0.0819                 | 0.0859        | 1.8987  | 0.0488            |
| 2s1             | 0.2148  | 0.0719                 | 0.0787        | 1.9875  | 0.0946            |
| 3s1             | 0.2337  | 0.0772                 | 0.0827        | 2.0272  | 0.0712            |
| 4s1             | 0.2342  | 0.078                  | 0.0817        | 2.0026  | 0.0474            |
| 5s1             | 0.2285  | 0.0851                 | 0.08          | 1.6851  | -0.0599           |
| 6s1             | 0.2187  | 0.0747                 | 0.0817        | 1.9277  | 0.0937            |
| 7s1             | 0.2152  | 0.0714                 | 0.0831        | 2.0140  | 0.1639            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2261</b>   | <b>0.0772</b>          | <b>0.0820</b> | <b>1.9347</b>                                     | <b>0.0657</b>     |

## 3.7.2.2 Tipo de Suelo S2

Tabla 3.32 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S2- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
|                 | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2366  | 0.078         | 0.0881                  | 2.0333  | 0.1295             |
| 2S2             | 0.2545  | 0.0817        | 0.0928                  | 2.1151  | 0.1359             |
| 3S2             | 0.2367  | 0.0839        | 0.0886                  | 1.8212  | 0.0560             |
| 4S2             | 0.2366  | 0.078         | 0.0817                  | 2.0333  | 0.0474             |
| 5S2             | 0.2513  | 0.0832        | 0.0864                  | 2.0204  | 0.0385             |
| 6S2             | 0.2368  | 0.0785        | 0.0816                  | 2.0166  | 0.0395             |
| 7S2             | 0.2122  | 0.0701        | 0.0736                  | 2.0271  | 0.0499             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2378</b>   | <b>0.0791</b> | <b>0.0847</b>           | <b>2.0096</b>                                     | <b>0.0710</b>      |

Tabla 3.33 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S2- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
|                 | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2654  | 0.0885        | 0.0935                  | 1.9989  | 0.0565             |
| 2S2             | 0.244   | 0.0786        | 0.0895                  | 2.1043  | 0.1387             |
| 3S2             | 0.2363  | 0.0819        | 0.092                   | 1.8852  | 0.1233             |
| 4S2             | 0.2408  | 0.0835        | 0.0973                  | 1.8838  | 0.1653             |
| 5S2             | 0.2385  | 0.0841        | 0.0947                  | 1.8359  | 0.1260             |
| 6S2             | 0.2392  | 0.0851        | 0.0855                  | 1.8108  | 0.0047             |
| 7S2             | 0.2504  | 0.0867        | 0.0843                  | 1.8881  | -0.0277            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2449</b>   | <b>0.0841</b> | <b>0.0910</b>           | <b>1.9153</b>                                     | <b>0.0838</b>      |

Tabla 3.34 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S2- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
|                 | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2347  | 0.0779        | 0.0906                  | 2.0128  | 0.1630             |
| 2S2             | 0.2766  | 0.0911        | 0.0989                  | 2.0362  | 0.0856             |
| 3S2             | 0.2031  | 0.0756        | 0.0881                  | 1.6865  | 0.1653             |
| 4S2             | 0.2917  | 0.0962        | 0.1158                  | 2.0322  | 0.2037             |
| 5S2             | 0.2917  | 0.0946        | 0.1054                  | 2.0835  | 0.1142             |
| 6S2             | 0.3013  | 0.0987        | 0.1054                  | 2.0527  | 0.0679             |
| 7S2             | 0.2865  | 0.094         | 0.1012                  | 2.0479  | 0.0766             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2694</b>   | <b>0.0897</b> | <b>0.1008</b>           | <b>1.9931</b>                                     | <b>0.1252</b>      |

**Tabla 3.35** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S2- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2463  | 0.0955        | 0.0875                  | 1.5791  | -0.0838            |
| 2S2             | 0.2405  | 0.093         | 0.0983                  | 1.5860  | 0.0570             |
| 3S2             | 0.2265  | 0.0855        | 0.091                   | 1.6491  | 0.0643             |
| 4S2             | 0.2825  | 0.1018        | 0.1015                  | 1.7750  | -0.0029            |
| 5S2             | 0.2572  | 0.0933        | 0.0934                  | 1.7567  | 0.0011             |
| 6S2             | 0.266   | 0.0993        | 0.096                   | 1.6788  | -0.0332            |
| 7S2             | 0.2801  | 0.1038        | 0.0934                  | 1.6985  | -0.1002            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2570</b>   | <b>0.0960</b> | <b>0.0944</b>           | <b>1.6747</b>                                     | <b>-0.0140</b>     |

### 3.7.2.3 Tipo de Suelo S3

**Tabla 3.36** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S3- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.1643  | 0.0541        | 0.0563                  | 2.0370  | 0.0407             |
| 2S3             | 0.1699  | 0.0555        | 0.06                    | 2.0613  | 0.0811             |
| 3S3             | 0.1785  | 0.0574        | 0.0661                  | 2.1098  | 0.1516             |
| 4S3             | 0.1821  | 0.0592        | 0.0655                  | 2.0760  | 0.1064             |
| 5S3             | 0.1776  | 0.0587        | 0.0614                  | 2.0256  | 0.0460             |
| 6S3             | 0.1737  | 0.0616        | 0.0591                  | 1.8198  | -0.0406            |
| 7S3             | 0.1574  | 0.0558        | 0.0561                  | 1.8208  | 0.0054             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1719</b>   | <b>0.0575</b> | <b>0.0606</b>           | <b>1.9929</b>                                     | <b>0.0558</b>      |

**Tabla 3.37** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S3- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.2196  | 0.0785        | 0.073                   | 1.7975  | -0.0701            |
| 2S3             | 0.2165  | 0.0781        | 0.0714                  | 1.7721  | -0.0858            |
| 3S3             | 0.2097  | 0.0767        | 0.0715                  | 1.7340  | -0.0678            |
| 4S3             | 0.2136  | 0.0772        | 0.0705                  | 1.7668  | -0.0868            |
| 5S3             | 0.2401  | 0.0861        | 0.0819                  | 1.7886  | -0.0488            |
| 6S3             | 0.2366  | 0.0833        | 0.084                   | 1.8403  | 0.0084             |
| 7S3             | 0.2414  | 0.0781        | 0.0869                  | 2.0909  | 0.1127             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2254</b>   | <b>0.0797</b> | <b>0.0770</b>           | <b>1.8272</b>                                     | <b>-0.0340</b>     |

**Tabla 3.38** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S3- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.3116  | 0.1132        | 0.0932                  | 1.7527  | -0.1767            |
| 2S3             | 0.2721  | 0.0991        | 0.0808                  | 1.7457  | -0.1847            |
| 3S3             | 0.2494  | 0.0937        | 0.0776                  | 1.6617  | -0.1718            |
| 4S3             | 0.2535  | 0.0948        | 0.0771                  | 1.6741  | -0.1867            |
| 5S3             | 0.2729  | 0.107         | 0.0825                  | 1.5505  | -0.2290            |
| 6S3             | 0.28  | 0.0969        | 0.0933                  | 1.8896  | -0.0372            |
| 7S3             | 0.2804  | 0.0942        | 0.095                   | 1.9766  | 0.0085             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2743</b>   | <b>0.0998</b> | <b>0.0856</b>           | <b>1.7501</b>                                     | <b>-0.1396</b>     |

**Tabla 3.39** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S3- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.3465  | 0.1256        | 0.1057                  | 1.7588  | -0.1584            |
| 2S3             | 0.3115  | 0.1102        | 0.0954                  | 1.8267  | -0.1343            |
| 3S3             | 0.3227  | 0.1131        | 0.1011                  | 1.8532  | -0.1061            |
| 4S3             | 0.3224  | 0.1139        | 0.0995                  | 1.8306  | -0.1264            |
| 5S3             | 0.3182  | 0.1166        | 0.0938                  | 1.7290  | -0.1955            |
| 6S3             | 0.2947  | 0.106         | 0.1003                  | 1.7802  | -0.0538            |
| 7S3             | 0.304   | 0.1025        | 0.1035                  | 1.9659  | 0.0098             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.3171</b>   | <b>0.1126</b> | <b>0.0999</b>           | <b>1.8206</b>                                     | <b>-0.1093</b>     |

### 3.7.2.4 Tipo de Suelo S4

**Tabla 3.40** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S4- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (C)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.1481  | 0.0489        | 0.0508                  | 2.0286  | 0.0389             |
| 2S4             | 0.1528  | 0.0501        | 0.0539                  | 2.0499  | 0.0758             |
| 3S4             | 0.1608  | 0.052         | 0.0592                  | 2.0923  | 0.1385             |
| 4S4             | 0.1645  | 0.0537        | 0.0589                  | 2.0633  | 0.0968             |
| 5S4             | 0.1596  | 0.0535        | 0.0554                  | 1.9832  | 0.0355             |
| 6S4             | 0.1568  | 0.0577        | 0.0527                  | 1.7175  | -0.0867            |
| 7S4             | 0.1386  | 0.0502        | 0.0496                  | 1.7610  | -0.0120            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1545</b>   | <b>0.0523</b> | <b>0.0544</b>           | <b>1.9565</b>                                     | <b>0.0410</b>      |

**Tabla 3.41** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S4- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1S4             | 0.1958  | 0.0702                 | 0.0608        | 1.7892  | -0.1339           |
| 2S4             | 0.1927  | 0.0702                 | 0.0602        | 1.7450  | -0.1425           |
| 3S4             | 0.1856  | 0.0686                 | 0.0593        | 1.7055  | -0.1356           |
| 4S4             | 0.1886  | 0.0687                 | 0.0616        | 1.7453  | -0.1033           |
| 5S4             | 0.2115  | 0.0731                 | 0.0714        | 1.8933  | -0.0233           |
| 6S4             | 0.2105  | 0.0741                 | 0.0688        | 1.8408  | -0.0715           |
| 7S4             | 0.2135  | 0.0702                 | 0.0742        | 2.0413  | 0.0570            |
| <b>Promedio</b> | <b>0.1997</b>   | <b>0.0707</b>          | <b>0.0652</b> | <b>1.8229</b>                                     | <b>-0.0790</b>    |

**Tabla 3.42** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S4- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1S4             | 0.2588  | 0.0948                 | 0.0723        | 1.7300  | -0.2373           |
| 2S4             | 0.2319  | 0.0839                 | 0.0656        | 1.7640  | -0.2181           |
| 3S4             | 0.2254  | 0.0851                 | 0.0671        | 1.6486  | -0.2115           |
| 4S4             | 0.2286  | 0.0889                 | 0.0688        | 1.5714  | -0.2261           |
| 5S4             | 0.2535  | 0.1008                 | 0.0736        | 1.5149  | -0.2698           |
| 6S4             | 0.237   | 0.0927                 | 0.0782        | 1.5566  | -0.1564           |
| 7S4             | 0.2414  | 0.0839                 | 0.0822        | 1.8772  | -0.0203           |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2395</b>   | <b>0.0900</b>          | <b>0.0725</b> | <b>1.6661</b>                                     | <b>-0.1914</b>    |

**Tabla 3.43** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 2- S4- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (C) |
| 1S4             | 0.3024  | 0.1062                 | 0.0907        | 1.8475  | -0.1460           |
| 2S4             | 0.2743  | 0.0965                 | 0.0822        | 1.8425  | -0.1482           |
| 3S4             | 0.2924  | 0.104                  | 0.0876        | 1.8115  | -0.1577           |
| 4S4             | 0.2915  | 0.1048                 | 0.0852        | 1.7815  | -0.1870           |
| 5S4             | 0.2879  | 0.1117                 | 0.0808        | 1.5774  | -0.2766           |
| 6S4             | 0.2712  | 0.1034                 | 0.0848        | 1.6228  | -0.1799           |
| 7S4             | 0.2716  | 0.0937                 | 0.0889        | 1.8986  | -0.0512           |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2845</b>   | <b>0.1029</b>          | <b>0.0857</b> | <b>1.7688</b>                                     | <b>-0.1638</b>    |

### 3.7.3 Caso 3 - $\alpha = 0.5$

Para el Caso 3 se consideran como Pórtico Fuerte al pórtico (A), Centro de Masa al pórtico (C) y como Pórtico Débil (E). Se presentan los resultados según el tipo de perfil de suelo de acuerdo a los sismos de análisis.

3.7.3.1 Tipo de Suelo S1.

**Tabla 3.44** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S1- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             | 0.1741  | 0.0456        | 0.0872                  | 2.8180  | 0.9123             |
| 2s1             | 0.1766  | 0.0461        | 0.0871                  | 2.8308  | 0.8894             |
| 3s1             | 0.1751  | 0.0452        | 0.0883                  | 2.8739  | 0.9535             |
| 4s1             | 0.1946  | 0.0487        | 0.1026                  | 2.9959  | 1.1068             |
| 5s1             | 0.2456  | 0.064         | 0.1266                  | 2.8375  | 0.9781             |
| 6s1             | 0.2438  | 0.0621        | 0.1255                  | 2.9259  | 1.0209             |
| 7s1             | 0.2095  | 0.0548        | 0.1065                  | 2.8230  | 0.9434             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2028</b>   | <b>0.0524</b> | <b>0.1034</b>           | <b>2.8721</b>                                     | <b>0.9721</b>      |

**Tabla 3.45** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S1- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             | 0.2848  | 0.0731        | 0.1431                  | 2.8960  | 0.9576             |
| 2s1             | 0.2745  | 0.0721        | 0.1356                  | 2.8072  | 0.8807             |
| 3s1             | 0.2629  | 0.0718        | 0.1249                  | 2.6616  | 0.7396             |
| 4s1             | 0.2627  | 0.0708        | 0.13                    | 2.7105  | 0.8362             |
| 5s1             | 0.2595  | 0.0701        | 0.1436                  | 2.7019  | 1.0485             |
| 6s1             | 0.2835  | 0.0739        | 0.1439                  | 2.8363  | 0.9472             |
| 7s1             | 0.2808  | 0.073         | 0.1358                  | 2.8466  | 0.8603             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2727</b>   | <b>0.0721</b> | <b>0.1367</b>           | <b>2.7800</b>                                     | <b>0.8957</b>      |

**Tabla 3.46** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S1- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             | 0.3103  | 0.0801        | 0.1606                  | 2.8739  | 1.0050             |
| 2s1             | 0.2805  | 0.0703        | 0.1472                  | 2.9900  | 1.0939             |
| 3s1             | 0.3082  | 0.0737        | 0.162                   | 3.1818  | 1.1981             |
| 4s1             | 0.3076  | 0.078         | 0.1597                  | 2.9436  | 1.0474             |
| 5s1             | 0.3147  | 0.0872        | 0.1496                  | 2.6089  | 0.7156             |
| 6s1             | 0.2802  | 0.0763        | 0.146                   | 2.6723  | 0.9135             |
| 7s1             | 0.2742  | 0.0689        | 0.1442                  | 2.9797  | 1.0929             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2965</b>   | <b>0.0764</b> | <b>0.1528</b>           | <b>2.8929</b>                                     | <b>1.0095</b>      |

**Tabla 3.47** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S1- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1s1             | 0.3092  | 0.0762        | 0.1597                  | 3.0577  | 1.0958             |
| 2s1             | 0.3242  | 0.0791        | 0.1668                  | 3.0986  | 1.1087             |
| 3s1             | 0.337   | 0.0813        | 0.1773                  | 3.1451  | 1.1808             |
| 4s1             | 0.3343  | 0.0817        | 0.1751                  | 3.0918  | 1.1432             |
| 5s1             | 0.3329  | 0.0806        | 0.1734                  | 3.1303  | 1.1514             |
| 6s1             | 0.3017  | 0.0787        | 0.1782                  | 2.8335  | 1.2643             |
| 7s1             | 0.312   | 0.0789        | 0.1793                  | 2.9544  | 1.2725             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.3216</b>   | <b>0.0795</b> | <b>0.1728</b>           | <b>3.0445</b>                                     | <b>1.1738</b>      |

### 3.7.3.2 Tipo de Suelo S2

**Tabla 3.48** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S2- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.3312  | 0.0859        | 0.1713                  | 2.8556  | 0.9942             |
| 2S2             | 0.3056  | 0.0747        | 0.1584                  | 3.0910  | 1.1205             |
| 3S2             | 0.3382  | 0.0931        | 0.1741                  | 2.6327  | 0.8700             |
| 4S2             | 0.3184  | 0.0874        | 0.1644                  | 2.6430  | 0.8810             |
| 5S2             | 0.3272  | 0.0827        | 0.167                   | 2.9565  | 1.0193             |
| 6S2             | 0.3174  | 0.0803        | 0.1617                  | 2.9527  | 1.0137             |
| 7S2             | 0.295   | 0.0757        | 0.1516                  | 2.8970  | 1.0026             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.3190</b>   | <b>0.0828</b> | <b>0.1641</b>           | <b>2.8612</b>                                     | <b>0.9859</b>      |

**Tabla 3.49** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S2- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.3003  | 0.0785        | 0.1558                  | 2.8255  | 0.9847             |
| 2S2             | 0.3689  | 0.0931        | 0.1832                  | 2.9624  | 0.9678             |
| 3S2             | 0.2838  | 0.0788        | 0.1589                  | 2.6015  | 1.0165             |
| 4S2             | 0.3854  | 0.0917        | 0.2057                  | 3.2028  | 1.2432             |
| 5S2             | 0.3516  | 0.0889        | 0.1773                  | 2.9550  | 0.9944             |
| 6S2             | 0.3572  | 0.0914        | 0.1745                  | 2.9081  | 0.9092             |
| 7S2             | 0.3437  | 0.0875        | 0.1687                  | 2.9280  | 0.9280             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.3416</b>   | <b>0.0871</b> | <b>0.1749</b>           | <b>2.9119</b>                                     | <b>1.0062</b>      |



**Tabla 3.50** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S2- 5 pisos.

| 5 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S2   | 0.3299                 | 0.09          | 0.1597  | 2.6656            | 0.7744             |
|         | 2S2   | 0.3143                 | 0.0869        | 0.1614  | 2.6168            | 0.8573             |
|         | 3S2   | 0.3091                 | 0.0787        | 0.1688  | 2.9276            | 1.1449             |
|         | 4S2   | 0.3456                 | 0.0995        | 0.192   | 2.4734            | 0.9296             |
|         | 5S2   | 0.3169                 | 0.0894        | 0.1692  | 2.5447            | 0.8926             |
|         | 6S2   | 0.3351                 | 0.0915        | 0.181   | 2.6623            | 0.9781             |
|         | 7S2   | 0.3623                 | 0.0964        | 0.1834  | 2.7583            | 0.9025             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.3305</b>          | <b>0.0903</b> | <b>0.1736</b>                                     | <b>2.6641</b>     | <b>0.9256</b>      |

**Tabla 3.51** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S2- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S2   | 0.3751                 | 0.0956        | 0.2069  | 2.9236            | 1.1642             |
|         | 2S2   | 0.3502                 | 0.0977        | 0.1889  | 2.5844            | 0.9335             |
|         | 3S2   | 0.3603                 | 0.0984        | 0.1709  | 2.6616            | 0.7368             |
|         | 4S2   | 0.3758                 | 0.0989        | 0.2005  | 2.7998            | 1.0273             |
|         | 5S2   | 0.3533                 | 0.0987        | 0.2038  | 2.5795            | 1.0648             |
|         | 6S2   | 0.3605                 | 0.1052        | 0.2013  | 2.4268            | 0.9135             |
|         | 7S2   | 0.3602                 | 0.106         | 0.201   | 2.3981            | 0.8962             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.3622</b>          | <b>0.1001</b> | <b>0.1962</b>                                     | <b>2.6248</b>     | <b>0.9623</b>      |

### 3.7.3.3 Tipo de Suelo S3

**Tabla 3.52** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S3- 3 pisos.

| 3 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.2246                 | 0.0568        | 0.1116  | 2.9542            | 0.9648             |
|         | 2S3   | 0.2116                 | 0.0537        | 0.1054  | 2.9404            | 0.9628             |
|         | 3S3   | 0.1978                 | 0.052         | 0.094   | 2.8038            | 0.8077             |
|         | 4S3   | 0.2115                 | 0.0554        | 0.1007  | 2.8177            | 0.8177             |
|         | 5S3   | 0.2686                 | 0.0707        | 0.1289  | 2.7992            | 0.8232             |
|         | 6S3   | 0.2664                 | 0.0702        | 0.1285  | 2.7949            | 0.8305             |
|         | 7S3   | 0.2332                 | 0.0624        | 0.12  | 2.7372            | 0.9231             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.2305</b>          | <b>0.0602</b> | <b>0.1127</b>                                     | <b>2.8353</b>     | <b>0.8757</b>      |

**Tabla 3.53** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S3- 4 pisos.

| 4 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.3666                 | 0.1005        | 0.1785  | 2.6478            | 0.7761             |
|         | 2S3   | 0.3517                 | 0.0935        | 0.1695  | 2.7615            | 0.8128             |
|         | 3S3   | 0.3343                 | 0.092         | 0.1564  | 2.6337            | 0.7000             |
|         | 4S3   | 0.3362                 | 0.0914        | 0.1582  | 2.6783            | 0.7309             |
|         | 5S3   | 0.339                  | 0.0927        | 0.1667  | 2.6570            | 0.7983             |
|         | 6S3   | 0.3606                 | 0.0956        | 0.1703  | 2.7720            | 0.7814             |
|         | 7S3   | 0.3615                 | 0.0953        | 0.1718  | 2.7933            | 0.8027             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.3500</b>          | <b>0.0944</b> | <b>0.1673</b>                                     | <b>2.7062</b>     | <b>0.7717</b>      |

**Tabla 3.54** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S3- 5 pisos.

| 5 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.4488                 | 0.1225        | 0.2127  | 2.6637            | 0.7363             |
|         | 2S3   | 0.4004                 | 0.1072        | 0.1907  | 2.7351            | 0.7789             |
|         | 3S3   | 0.4242                 | 0.1081        | 0.2104  | 2.9241            | 0.9463             |
|         | 4S3   | 0.4227                 | 0.1091        | 0.2071  | 2.8744            | 0.8983             |
|         | 5S3   | 0.4174                 | 0.1188        | 0.1963  | 2.5135            | 0.6524             |
|         | 6S3   | 0.3818                 | 0.1078        | 0.1851  | 2.5417            | 0.7171             |
|         | 7S3   | 0.3795                 | 0.098         | 0.1846  | 2.8724            | 0.8837             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.4107</b>          | <b>0.1102</b> | <b>0.1981</b>                                     | <b>2.7321</b>     | <b>0.8018</b>      |

**Tabla 3.55** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S3- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.4438                 | 0.1195        | 0.2099  | 2.7138            | 0.7565             |
|         | 2S3   | 0.4578                 | 0.122         | 0.2149  | 2.7525            | 0.7615             |
|         | 3S3   | 0.4573                 | 0.1233        | 0.2194  | 2.7088            | 0.7794             |
|         | 4S3   | 0.4536                 | 0.1233        | 0.2162  | 2.6788            | 0.7534             |
|         | 5S3   | 0.4572                 | 0.1229        | 0.2173  | 2.7201            | 0.7681             |
|         | 6S3   | 0.4378                 | 0.1199        | 0.2211  | 2.6514            | 0.8440             |
|         | 7S3   | 0.4506                 | 0.1201        | 0.2247  | 2.7519            | 0.8709             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.4512</b>          | <b>0.1216</b> | <b>0.2176</b>                                     | <b>2.7110</b>     | <b>0.7906</b>      |

## 3.7.3.4 Tipo de Suelo S4

Tabla 3.56 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S4- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.1998  | 0.0517        | 0.0972                  | 2.8646  | 0.8801             |
| 2S4             | 0.186   | 0.0485        | 0.0903                  | 2.8351  | 0.8619             |
| 3S4             | 0.1822  | 0.0485        | 0.0857                  | 2.7567  | 0.7670             |
| 4S4             | 0.1943  | 0.0517        | 0.0909                  | 2.7582  | 0.7582             |
| 5S4             | 0.2372  | 0.0635        | 0.112                   | 2.7354  | 0.7638             |
| 6S4             | 0.2331  | 0.0658        | 0.1103                  | 2.5426  | 0.6763             |
| 7S4             | 0.2019  | 0.0571        | 0.1016                  | 2.5359  | 0.7793             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.2049</b>   | <b>0.0553</b> | <b>0.0983</b>           | <b>2.7184</b>                                     | <b>0.7838</b>      |

Tabla 3.57 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S4- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.3229  | 0.0856        | 0.1557                  | 2.7722  | 0.8189             |
| 2S4             | 0.3099  | 0.0841        | 0.1459                  | 2.6849  | 0.7348             |
| 3S4             | 0.2951  | 0.0828        | 0.1344                  | 2.5640  | 0.6232             |
| 4S4             | 0.2968  | 0.0821        | 0.1375                  | 2.6151  | 0.6748             |
| 5S4             | 0.2991  | 0.0829        | 0.1492                  | 2.6080  | 0.7998             |
| 6S4             | 0.3009  | 0.0797        | 0.1502                  | 2.7754  | 0.8846             |
| 7S4             | 0.3105  | 0.0843        | 0.1478                  | 2.6833  | 0.7533             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.3050</b>   | <b>0.0831</b> | <b>0.1458</b>           | <b>2.6718</b>                                     | <b>0.7556</b>      |

Tabla 3.58 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S4- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.3887  | 0.1032        | 0.1824                  | 2.7665  | 0.7674             |
| 2S4             | 0.3516  | 0.0931        | 0.1659                  | 2.7766  | 0.7820             |
| 3S4             | 0.3821  | 0.099         | 0.1853                  | 2.8596  | 0.8717             |
| 4S4             | 0.3794  | 0.1002        | 0.1808                  | 2.7864  | 0.8044             |
| 5S4             | 0.391   | 0.1131        | 0.1719                  | 2.4571  | 0.5199             |
| 6S4             | 0.3639  | 0.1045        | 0.16                    | 2.4823  | 0.5311             |
| 7S4             | 0.3406  | 0.0897        | 0.1613                  | 2.7971  | 0.7982             |
| <b>Promedio</b> | <b>0.3710</b>   | <b>0.1004</b> | <b>0.1725</b>           | <b>2.7037</b>                                     | <b>0.7250</b>      |

**Tabla 3.59** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 3- S4- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S4   | 0.3889                 | 0.1042        | 0.1826  | 2.7322            | 0.7524             |
|         | 2S4   | 0.4046                 | 0.1089        | 0.1877  | 2.7153            | 0.7236             |
|         | 3S4   | 0.4157                 | 0.1114        | 0.1947  | 2.7316            | 0.7478             |
|         | 4S4   | 0.4112                 | 0.115         | 0.1901  | 2.5757            | 0.6530             |
|         | 5S4   | 0.4109                 | 0.1107        | 0.1911  | 2.7118            | 0.7263             |
|         | 6S4   | 0.398                  | 0.1076        | 0.1862  | 2.6989            | 0.7305             |
|         | 7S4   | 0.4008                 | 0.1084        | 0.1913  | 2.6974            | 0.7648             |
|         | <b>Promedio</b>                                       | <b>0.4043</b>          | <b>0.1095</b> | <b>0.1891</b>                                     | <b>2.6947</b>     | <b>0.7283</b>      |

### 3.7.4 Caso 4 - $\alpha = 0.625$

Para el Caso 4 se consideran como Pórtico Fuerte al pórtico (A), Centro de Masa al pórtico (C) y como Pórtico Débil (E). Se presentan los resultados según el tipo de perfil de suelo de acuerdo a los sismos de análisis.

#### 3.7.4.1 Tipo de Suelo S1

**Tabla 3.60** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S1- 3 pisos.

| 3 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S1   | 0.1771                 | 0.05167       | 0.07569   | 2.4275            | 0.4649             |
|         | 2S1   | 0.1788                 | 0.05157       | 0.0787  | 2.4671            | 0.5261             |
|         | 3S1   | 0.1832                 | 0.05168       | 0.08456   | 2.5449            | 0.6362             |
|         | 4S1   | 0.1824                 | 0.0591        | 0.0829  | 2.0863            | 0.4027             |
|         | 5S1   | 0.1786                 | 0.0519        | 0.07756   | 2.4412            | 0.4944             |
|         | 6S1   | 0.1724                 | 0.04985       | 0.07685   | 2.4584            | 0.5416             |
|         | 7S1   | 0.1754                 | 0.0479        | 0.08043   | 2.6618            | 0.6791             |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1783</b>          | <b>0.0520</b> | <b>0.0795</b>                                     | <b>2.4410</b>     | <b>0.5350</b>      |

**Tabla 3.61** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S1- 4 pisos.

| 4 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S1   | 0.1508                 | 0.04609       | 0.07245   | 2.2719            | 0.5719             |
|         | 2S1   | 0.1506                 | 0.04498       | 0.07417   | 2.3482            | 0.6490             |
|         | 3S1   | 0.1496                 | 0.04388       | 0.07477   | 2.4093            | 0.7040             |
|         | 4S1   | 0.1722                 | 0.04804       | 0.07722   | 2.5845            | 0.6074             |
|         | 5S1   | 0.2277                 | 0.06306       | 0.1016  | 2.6108            | 0.6112             |
|         | 6S1   | 0.2194                 | 0.06042       | 0.09738   | 2.6312            | 0.6117             |
|         | 7S1   | 0.1929                 | 0.05577       | 0.08909   | 2.4588            | 0.5975             |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1805</b>          | <b>0.0517</b> | <b>0.0838</b>                                     | <b>2.4735</b>     | <b>0.6218</b>      |

**Tabla 3.62** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S1- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) |
| 1S1             | 0.2025  | 0.06844                | 0.08971       | 1.9588  | 0.3108            |
| 2S1             | 0.2033  | 0.06793                | 0.08574       | 1.9928  | 0.2622            |
| 3S1             | 0.1979  | 0.06703                | 0.08295       | 1.9524  | 0.2375            |
| 4S1             | 0.1965  | 0.0669                 | 0.1022        | 1.9372  | 0.5277            |
| 5S1             | 0.2218  | 0.06599                | 0.1135        | 2.3611  | 0.7200            |
| 6S1             | 0.2226  | 0.06682                | 0.1154        | 2.3313  | 0.7270            |
| 7S1             | 0.2236  | 0.06694                | 0.09773       | 2.3403  | 0.4600            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2097</b>   | <b>0.0672</b>          | <b>0.0982</b> | <b>2.1249</b>                                     | <b>0.4636</b>     |

**Tabla 3.63** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S1- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) |
| 1S1             | 0.2414  | 0.07318                | 0.09964       | 2.2987  | 0.3616            |
| 2S1             | 0.2175  | 0.06979                | 0.09227       | 2.1165  | 0.3221            |
| 3S1             | 0.2171  | 0.0787                 | 0.09913       | 1.7586  | 0.2596            |
| 4S1             | 0.2102  | 0.06943                | 0.09106       | 2.0275  | 0.3115            |
| 5S1             | 0.2111  | 0.07463                | 0.09621       | 1.8286  | 0.2892            |
| 6S1             | 0.2364  | 0.07306                | 0.09938       | 2.2357  | 0.3603            |
| 7S1             | 0.234   | 0.07217                | 0.09476       | 2.2423  | 0.3130            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2240</b>   | <b>0.0730</b>          | <b>0.0961</b> | <b>2.0726</b>                                     | <b>0.3167</b>     |

### 3.7.4.2 Tipo de Suelo S2

**Tabla 3.64** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S2- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|-----------------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|                 | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) |
| 1S2             | 0.225   | 0.06156                | 0.1019        | 2.6550  | 0.6553            |
| 2S2             | 0.2196  | 0.0633                 | 0.1019        | 2.4692  | 0.6098            |
| 3S2             | 0.2002  | 0.0603                 | 0.09406       | 2.3201  | 0.5599            |
| 4S2             | 0.2139  | 0.06077                | 0.09235       | 2.5198  | 0.5197            |
| 5S2             | 0.2334  | 0.06609                | 0.1012        | 2.5315  | 0.5312            |
| 6S2             | 0.2192  | 0.06373                | 0.09543       | 2.4395  | 0.4974            |
| 7S2             | 0.2145  | 0.06301                | 0.08846       | 2.4042  | 0.4039            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2180</b>   | <b>0.0627</b>          | <b>0.0965</b> | <b>2.4770</b>                                     | <b>0.5396</b>     |

**Tabla 3.65** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S2- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2988  | 0.08649       | 0.1324                  | 2.4547  | 0.5308             |
| 2S2             | 0.2618  | 0.07308       | 0.1174                  | 2.5824  | 0.6065             |
| 3S2             | 0.2867  | 0.09161       | 0.1362                  | 2.1296  | 0.4867             |
| 4S2             | 0.2884  | 0.08602       | 0.1332                  | 2.3527  | 0.5485             |
| 5S2             | 0.2951  | 0.08182       | 0.134                   | 2.6067  | 0.6377             |
| 6S2             | 0.2861  | 0.07953       | 0.1296                  | 2.5974  | 0.6296             |
| 7S2             | 0.2661  | 0.0775        | 0.122                   | 2.4335  | 0.5742             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2833</b>   | <b>0.0823</b> | <b>0.1293</b>           | <b>2.4510</b>                                     | <b>0.5734</b>      |

**Tabla 3.66** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S2- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2933  | 0.08124       | 0.1362                  | 2.6103  | 0.6765             |
| 2S2             | 0.2904  | 0.08586       | 0.1393                  | 2.3823  | 0.6224             |
| 3S2             | 0.2363  | 0.08277       | 0.1247                  | 1.8549  | 0.5066             |
| 4S2             | 0.2782  | 0.0817        | 0.1319                  | 2.4051  | 0.6144             |
| 5S2             | 0.2799  | 0.08314       | 0.131                   | 2.3666  | 0.5757             |
| 6S2             | 0.2777  | 0.08549       | 0.1303                  | 2.2483  | 0.5242             |
| 7S2             | 0.2696  | 0.0829        | 0.1245                  | 2.2521  | 0.5018             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2751</b>   | <b>0.0833</b> | <b>0.1311</b>           | <b>2.3028</b>                                     | <b>0.5745</b>      |

**Tabla 3.67** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S2- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S2             | 0.2425  | 0.07738       | 0.1312                  | 2.1339  | 0.6955             |
| 2S2             | 0.2673  | 0.0922        | 0.1397                  | 1.8991  | 0.5152             |
| 3S2             | 0.2499  | 0.07456       | 0.1121                  | 2.3517  | 0.5035             |
| 4S2             | 0.3185  | 0.09502       | 0.1477                  | 2.3519  | 0.5544             |
| 5S2             | 0.2919  | 0.09514       | 0.143                   | 2.0681  | 0.5030             |
| 6S2             | 0.3022  | 0.09857       | 0.1407                  | 2.0658  | 0.4274             |
| 7S2             | 0.2856  | 0.09396       | 0.1345                  | 2.0396  | 0.4315             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2797</b>   | <b>0.0895</b> | <b>0.1356</b>           | <b>2.1300</b>                                     | <b>0.5186</b>      |

## 3.7.4.3 Tipo de Suelo S3

Tabla 3.68 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S3- 3 pisos.

| 3 PISOS  | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|----------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|          | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) |
| 1S3      | 0.1945  | 0.05711                | 0.08209       | 2.4057  | 0.4374            |
| 2S3      | 0.197   | 0.05723                | 0.08555       | 2.4423  | 0.4948            |
| 3S3      | 0.2041  | 0.0577                 | 0.09318       | 2.5373  | 0.6149            |
| 4S3      | 0.2024  | 0.05785                | 0.0905        | 2.4987  | 0.5644            |
| 5S3      | 0.1967  | 0.0576                 | 0.08407       | 2.4149  | 0.4595            |
| 6S3      | 0.1941  | 0.05737                | 0.08127       | 2.3833  | 0.4166            |
| 7S3      | 0.1914  | 0.05737                | 0.08688       | 2.3362  | 0.5144            |
| PROMEDIO | <b>0.1972</b>   | <b>0.0575</b>          | <b>0.0862</b> | <b>2.4312</b>                                     | <b>0.5003</b>     |

Tabla 3.69 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S3- 4 pisos.

| 4 PISOS  | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|----------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|          | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) |
| 1S3      | 0.1913  | 0.05758                | 0.09042       | 2.3223  | 0.5703            |
| 2S3      | 0.1828  | 0.05434                | 0.08783       | 2.3640  | 0.6163            |
| 3S3      | 0.1726  | 0.05122                | 0.07939       | 2.3698  | 0.5500            |
| 4S3      | 0.1899  | 0.05402                | 0.08468       | 2.5154  | 0.5676            |
| 5S3      | 0.2517  | 0.07024                | 0.1113        | 2.5834  | 0.5846            |
| 6S3      | 0.2491  | 0.06947                | 0.1112        | 2.5857  | 0.6007            |
| 7S3      | 0.2162  | 0.06376                | 0.1014        | 2.3908  | 0.5903            |
| PROMEDIO | <b>0.2077</b>   | <b>0.0601</b>          | <b>0.0952</b> | <b>2.4474</b>                                     | <b>0.5828</b>     |

Tabla 3.70 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S3- 5 pisos.

| 5 PISOS  | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |
|----------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|
|          | SISMOS  | Pórtico Débil (E) (m.) | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (E) |
| 1S3      | 0.2591  | 0.0863                 | 0.104         | 2.0023  | 0.2051            |
| 2S3      | 0.2528  | 0.085                  | 0.09808       | 1.9741  | 0.1539            |
| 3S3      | 0.2458  | 0.08394                | 0.09326       | 1.9283  | 0.1110            |
| 4S3      | 0.2449  | 0.08341                | 0.1168        | 1.9361  | 0.4003            |
| 5S3      | 0.2682  | 0.08429                | 0.1272        | 2.1819  | 0.5091            |
| 6S3      | 0.2701  | 0.08188                | 0.1269        | 2.2987  | 0.5498            |
| 7S3      | 0.281   | 0.08469                | 0.1119        | 2.3180  | 0.3213            |
| PROMEDIO | <b>0.2603</b>   | <b>0.0842</b>          | <b>0.1112</b> | <b>2.0913</b>                                     | <b>0.3215</b>     |

**Tabla 3.71** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S3- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S3             | 0.332   | 0.1104        | 0.1232                  | 2.0072  | 0.1159             |
| 2S3             | 0.2961  | 0.09681       | 0.1112                  | 2.0586  | 0.1486             |
| 3S3             | 0.2752  | 0.09236       | 0.1157                  | 1.9796  | 0.2527             |
| 4S3             | 0.2687  | 0.09111       | 0.107                   | 1.9492  | 0.1744             |
| 5S3             | 0.2743  | 0.1004        | 0.1035                  | 1.7321  | 0.0309             |
| 6S3             | 0.3015  | 0.09544       | 0.1156                  | 2.1591  | 0.2112             |
| 7S3             | 0.3024  | 0.09482       | 0.1173                  | 2.1892  | 0.2371             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2929</b>   | <b>0.0973</b> | <b>0.1134</b>           | <b>2.0107</b>                                     | <b>0.1673</b>      |

### 3.7.4.4 Tipo de Suelo S4

**Tabla 3.72** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S4- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.1724  | 0.05068       | 0.0727                  | 2.4017  | 0.4345             |
| 2S4             | 0.1746  | 0.05082       | 0.0756                  | 2.4357  | 0.4876             |
| 3S4             | 0.1817  | 0.0514        | 0.08267                 | 2.5350  | 0.6084             |
| 4S4             | 0.1804  | 0.05153       | 0.08037                 | 2.5009  | 0.5597             |
| 5S4             | 0.1741  | 0.05117       | 0.07424                 | 2.4024  | 0.4509             |
| 6S4             | 0.1715  | 0.05094       | 0.07141                 | 2.3667  | 0.4018             |
| 7S4             | 0.1693  | 0.04681       | 0.07622                 | 2.6167  | 0.6283             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.1749</b>   | <b>0.0505</b> | <b>0.0762</b>           | <b>2.4656</b>                                     | <b>0.5102</b>      |

**Tabla 3.73** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S4- 4 pisos.

| 4 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.1703  | 0.05231       | 0.07566                 | 2.2556  | 0.4464             |
| 2S4             | 0.161   | 0.04895       | 0.07064                 | 2.2891  | 0.4431             |
| 3S4             | 0.1584  | 0.04791       | 0.06674                 | 2.3062  | 0.3930             |
| 4S4             | 0.1701  | 0.05061       | 0.07226                 | 2.3610  | 0.4278             |
| 5S4             | 0.221   | 0.06307       | 0.09485                 | 2.5040  | 0.5039             |
| 6S4             | 0.2167  | 0.06526       | 0.09351                 | 2.3206  | 0.4329             |
| 7S4             | 0.1911  | 0.05884       | 0.08587                 | 2.2478  | 0.4594             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.1841</b>   | <b>0.0553</b> | <b>0.0799</b>           | <b>2.3263</b>                                     | <b>0.4438</b>      |



**Tabla 3.74** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S4- 5 pisos.

| 5 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.2281  | 0.07677       | 0.09097                 | 1.9712  | 0.1850             |
| 2S4             | 0.2231  | 0.0761        | 0.08307                 | 1.9317  | 0.0916             |
| 3S4             | 0.2159  | 0.07411       | 0.07944                 | 1.9132  | 0.0719             |
| 4S4             | 0.2137  | 0.07426       | 0.1031                  | 1.8777  | 0.3884             |
| 5S4             | 0.2395  | 0.07507       | 0.1122                  | 2.1904  | 0.4946             |
| 6S4             | 0.2366  | 0.07225       | 0.1092                  | 2.2747  | 0.5114             |
| 7S4             | 0.2457  | 0.07225       | 0.1092                  | 2.4007  | 0.5114             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2289</b>   | <b>0.0744</b> | <b>0.0982</b>           | <b>2.0799</b>                                     | <b>0.3220</b>      |

**Tabla 3.75** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 4- S4- 6 pisos.

| 6 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (E) (m.)                                | CM (C) (m.)   | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (E)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S4             | 0.2847  | 0.09258       | 0.1043                  | 2.0752  | 0.1266             |
| 2S4             | 0.2568  | 0.08408       | 0.09532                 | 2.0542  | 0.1337             |
| 3S4             | 0.2439  | 0.08436       | 0.09815                 | 1.8912  | 0.1635             |
| 4S4             | 0.2347  | 0.08342       | 0.08999                 | 1.8135  | 0.0788             |
| 5S4             | 0.2566  | 0.08477       | 0.08866                 | 2.0270  | 0.0459             |
| 6S4             | 0.2517  | 0.08731       | 0.09652                 | 1.8828  | 0.1055             |
| 7S4             | 0.2634  | 0.08132       | 0.1009                  | 2.2391  | 0.2408             |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.2560</b>   | <b>0.0854</b> | <b>0.0963</b>           | <b>1.9976</b>                                     | <b>0.1278</b>      |

### 3.7.5 Caso 5 - $\alpha = 0.83$

Para el Caso 5 se consideran como Pórtico Fuerte al pórtico (A), Centro de Masa al pórtico (entre los pórticos B y C) y como Pórtico Débil (D). Se presentan los resultados según el tipo de perfil de suelo de acuerdo a los sismos de análisis.

#### 3.7.5.1 Tipo de Suelo S1

**Tabla 3.76** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S1- 3 pisos.

| 3 PISOS         | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |               |                         | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                    |
|-----------------|---|---------------|-------------------------|---|--------------------|
| SISMOS          | Pórtico Débil (D) (m.)                                | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.) | Pórtico Débil (D)                                 | Pórtico Fuerte (A) |
| 1S1             | 0.08115   | 0.03316       | 0.02612                 | 1.4472  | -0.2123            |
| 2S1             | 0.0847  | 0.035         | 0.02423                 | 1.4200  | -0.3077            |
| 3S1             | 0.09878   | 0.03989       | 0.02585                 | 1.4763  | -0.3520            |
| 4S1             | 0.09943   | 0.04025       | 0.02612                 | 1.4703  | -0.3511            |
| 5S1             | 0.09028   | 0.03748       | 0.02187                 | 1.4088  | -0.4165            |
| 6S1             | 0.1099  | 0.04316       | 0.02582                 | 1.5463  | -0.4018            |
| 7S1             | 0.1174  | 0.04546       | 0.02935                 | 1.5825  | -0.3544            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>0.0974</b>   | <b>0.0392</b> | <b>0.0256</b>           | <b>1.4788</b>                                     | <b>-0.3422</b>     |

**Tabla 3.77** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S1- 4 pisos.

| 4 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S1   | 0.1267                 | 0.05251       | 0.03024   | 1.4129            | -0.4241            |
|         | 2S1   | 0.1256                 | 0.05274       | 0.0308  | 1.3815            | -0.4160            |
|         | 3S1   | 0.1263                 | 0.05353       | 0.02934   | 1.3594            | -0.4519            |
|         | 4S1   | 0.131                  | 0.0543        | 0.0265  | 1.4125            | -0.5120            |
|         | 5S1   | 0.1327                 | 0.05426       | 0.03557   | 1.4456            | -0.3445            |
|         | 6S1   | 0.124                  | 0.05188       | 0.0321  | 1.3901            | -0.3813            |
|         | 7S1   | 0.1162                 | 0.04699       | 0.0307  | 1.4729            | -0.3467            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1261</b>          | <b>0.0523</b> | <b>0.0308</b>                                     | <b>1.4107</b>     | <b>-0.4109</b>     |

**Tabla 3.78** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S1- 5 pisos.

| 5 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S1   | 0.1208                 | 0.04716       | 0.03284   | 1.5615            | -0.3036            |
|         | 2S1   | 0.1226                 | 0.04603       | 0.03194   | 1.6635            | -0.3061            |
|         | 3S1   | 0.1228                 | 0.0449        | 0.03296   | 1.7350            | -0.2659            |
|         | 4S1   | 0.1310                 | 0.05014       | 0.03644   | 1.6127            | -0.2732            |
|         | 5S1   | 0.1597                 | 0.06584       | 0.04189   | 1.4256            | -0.3638            |
|         | 6S1   | 0.1579                 | 0.06365       | 0.04123   | 1.4808            | -0.3522            |
|         | 7S1   | 0.1351                 | 0.05691       | 0.03514   | 1.3739            | -0.3825            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1357</b>          | <b>0.0535</b> | <b>0.0361</b>                                     | <b>1.5504</b>     | <b>-0.3211</b>     |

**Tabla 3.79** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S1- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S1   | 0.1309                 | 0.06699       | 0.0301  | 0.9540            | -0.5507            |
|         | 2S1   | 0.1395                 | 0.06075       | 0.0299  | 1.2963            | -0.5078            |
|         | 3S1   | 0.1388                 | 0.06582       | 0.03041   | 1.1088            | -0.5380            |
|         | 4S1   | 0.1375                 | 0.06585       | 0.03592   | 1.0881            | -0.4545            |
|         | 5S1   | 0.1496                 | 0.06923       | 0.03764   | 1.1609            | -0.4563            |
|         | 6S1   | 0.149                  | 0.06918       | 0.03811   | 1.1538            | -0.4491            |
|         | 7S1   | 0.1479                 | 0.06605       | 0.03371   | 1.2392            | -0.4896            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1419</b>          | <b>0.0663</b> | <b>0.0337</b>                                     | <b>1.1430</b>     | <b>-0.4923</b>     |

## 3.7.5.2 Tipo de Suelo S2

Tabla 3.80 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S2- 3 pisos.

| 3 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S2   | 0.1559                 | 0.05921       | 0.03812   | 1.6330            | -0.3562            |
|         | 2S2   | 0.1501                 | 0.05971       | 0.03472   | 1.5138            | -0.4185            |
|         | 3S2   | 0.1177                 | 0.04946       | 0.03318   | 1.3797            | -0.3292            |
|         | 4S2   | 0.1310                 | 0.05145       | 0.03577   | 1.5462            | -0.3048            |
|         | 5S2   | 0.1245                 | 0.05193       | 0.03221   | 1.3975            | -0.3797            |
|         | 6S2   | 0.1270                 | 0.05099       | 0.03288   | 1.4907            | -0.3552            |
|         | 7S2   | 0.1320                 | 0.05295       | 0.03203   | 1.4929            | -0.3951            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1340</b>          | <b>0.0537</b> | <b>0.0341</b>                                     | <b>1.4934</b>     | <b>-0.3627</b>     |

Tabla 3.81 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S2- 4 pisos.

| 4 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S2   | 0.1900                 | 0.07221       | 0.04557   | 1.6312            | -0.3689            |
|         | 2S2   | 0.1923                 | 0.07409       | 0.05078   | 1.5955            | -0.3146            |
|         | 3S2   | 0.1747                 | 0.07067       | 0.04994   | 1.4721            | -0.2933            |
|         | 4S2   | 0.1939                 | 0.07766       | 0.05046   | 1.4968            | -0.3502            |
|         | 5S2   | 0.2071                 | 0.07766       | 0.05211   | 1.6668            | -0.3290            |
|         | 6S2   | 0.1939                 | 0.07264       | 0.04894   | 1.6693            | -0.3263            |
|         | 7S2   | 0.1744                 | 0.06748       | 0.04541   | 1.5845            | -0.3271            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1895</b>          | <b>0.0732</b> | <b>0.0490</b>                                     | <b>1.5880</b>     | <b>-0.3299</b>     |

Tabla 3.82 Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S2- 5 pisos.

| 5 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S2   | 0.2189                 | 0.08922       | 0.0491  | 1.4535            | -0.4497            |
|         | 2S2   | 0.1887                 | 0.07601       | 0.05103   | 1.4826            | -0.3286            |
|         | 3S2   | 0.2033                 | 0.09468       | 0.05884   | 1.1472            | -0.3785            |
|         | 4S2   | 0.2132                 | 0.08881       | 0.05061   | 1.4006            | -0.4301            |
|         | 5S2   | 0.2184                 | 0.08442       | 0.04985   | 1.5871            | -0.4095            |
|         | 6S2   | 0.2119                 | 0.08207       | 0.04779   | 1.5819            | -0.4177            |
|         | 7S2   | 0.1966                 | 0.07949       | 0.04582   | 1.4733            | -0.4236            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.2073</b>          | <b>0.0850</b> | <b>0.0504</b>                                     | <b>1.4466</b>     | <b>-0.4054</b>     |

**Tabla 3.83** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S2- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S2   | 0.2156                 | 0.08904       | 0.04395   | 1.4214            | -0.5064            |
|         | 2S2   | 0.1831                 | 0.08275       | 0.04131   | 1.2127            | -0.5008            |
|         | 3S2   | 0.1604                 | 0.08449       | 0.0361  | 0.8984            | -0.5727            |
|         | 4S2   | 0.1911                 | 0.0856        | 0.04119   | 1.2325            | -0.5188            |
|         | 5S2   | 0.1937                 | 0.08652       | 0.04027   | 1.2388            | -0.5346            |
|         | 6S2   | 0.1932                 | 0.08772       | 0.03998   | 1.2025            | -0.5442            |
|         | 7S2   | 0.1855                 | 0.08817       | 0.03913   | 1.1039            | -0.5562            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1889</b>          | <b>0.0863</b> | <b>0.0403</b>                                     | <b>1.1872</b>     | <b>-0.5334</b>     |

### 3.7.5.3 Tipo de Suelo S3

**Tabla 3.84** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S3- 3 pisos.

| 3 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.08987                | 0.03767       | 0.02954   | 1.3857            | -0.2158            |
|         | 2S3   | 0.09635                | 0.03986       | 0.0268  | 1.4172            | -0.3276            |
|         | 3S3   | 0.115                  | 0.04586       | 0.03047   | 1.5076            | -0.3356            |
|         | 4S3   | 0.1151                 | 0.04605       | 0.0287  | 1.4995            | -0.3768            |
|         | 5S3   | 0.1033                 | 0.04268       | 0.02623   | 1.4203            | -0.3854            |
|         | 6S3   | 0.1154                 | 0.04531       | 0.02706   | 1.5469            | -0.4028            |
|         | 7S3   | 0.1292                 | 0.05034       | 0.03136   | 1.5665            | -0.3770            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1092</b>          | <b>0.0440</b> | <b>0.0286</b>                                     | <b>1.4777</b>     | <b>-0.3459</b>     |

**Tabla 3.85** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S3- 4 pisos.

| 4 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.1382                 | 0.05771       | 0.03397   | 1.3947            | -0.4114            |
|         | 2S3   | 0.1385                 | 0.05829       | 0.0337  | 1.3761            | -0.4219            |
|         | 3S3   | 0.1408                 | 0.05964       | 0.02814   | 1.3608            | -0.5282            |
|         | 4S3   | 0.1446                 | 0.06042       | 0.02849   | 1.3932            | -0.5285            |
|         | 5S3   | 0.1429                 | 0.06003       | 0.0353  | 1.3805            | -0.4120            |
|         | 6S3   | 0.1417                 | 0.05947       | 0.03466   | 1.3827            | -0.4172            |
|         | 7S3   | 0.1389                 | 0.05348       | 0.0342  | 1.5972            | -0.3605            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1408</b>          | <b>0.0584</b> | <b>0.0326</b>                                     | <b>1.4122</b>     | <b>-0.4399</b>     |

**Tabla 3.86** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S3- 5 pisos.

| 5 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.142                  | 0.05965       | 0.0307  | 1.3806            | -0.4853            |
|         | 2S3   | 0.1373                 | 0.05637       | 0.03649   | 1.4357            | -0.3527            |
|         | 3S3   | 0.1385                 | 0.05287       | 0.03546   | 1.6196            | -0.3293            |
|         | 4S3   | 0.1484                 | 0.05544       | 0.03819   | 1.6768            | -0.3111            |
|         | 5S3   | 0.1659                 | 0.07344       | 0.04296   | 1.2590            | -0.4150            |
|         | 6S3   | 0.1649                 | 0.07225       | 0.04308   | 1.2824            | -0.4037            |
|         | 7S3   | 0.1516                 | 0.06495       | 0.03668   | 1.3341            | -0.4353            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1498</b>          | <b>0.0621</b> | <b>0.0377</b>                                     | <b>1.4269</b>     | <b>-0.3904</b>     |

**Tabla 3.87** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S3- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S3   | 0.1743                 | 0.08262       | 0.03229   | 1.1097            | -0.6092            |
|         | 2S3   | 0.1736                 | 0.08207       | 0.03307   | 1.1153            | -0.5971            |
|         | 3S3   | 0.1693                 | 0.08044       | 0.03366   | 1.1047            | -0.5816            |
|         | 4S3   | 0.1683                 | 0.08093       | 0.03890   | 1.0796            | -0.5193            |
|         | 5S3   | 0.1725                 | 0.08435       | 0.03966   | 1.0451            | -0.5298            |
|         | 6S3   | 0.1728                 | 0.08564       | 0.04047   | 1.0177            | -0.5274            |
|         | 7S3   | 0.1819                 | 0.08183       | 0.03596   | 1.2229            | -0.5606            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1732</b>          | <b>0.0826</b> | <b>0.0363</b>                                     | <b>1.0993</b>     | <b>-0.5607</b>     |

### 3.7.5.4 Tipo de Suelo S4

**Tabla 3.88** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S4- 3 pisos.

| 3 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S4   | 0.0817                 | 0.03428       | 0.02662   | 1.3833            | -0.2235            |
|         | 2S4   | 0.08743                | 0.03625       | 0.02385   | 1.4119            | -0.3421            |
|         | 3S4   | 0.1042                 | 0.04164       | 0.02704   | 1.5024            | -0.3506            |
|         | 4S4   | 0.1033                 | 0.04128       | 0.02532   | 1.5024            | -0.3866            |
|         | 5S4   | 0.09228                | 0.03831       | 0.02388   | 1.4088            | -0.3767            |
|         | 6S4   | 0.1014                 | 0.03951       | 0.02412   | 1.5664            | -0.3895            |
|         | 7S4   | 0.1149                 | 0.04474       | 0.02738   | 1.5682            | -0.3880            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.0979</b>          | <b>0.0394</b> | <b>0.0255</b>                                     | <b>1.4776</b>     | <b>-0.3510</b>     |

**Tabla 3.89** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S4- 4 pisos.

| 4 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S4   | 0.1223                 | 0.05158       | 0.02758   | 1.3711            | -0.4653            |
|         | 2S4   | 0.122                  | 0.05213       | 0.02655   | 1.3403            | -0.4907            |
|         | 3S4   | 0.1245                 | 0.05343       | 0.02461   | 1.3302            | -0.5394            |
|         | 4S4   | 0.1277                 | 0.05243       | 0.02422   | 1.4356            | -0.5381            |
|         | 5S4   | 0.1259                 | 0.05365       | 0.02874   | 1.3467            | -0.4643            |
|         | 6S4   | 0.1249                 | 0.05321       | 0.02819   | 1.3473            | -0.4702            |
|         | 7S4   | 0.1216                 | 0.0488        | 0.02811   | 1.4918            | -0.4240            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1241</b>          | <b>0.0522</b> | <b>0.0269</b>                                     | <b>1.3804</b>     | <b>-0.4846</b>     |

**Tabla 3.90** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S4- 5 pisos.

| 5 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S4   | 0.1261                 | 0.05414       | 0.03184   | 1.3291            | -0.4119            |
|         | 2S4   | 0.1237                 | 0.05072       | 0.02986   | 1.4389            | -0.4113            |
|         | 3S4   | 0.1254                 | 0.04935       | 0.02869   | 1.5410            | -0.4186            |
|         | 4S4   | 0.1352                 | 0.05194       | 0.03341   | 1.6030            | -0.3568            |
|         | 5S4   | 0.1474                 | 0.06578       | 0.03786   | 1.2408            | -0.4244            |
|         | 6S4   | 0.1531                 | 0.06696       | 0.03761   | 1.2864            | -0.4383            |
|         | 7S4   | 0.1383                 | 0.05665       | 0.03223   | 1.4413            | -0.4311            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1356</b>          | <b>0.0565</b> | <b>0.0331</b>                                     | <b>1.4115</b>     | <b>-0.4132</b>     |

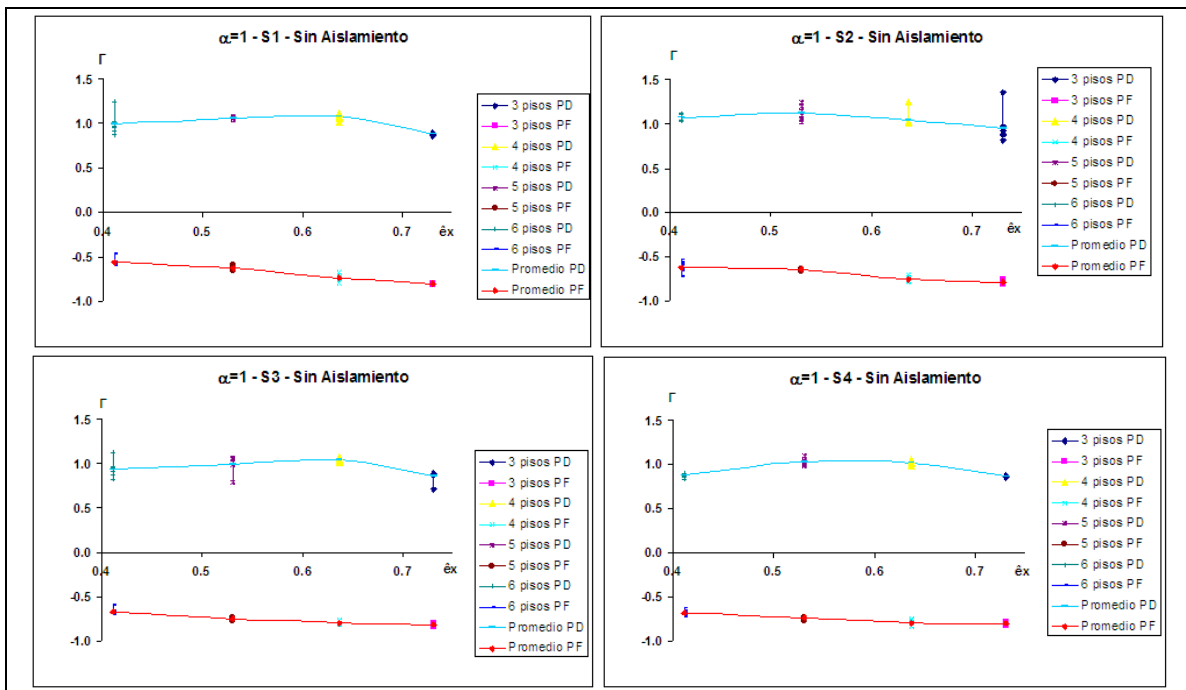
**Tabla 3.91** Desplazamientos y factor de amplificación torsional para Caso 5- S4- 6 pisos.

| 6 PISOS | Desplazamientos Estructura sin sistema de aislamiento |                        |               | Factor de Amplificación Torsional sin Aislamiento |                   |                    |
|---------|---|------------------------|---------------|---|-------------------|--------------------|
|         | SISMOS  | Pórtico Débil (D) (m.) | CM (m.)       | Pórtico Fuerte (A) (m.)                           | Pórtico Débil (D) | Pórtico Fuerte (A) |
|         | 1S4   | 0.1539                 | 0.07392       | 0.02898   | 1.0820            | -0.6080            |
|         | 2S4   | 0.1523                 | 0.07367       | 0.02816   | 1.0673            | -0.6178            |
|         | 3S4   | 0.1496                 | 0.07179       | 0.02874   | 1.0839            | -0.5997            |
|         | 4S4   | 0.1486                 | 0.0721        | 0.03528   | 1.0610            | -0.5107            |
|         | 5S4   | 0.1534                 | 0.07532       | 0.03592   | 1.0366            | -0.5231            |
|         | 6S4   | 0.1514                 | 0.07634       | 0.03651   | 0.9832            | -0.5217            |
|         | 7S4   | 0.1611                 | 0.07329       | 0.0337  | 1.1981            | -0.5402            |
|         | <b>PROMEDIO</b>                                       | <b>0.1529</b>          | <b>0.0738</b> | <b>0.0325</b>                                     | <b>1.0732</b>     | <b>-0.5602</b>     |

### 3.7.6 Análisis de resultados

#### 3.7.6.1 Caso 1 - $\alpha = 1$

En la figura 3.28 se muestran los factores de amplificación que se obtienen en cada una de los edificios correspondientes al Caso 1 -  $\alpha=1$  para cada tipo de suelo. Los valores que se encuentran en la parte superior de cada figura corresponden al pórtico débil y los valores de la parte inferior para el pórtico fuerte. Se han obtenido también los valores medios hallados para cada edificio y se los ha unido con una línea.



**Figura 3.28** Factores de Amplificación Torsional para Caso 1 –  $\alpha=1$  en los cuatro tipos de suelo.

En la figura 3.29 se muestra una gráfica de los desplazamientos en pórtico débil, pórtico fuerte y centro de masa en función de la excentricidad estática normalizada. En esta gráfica apreciamos que el mayor desplazamiento tiene el pórtico débil, luego el centro de masa y el menor desplazamiento lo tiene el pórtico fuerte. Este comportamiento es el adecuado para las estructuras pero si observamos los resultados de las tablas presentadas anteriormente y las gráficas nos damos cuenta que los desplazamientos son altos, cuando se implementen los aisladores de base elastoméricos en estas estructuras los desplazamientos serán mucho menores que los que se presentan en este capítulo.

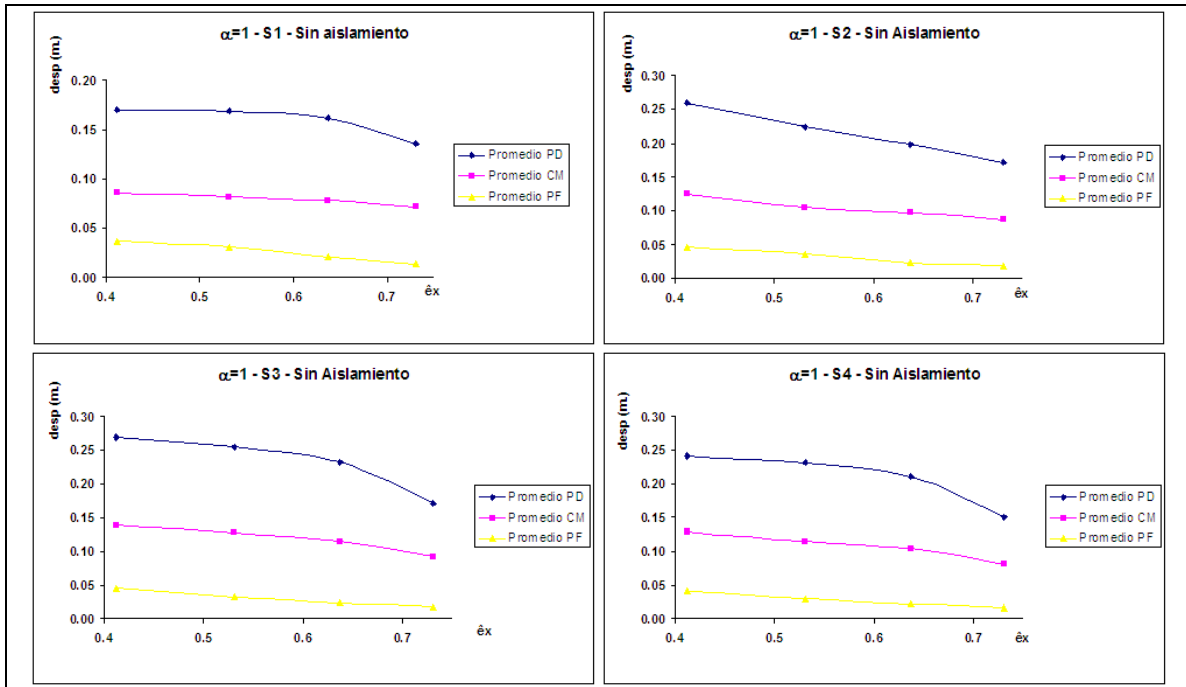
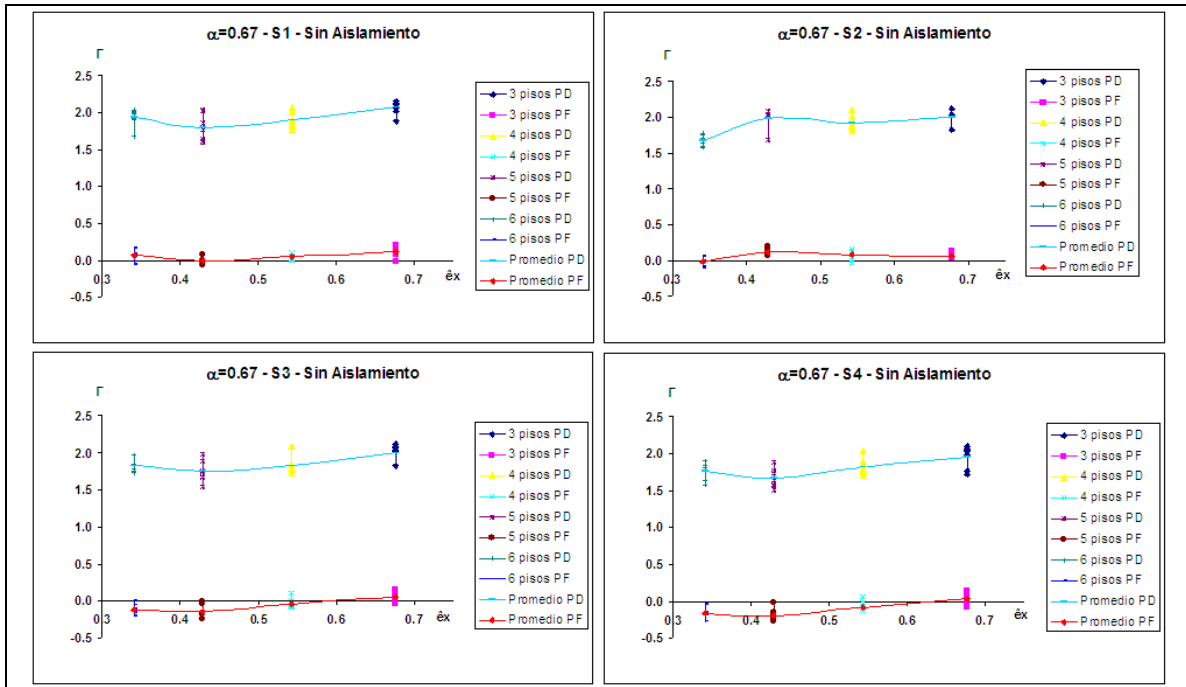


Figura 3.29 Desplazamientos laterales para Caso 1 –  $\alpha=1$  en los cuatro tipos de suelo.

### 3.7.6.2 Caso 2 - $\alpha = 0.67$

En la figura 3.30 se indican los factores de amplificación torsional para Caso 2 -  $\alpha=0.67$  para cada tipo de suelo en cada una de las estructuras. Notamos que para este caso los factores de amplificación para pórtico débil aumentaron en relación al Caso 1, para el Caso 1 tenemos valores promedio de 1 mientras que para el Caso 2 los valores promedio oscilan entre 1.5 y 2; para el pórtico débil los valores de los factores también aumentaron para el Caso 1 tenemos valores promedio de entre  $-0.5$  y  $-1.0$  mientras que para el Caso 2 los valores están entre  $-0.5$  y  $0.1$ . Esto nos demuestra que para el Caso 2 los problemas de torsión serán mayores que para el Caso 1.





**Figura 3.30** Factores de Amplificación Torsional para Caso 2 –  $\alpha=0.67$  en los cuatro tipos de suelo.

En la figura 3.31 se indican los desplazamientos en función de la excentricidad estática normalizada del Caso 2 –  $\alpha=0.67$  , en estos gráficos nos damos cuenta de que los desplazamientos aumentan según el tipo de suelo, esto es lógico de esperar; pero los desplazamientos para pórtico fuerte y centro de masa tienen casi el mismo valor promedio que oscila entre 0.05 (m.) y 0.15 (m.), este fenómeno causará falla por torsión de la estructura. Además los valores de los desplazamientos en los tres pórticos han aumentado en relación a los valores de Caso 1 y Caso 2.

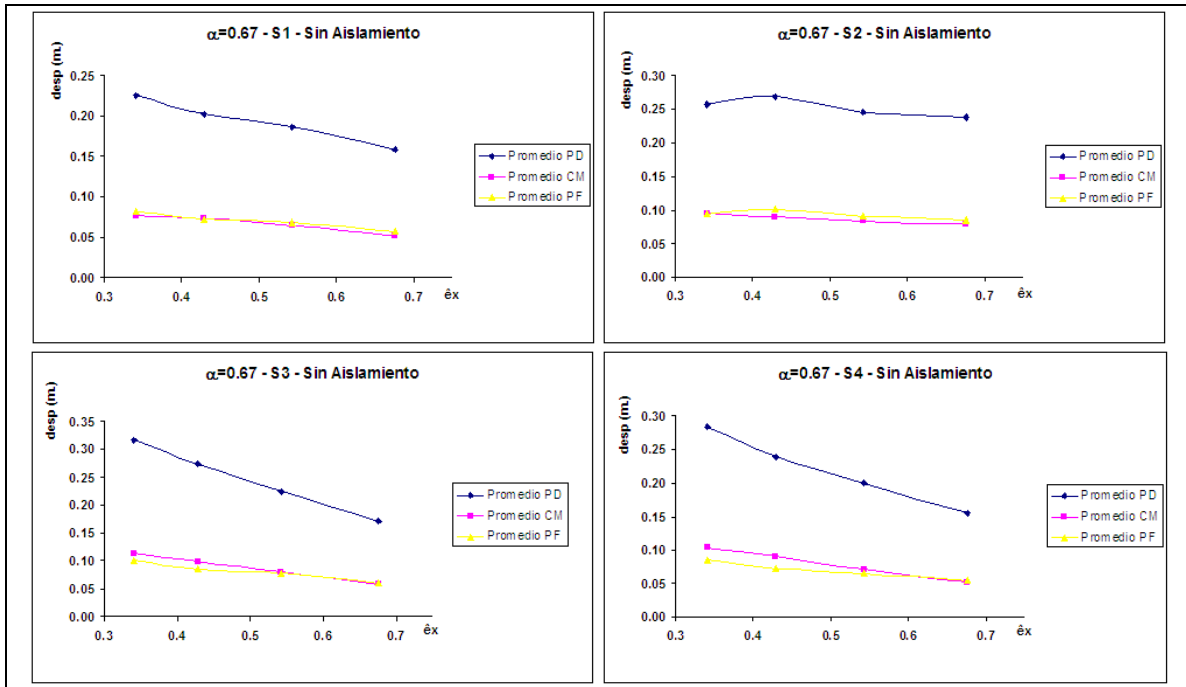


Figura 3.31 Desplazamientos laterales para Caso 2 –  $\alpha=0.67$  en los cuatro tipos de suelo.

### 3.7.6.3 Caso 3 - $\alpha = 0.5$

En la figura 3.32 se presentan los factores de amplificación torsional para el Caso 3 -  $\alpha=0.5$ ; para este caso tenemos los mayores valores de factores sea para pórtico débil y pórtico fuerte, esto se debe a que la estructura tiene una relación de los lados de la losa de 0.5; este es el caso más crítico de los 5 que se presentan por los altos valores tanto de desplazamientos como de factores de amplificación por tal motivo este será el caso que se analizará con mayor detenimiento en el capítulo V de este proyecto, ya que será este caso el que se comparará con los resultados que se obtengan cuando se incorpore los aisladores de base elastoméricos.

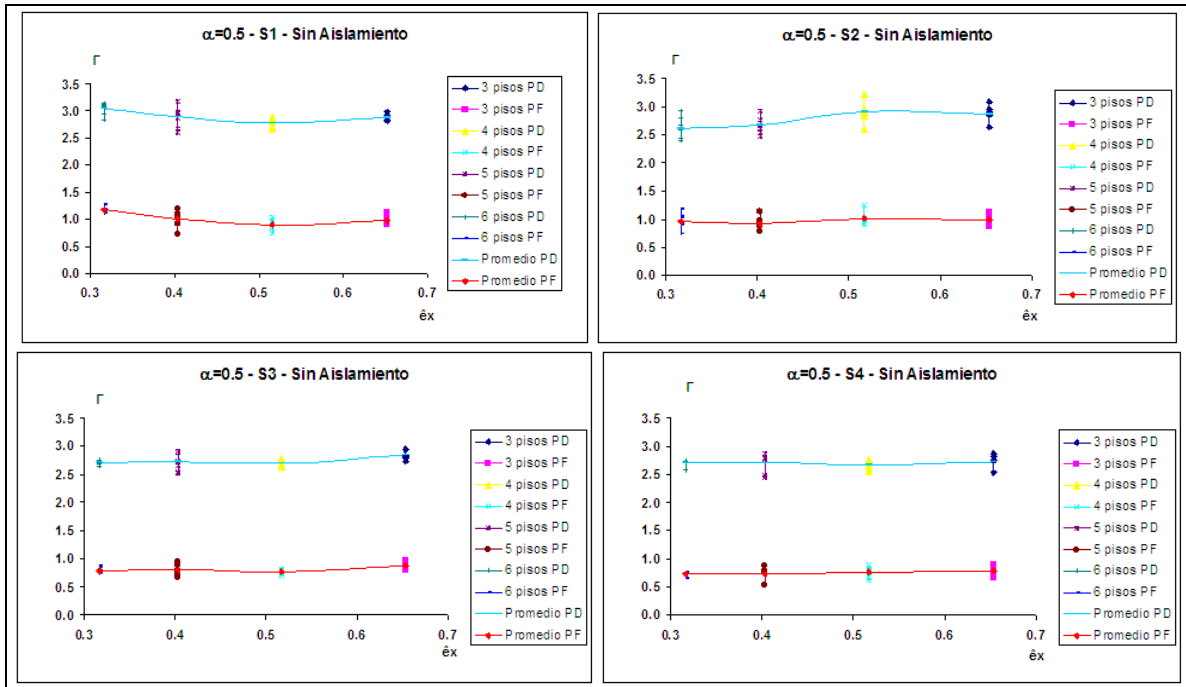


Figura 3.32 Factores de Amplificación Torsional para Caso 3 –  $\alpha=0.5$  en los cuatro tipos de suelo.

En la figura 3.33 se muestran los valores de los desplazamientos para el Caso 3 -  $\alpha=0.5$  en el cual notamos que el desplazamiento de pórtico fuerte es mayor que el desplazamiento en centro de masa en unos 10 cm; esto nos da de notar que vamos a tener problemas de torsión en este caso y en todos los tipos de suelo.

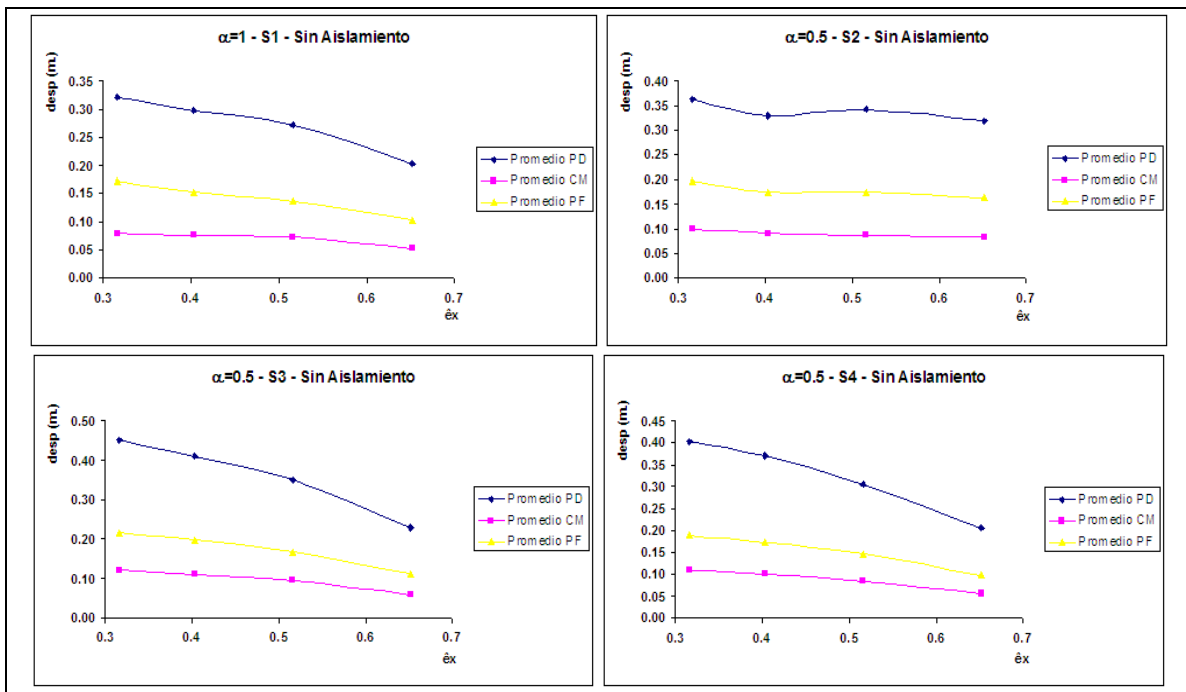
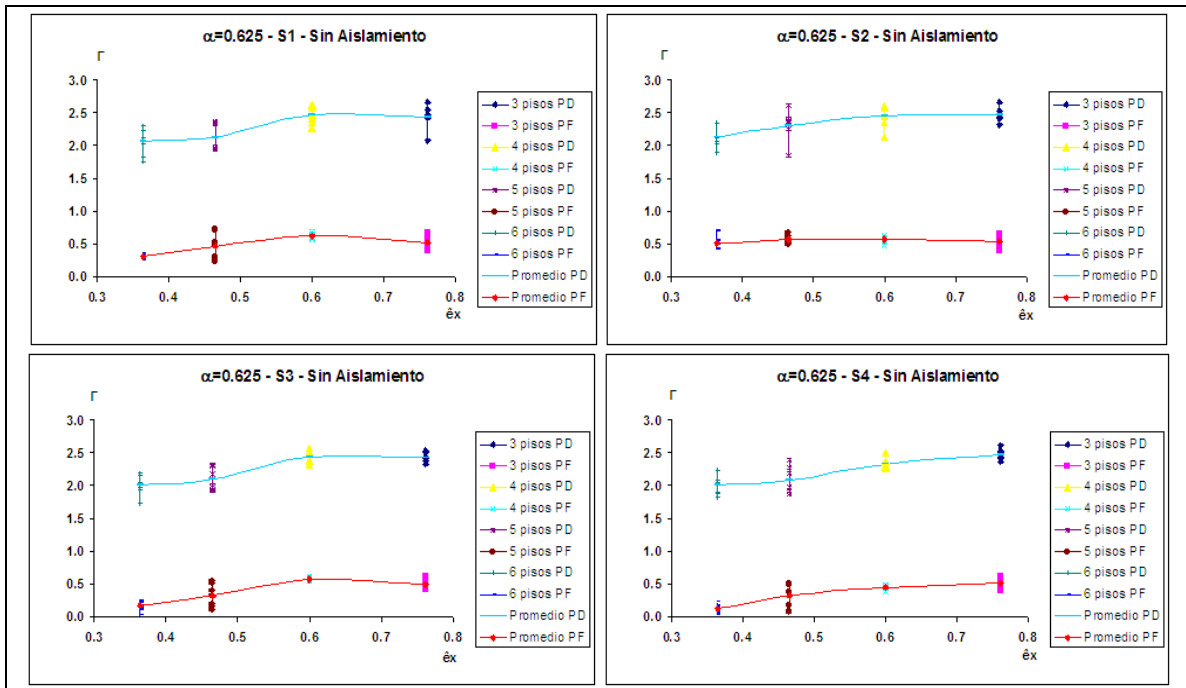


Figura 3.33 Desplazamientos laterales para Caso 3 –  $\alpha=0.5$  en los cuatro tipos de suelo.

**3.7.6.4 Caso 4 -  $\alpha = 0.625$**

En la figura 3.34 tenemos los valores de los factores de amplificación torsional para el Caso 4; estos valores para pórtico débil están entre 2 y 2.5; mientras que para pórtico fuerte están entre 0.0 y 0.5; la tendencia de estos valores es similar a la del Caso 3 ya que el valor de la relación de luces de losa no es muy distante al Caso 3 que es 0.5.



**Figura 3.34** Factores de Amplificación Torsional para Caso 4 –  $\alpha=0.625$  en los cuatro tipos de suelo.

En la figura 3.35 se muestran los desplazamientos para las estructuras del Caso 4 –  $\alpha=0.625$ ; y se presenta la misma tendencia que para el Caso 3 en el cual los desplazamientos del pórtico fuerte son mayores que los desplazamientos del centro de masas, este fenómeno causa la falla por torsión de la estructura, además se debe tomar en cuenta que a medida que aumenta el número de pisos también aumentan los valores de los desplazamientos.

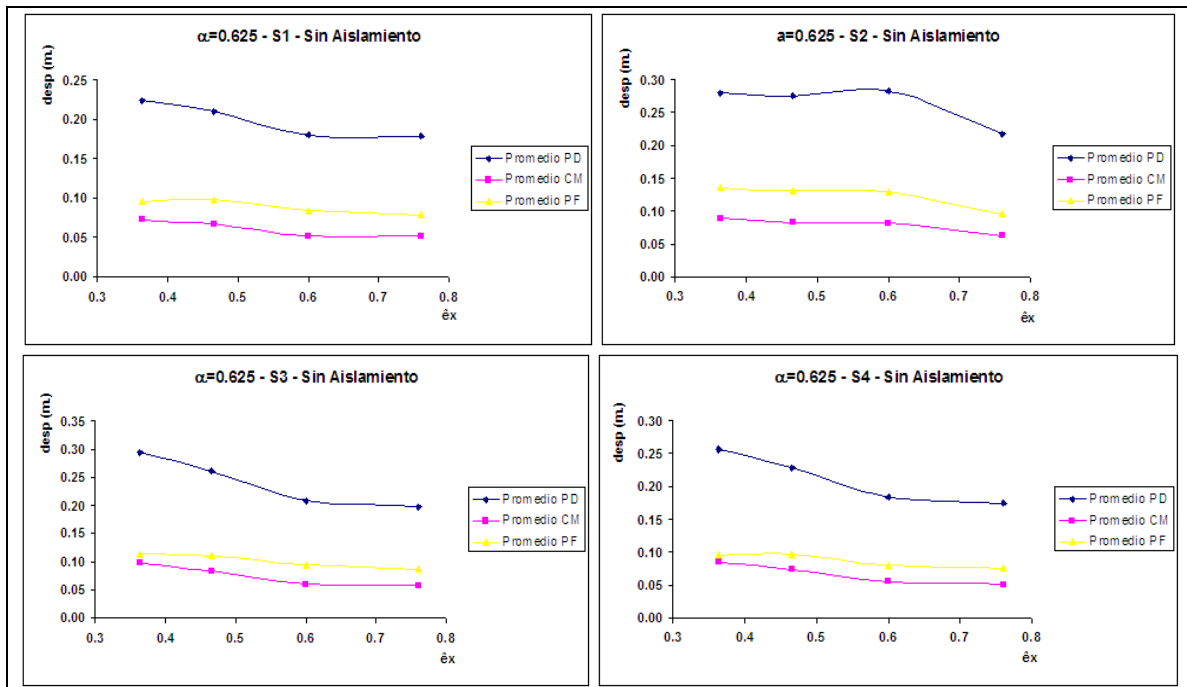
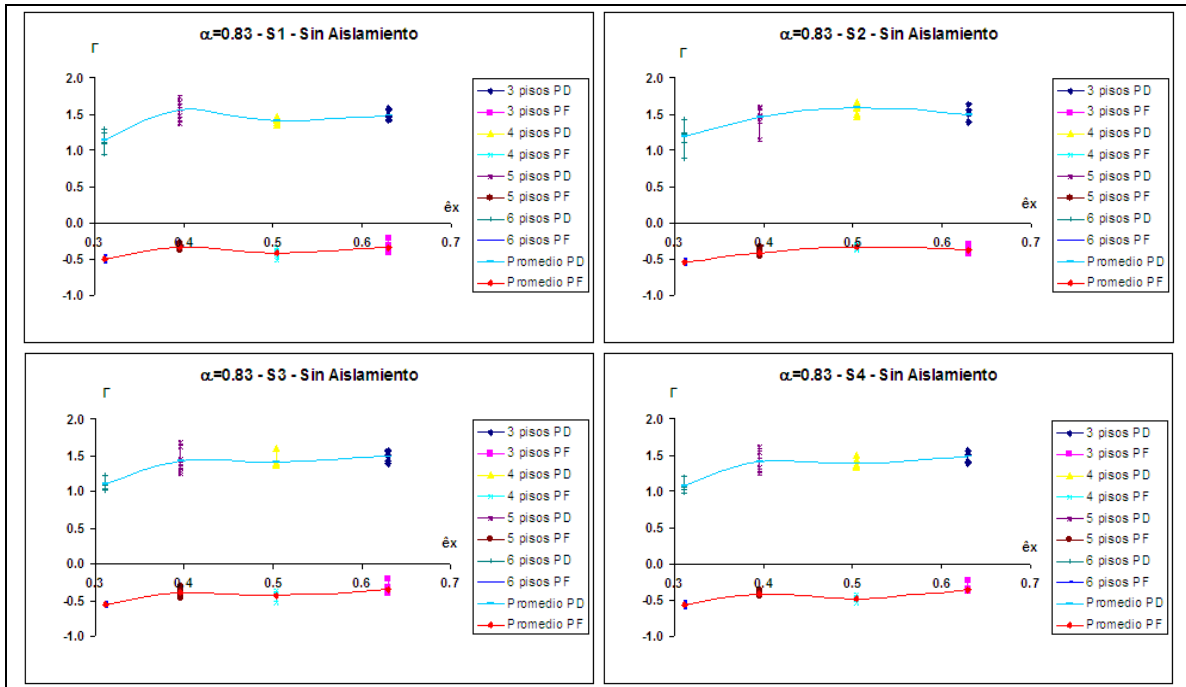


Figura 3.35 Desplazamientos laterales para Caso 4 –  $\alpha=0.625$  en los cuatro tipos de suelo.

### 3.7.6.2 Caso 5 - $\alpha = 0.83$

En la figura 3.36 se indican los valores del último caso de análisis que es el Caso 5 –  $\alpha=0.833$ ; en los cuales los valores promedio de los factores de amplificación torsional tiene tendencia similar a los valores obtenidos para el Caso 1; ya que esta estructura es casi cuadrada al tener 0.83 como valor de la relación de luz de losa.



**Figura 3.36** Factores de Amplificación Torsional para Caso 5 –  $\alpha=0.83$  en los cuatro tipos de suelo.

En la figura 3.37 se indican los desplazamientos del último caso de análisis de las estructuras y observamos que la tendencia de los desplazamientos es similar a la del Caso 1; pero con la diferencia que para este caso son menores a las del Caso 1, lo que demuestra que las estructuras con forma cuadrada o casi cuadradas pueden funcionar correctamente en caso de existir riesgo sísmico sin descartar por supuesto fallas en la estructura.

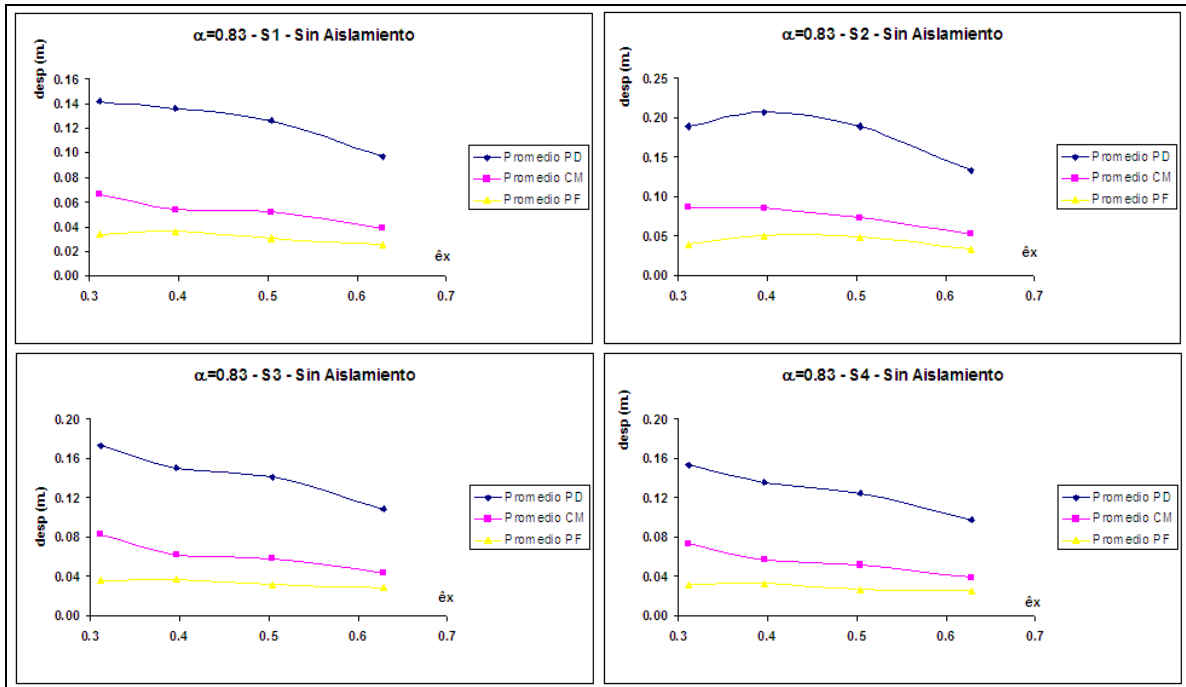


Figura 3.37 Desplazamientos laterales para Caso 5 –  $\alpha=0.83$  en los cuatro tipos de suelo.

En edificios abiertos, con plantas cuadrada  $\alpha = 1$ , o similares los desplazamientos laterales en el pórtico fuerte son menores a los desplazamientos del CM., y estos valores van creciendo hasta que los desplazamientos del pórtico fuerte son parecidos a los desplazamientos del CM., para  $\alpha = 0.67$ .

Para valores de  $\alpha$  menores a 0.67 los desplazamientos del pórtico fuerte son mayores a los desplazamientos del CM.

Mientras más alargada es la forma en planta del edificio, caso de  $\alpha = 0.5$  el problema de la torsión estática es más grave ya que existe amplificación de los desplazamientos tanto para el pórtico fuerte como para el pórtico débil.